

IOT FOR FUTURE: MENANAMKAN INTERNET OF THINGS SEBAGAI PONDASI KETERAMPILAN SISWA SMK DALAM ERA INDUSTRI 4.0

Dhodit Rengga Tisna¹, Tamara Maharani², Kurnianto Tri Nugroho³, Bagus Julianto⁴

^{1,2,3,4} Akademi Komunitas Negeri Pacitan, Indonesia

*Corresponding Author: dhodit@aknpacitan.ac.id

ABSTRACT

Kegiatan pelatihan ini dilaksanakan di SMK Pembangunan Kikil Kabupaten Pacitan dengan tujuan untuk menambah literasi pengetahuan siswa tentang perkembangan industri 4.0 khusus nya dalam bidang Internet of Things (IoT). Latar belakang diadakannya kegiatan pelatihan ini karena adanya diskusi dengan pihak sekolah bahwa pengetahuan siswa terkait dengan konsep serta penerapan teknologi IoT yang masih terbatas. Metode yang diterapkan pada pengabdian ini dikemas dalam bentuk pelatihan dimana kegiatan terdiri dari penyampaian materi oleh tim yang kemudian dilanjutkan praktikum ujicoba secara langsung konsep dan penerapan IoT oleh siswa. Peralatan praktikum yang digunakan yaitu ESP32, sensor, aktuator serta perangkat lunak Arduino IDE. Dari hasil kegiatan pelatihan yang dilakukan dengan melihat hasil nilai pre-test dan post-test dapat dikatakan bahwa terdapat perkembangan yang signifikan. Sebelumnya nilai minimum yang didapatkan siswa yaitu 60, setelah dilakukan pelatihan minimum nilai yang didapatkan siswa adalah 80. Hasil umpan balik juga menunjukkan nilai positif, dimana dalam skala Likert rata-rata nilai kuesioner yang diberikan didapatkan nilai lebih dari 4,5 yang berarti pelatihan ini efektif dalam membangun minat dan motivasi siswa. Secara keseluruhan pelatihan ini efektif dalam meningkatkan pengetahuan dan ketrampilan siswa dalam bidang IoT.

Keywords: SMK, IoT, ESP32, Sensor, Aktuator

1. INTRODUCTION

Sekolah adalah lingkungan tempat para siswa melakukan aktivitas pendidikan, diantaranya seperti kegiatan belajar, berolahraga, bermain maupun kegiatan dalam ranah pendidikan lainnya (Dianastiti & Putra, 2025). Saat ini dengan perkembangan teknologi yang terhitung pesat, menuntut untuk terpenuhinya tenaga kerja dengan kompetensi yang handal guna menghadapi tantangan dan persaingan dalam berbagai peluang kerja (Syerlita & Siagian, 2024). Teknologi dalam bidang elektronika dan mekanikal merupakan salah satu yang mengalami perkembangan pesat yang ditandai dengan perubahan kerja manual yang muali tergantikan oleh sistem otomatisasi. Hal ini

ditunjukkan dengan beberapa terobosan teknologi dalam bidang robotik, IoT, kecerdasan buatan, blockchain serta bidang lainnya (Putriani & Hudaidah, 2021).

Perkembangan teknologi digital dan Internet of Things (IoT) salah satu bagian penting dalam transformasi industri. SMK merupakan institusi pendidikan bidang vokasi yang memiliki peran penting dan strategis dalam menyediakan sumber daya manusia yang kompeten dan siap memenuhi kebutuhan industri. Kurikulum yang ada belum sepenuhnya diimbangi dengan praktik teknologi terkini, khususnya terkait integrasi sensor, mikrokontroler, jaringan internet, dan pemanfaatan data secara *real time* (Bisik & Takuneno, 2024). Keterbatasan sarana praktik, minimnya pelatihan berbasis proyek, serta kurangnya pendampingan dalam implementasi teknologi IoT menjadi persoalan utama yang berdampak pada kesiapan lulusan dalam menghadapi dunia kerja dan kewirausahaan berbasis teknologi. Permasalahan ini menjadi prioritas karena berkaitan langsung dengan kualitas pendidikan, peningkatan keterampilan siswa, dan relevansi lulusan SMK dengan kebutuhan industri dan masyarakat (Alvendri et al., 2023).

Permasalahan mitra yang dihadapi adalah rendahnya literasi dan keterampilan praktis siswa dalam bidang IoT, khususnya dalam merancang dan mengimplementasikan sistem IoT sederhana yang aplikatif. Untuk menjawab permasalahan tersebut, kegiatan pengabdian ini menawarkan penerapan ipteks berupa pelatihan dan pendampingan IoT yang mencakup pengenalan konsep dasar IoT, penggunaan mikrokontroler, sensor, aktuator, serta integrasi dengan platform monitoring berbasis internet (Costaner & Guntoro, 2025). Prosedur kerja dimulai dari tahap sosialisasi dan pemetaan kebutuhan mitra, dilanjutkan dengan penyampaian materi secara teoritis, praktik langsung perakitan perangkat IoT, hingga simulasi penerapan IoT pada studi kasus yang relevan dengan dunia SMK. Partisipasi mitra ditunjukkan melalui keterlibatan aktif guru dan siswa dalam seluruh rangkaian kegiatan, mulai dari diskusi permasalahan, praktik perakitan alat, hingga evaluasi hasil kegiatan, sehingga terjadi proses transfer pengetahuan dan keterampilan secara dua arah.

Program pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman dan kompetensi siswa SMK Pembangunan terhadap konsep dan penerapan Internet of Things (IoT) sebagai bagian dari tuntutan keterampilan di era Industri 4.0. Melalui kegiatan ini, siswa diharapkan mampu mengenal arsitektur dasar IoT, memahami cara kerja sensor, mikrokontroler, sehingga dapat menumbuhkan pola pikir inovatif dan kesiapan menghadapi dunia kerja maupun wirausaha berbasis teknologi (Sukmawati et al., 2025). Solusi yang ditawarkan melalui kegiatan pengabdian ini diharapkan menghasilkan luaran berupa peningkatan pengetahuan dan keterampilan siswa dalam bidang IoT serta modul atau bahan ajar IoT yang dapat digunakan secara berkelanjutan oleh pihak sekolah. Dengan adanya kegiatan ini, diharapkan SMK Pembangunan mampu meningkatkan kualitas pembelajaran berbasis teknologi, menumbuhkan minat dan kreativitas siswa dalam bidang IoT, serta mendukung terciptanya lulusan yang adaptif, inovatif, dan siap bersaing di dunia kerja maupun berwirausaha berbasis teknologi (Habibi, 2025).

2. METHODS

Bentuk Kegiatan

Pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan dalam bentuk pelatihan dan praktik pengembangan sistem Internet of Things (IoT) bagi siswa SMK Pembangunan guna meningkatkan kompetensi teknologi dan kesiapan menghadapi industri 4.0. Kegiatan dirancang berbasis *learning by doing* agar peserta memahami konsep sekaligus mampu mengimplementasikan IoT secara langsung.

Adapun bentuk kegiatan yang dilaksanakan meliputi:

- a) Penyampaian materi dasar Internet of Things (IoT)
Pemberian pemahaman mengenai konsep dan arsitektur IoT serta contoh penerapannya, disertai pengenalan mikrokontroler, sensor, aktuator, dan komunikasi data berbasis internet.
- b) Penjelasan skema sistem IoT (input, proses, dan output)
Penjelasan alur kerja sistem IoT mulai dari sensor sebagai input, mikrokontroler sebagai pemroses data, hingga output berupa aktuator dan sistem monitoring berbasis web atau aplikasi.
- c) Praktik perancangan dan konfigurasi perangkat IoT
Praktik pembuatan sistem IoT sederhana meliputi perakitan sensor, pemrograman mikrokontroler, serta pengiriman dan visualisasi data secara real-time ke platform IoT.

Pelaksanaan Kegiatan

Pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan pada:

Hari : Selasa

Tanggal : 21 Oktober 2025

Waktu : 08.00 – 15.00 WIB

Tempat : SMK Pembangunan Kikil, Kecamatan Arjosari, Kabupaten Pacitan

Tahapan Kegiatan

Tahapan yang dilakukan pada kegiatan pengabdian masyarakat ini diantaranya sebagai berikut:

- a) Analisis Kebutuhan
Tahap analisis kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi awal dan kebutuhan mitra. Objek dalam kegiatan pengabdian ini adalah siswa SMK Pembangunan, dengan fokus pada pemahaman awal siswa terhadap teknologi Internet of Things (IoT), ketersediaan sarana pendukung praktek, serta kesesuaian materi dengan kompetensi keahlian yang ada di sekolah.
- b) Penyusunan Proposal
Penyusunan proposal mencakup perencanaan kegiatan secara menyeluruh, meliputi penentuan anggaran biaya, penyusunan jadwal kegiatan, penetapan jumlah tim pelaksana dan

peserta, serta pemilihan metode penyampaian materi yang efektif dan sesuai dengan kondisi sekolah. Proposal disusun sebagai acuan pelaksanaan kegiatan sekaligus sebagai bentuk perencanaan administratif dan akademik.

c) Pelaksanaan Kegiatan

Pelaksanaan kegiatan diawali dengan persiapan teknis berupa penyusunan modul ajar dan bahan presentasi sesuai dengan tema IoT yang telah ditetapkan. Kegiatan pengabdian dilaksanakan dalam bentuk pelatihan dan praktik langsung dengan melibatkan siswa SMK Pembangunan sebagai peserta. Peserta memperoleh materi pembelajaran berupa modul ajar, bahan presentasi, perangkat lunak pendukung.

Sedangkan alat bantu praktikum seperti mikrokontroler ESP32, sensor, serta aktuator disiapkan oleh tim pengabdian. Objek pengabdian adalah siswa kelas XI jurusan Rekayasa Perangkat Lunak di SMK Pembangunan. Sebelum kegiatan pelatihan siswa diberikan soal pretest dan diakhir kegiatan diberikan soal posttest, soal yang diberikan sebanyak 20 soal pilihan ganda yang dapat diakses pada tautan “bit.ly/pretestIoT” dan “bit.ly/posttestIoT”. Selain itu siswa diberikan kuesioner sebagai umpan balik kegiatan dengan beberapa pernyataan sebagai berikut ini:

1. Saya memahami apa itu IoT dan manfaatnya.
2. Saya tertarik untuk belajar lebih dalam tentang IoT.
3. Saya merasa mampu membuat proyek sederhana IoT.
4. IoT penting untuk dunia industri dan masa depan saya.
5. Saya memahami perbedaan sensor dan aktuator.
6. Saya ingin mencoba membuat alat berbasis sensor dan internet.
7. IoT membuat sistem kerja menjadi lebih efisien.
8. Saya ingin mempelajari lebih dalam tentang koneksi IoT ke cloud.
9. Saya tertarik mengembangkan karier di bidang teknologi IoT.
10. Saya merasa pelatihan IoT ini bermanfaat bagi saya.

Kuesioner diberikan dengan skala Likert menggunakan nilai 1 sampai 5 yang mengartikan kondisi “Sangat Tidak Setuju”, “Tidak Setuju”, “Netral”, “Setuju”, “Sangat Setuju”. Skala likert dipilih karena fleksibel dan kemudahan penggunaannya untuk peserta maupun pembuatnya. Pengambilan kesimpulan dari skala likert diambil dari data dengan frekuensi terbanyak yang berada pada item tertentu dan persentase peserta yang memilih item tersebut (Sitorus et al., 2019).

d) Penyusunan Laporan Kegiatan

Penyusunan laporan kegiatan dilakukan sebagai bentuk pertanggungjawaban atas pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat. Laporan mencakup deskripsi pelaksanaan kegiatan, capaian yang diperoleh, dokumentasi kegiatan, serta laporan penggunaan anggaran. Selain itu, hasil kegiatan juga dipublikasikan dalam bentuk berita atau rilis kegiatan pada media daring institusi sebagai bentuk diseminasi kepada masyarakat luas.

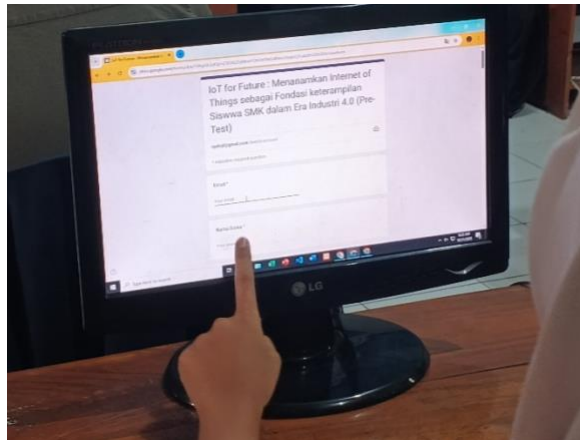
e) **Penyusunan Artikel Ilmiah**

Penyusunan artikel ilmiah pengabdian kepada masyarakat dilakukan sebagai luaran tambahan. Artikel disusun berdasarkan hasil pelaksanaan kegiatan dan diharapkan dapat dipublikasikan pada jurnal pengabdian kepada masyarakat sebagai kontribusi akademik dan referensi bagi kegiatan serupa di masa mendatang.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Penyampaian Materi

Sebelum tim memberikan materi kepada peserta, untuk mengukur tingkat pengetahuan peserta mengenai IoT maka diberikan beberapa soal pilihan ganda terkait dengan IoT seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Siswa menjawab soal mengenai IoT

Kegiatan pelatihan dimulai dengan pemaparan mengenai pengetahuan dasar terkait dengan IoT. Beberapa hal yang disampaikan terkait IoT diantaranya mengenai pengertian, tujuan, fungsi, konsep serta cara kerja dari IoT. Selain itu juga disampaikan mengenai perangkat yang digunakan, implementasi serta kekurangan dan kelebihan terkait dengan IoT. Selain itu juga dijelaskan terkait dengan perangkat lunak Arduino IDE yang digunakan untuk memprogram perangkat keras mikrokontroler ESP32. Selain itu juga dijelaskan tentang cara penggunaan aplikasi Arduino IDE dan penjelasan cara mengkomunikasikannya dengan perangkat keras ESP32. Kemudian dijelaskan juga terkait dengan sistem sinyal masukan sensor, serta perangkat keluaran berupa aktuator, led dan komunikasi dengan perangkat android. Kegiatan pemaparan materi oleh tim mengenai IoT ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Penyampaian materi IoT

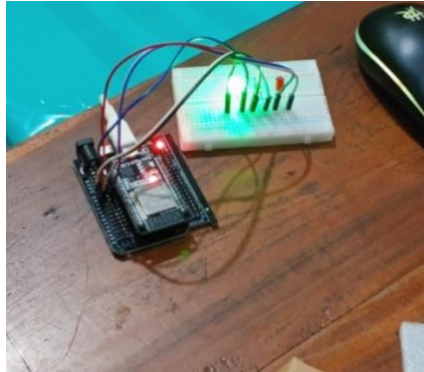
Pelaksanaan Kegiatan Praktikum

Pelaksanaan kegiatan pelatihan IoT ini selain menggunakan metode pemaparan materi, juga digunakan metode praktikum langsung menggunakan perangkat mikrokontroller, sensor dan aktuator yang telah disiapkan oleh tim pengabdian. Hal ini ditujukan supaya peserta pelatihan mendapatkan pengalaman langsung dalam mengkonfigurasi dan mengkoneksikan perangkat IoT. Pada Gambar 3 ditunjukkan siswa sedang melakukan instalasi dan konfigurasi pada perangkat lunak Arduino IDE yang nantinya akan digunakan untuk memprogram perangkat keras ESP32.



Gambar 3. Konfigurasi Arduino IDE

Kemudian siswa melakukan perakitan perangkat keras secara langsung untuk memberikan pengalaman belajar langsung pada objek yang digunakan untuk praktikum yang mana kegiatan ini didampingi oleh tim pengabdian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil perakitan siswa

Kemudian siswa melakukan praktikum langsung pemrograman pada aplikasi Arduino IDE, yang selanjutnya hasil pemrograman diupload ke mikrokontroller ESP32 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. siswa melakukan coding dan uploading

Selain melakukan pemrograman pada mikrokontroller ESP32 melalui Arduino IDE, ada pelatihan ini juga dilakukan konfigurasi dan koneksi ke aplikasi android yang dilakukan melalui browser internet. Proses uji coba pada aplikasi browser android ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Uji Coba koneksi ke Android

Sebagai bagian untuk mendukung pembelajaran serta untuk bahan pembelajaran siswa-siswi lainnya di SMK Pembangunan maka training kit IoT pengabdian dihibahkan ke SMK Pembangunan Kikil. Kegiatan simbolis penyerahan training kit IoT ditunjukkan pada Gambar 7.



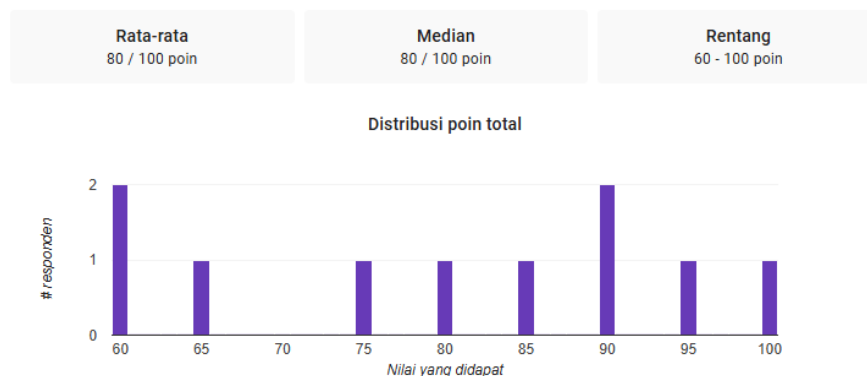
Gambar 7. Penyerahan Training Kit IoT



Gambar 8. Kegiatan Pengabdian Masyarakat

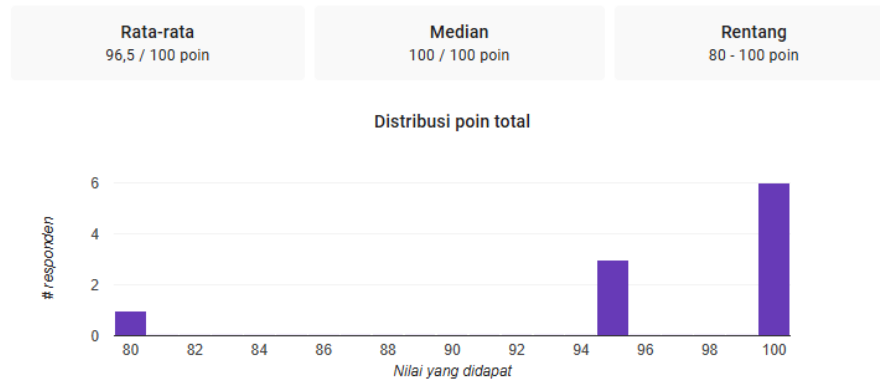
Evaluasi Kegiatan

Selanjutnya dilakukan evaluasi kegiatan dengan memberikan posttest dan pengisian kuesioner umpan balik bagi peserta kegiatan pelatih IoT. Peserta pelatihan diminta untuk mengisi kuesioner yang terdiri dari pernyataan terkait pemahaman dan minat peserta pada materi tentang IoT. Data hasil pretest, posttest dan kuesioner umpan balik kemudian dianalisa untuk mengetahui sejauh mana efektifitas pelatihan dan mendapatkan umpan balik kegiatan untuk meningkatkan kualitas program pengabdian dikemudian hari.



Gambar 9. Distribusi nilai pretest

Hasil pre-test pada Gambar 9 menunjukkan bahwa tingkat pemahaman awal peserta terhadap materi berada pada kategori cukup baik, dengan nilai rata-rata dan median yang sama-sama mencapai 80 dari skala 100, yang menandakan bahwa sebagian besar peserta telah memiliki pengetahuan dasar yang memadai sebelum pembelajaran dilaksanakan. Rentang nilai yang berada pada kisaran 60 hingga 100 menunjukkan adanya variasi kemampuan peserta, mulai dari pemahaman dasar hingga penguasaan materi yang sangat baik. Distribusi nilai didominasi oleh rentang 75 hingga 95, dengan konsentrasi nilai pada angka 80 dan 90, yang mengindikasikan bahwa mayoritas peserta berada pada kategori baik. Namun, masih terdapat beberapa peserta dengan nilai di bawah 75, yang mengindikasikan adanya kesenjangan tingkat pemahaman awal antar peserta, sehingga kegiatan pelatihan tetap diperlukan untuk meningkatkan dan meratakan pemahaman peserta. Hasil pre-test ini selanjutnya digunakan sebagai tolok ukur awal dalam mengevaluasi efektivitas pelatihan melalui perbandingan dengan hasil post-test.



Gambar 9 . Distribusi nilai posttest

Berdasarkan hasil post-test setelah pelatihan dilaksanakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9, terlihat adanya peningkatan yang sangat signifikan pada tingkat pemahaman peserta. Nilai rata-rata mencapai 96,5 dengan median 100 dari skala 100, yang menunjukkan bahwa hampir seluruh peserta telah mampu menguasai materi dengan sangat baik. Rentang nilai yang berada pada kisaran 80 hingga 100 mengindikasikan bahwa tidak ada lagi peserta dengan nilai rendah, dan sebagian besar peserta memperoleh nilai mendekati atau mencapai skor maksimal. Distribusi nilai didominasi oleh nilai 95 dan 100, yang mencerminkan peningkatan pemahaman yang merata di antara peserta setelah mengikuti pelatihan.

Berikutnya dilakukan pengukuran terhadap sikap dan minat pada peserta setelah diberikan pelatihan IoT menggunakan skala likert dengan rentang nilai 1 sampai 5. Kuesioner diberikan kepada peserta sebanyak 10 orang dengan hasil seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1

Tabel 1. Hasil kuesioner umpan balik

No	Pernyataan	Skor	Kondisi
1	Saya memahami apa itu IoT dan manfaatnya	4,6	Sangat
2	Saya tertarik untuk belajar lebih dalam tentang	4,8	Sangat
3	Saya merasa mampu membuat proyek	4,4	Sangat
4	IoT penting untuk dunia industri dan masa	4,8	Sangat
5	Saya memahami perbedaan antara sensor dan	4,6	Sangat
6	Saya ingin mencoba membuat alat berbasis sensor dan internet	4,8	Sangat Setuju
7	IoT membuat sistem kerja menjadi lebih	4,9	Sangat
8	Saya ingin mempelajari lebih dalam tentang koneksi IoT ke cloud	4,7	Sangat Setuju
9	Saya tertarik mengembangkan karier di bidang teknologi IoT	4,6	Sangat Setuju
10	Saya merasa pelatihan IoT ini bermanfaat bagi	4,8	Sangat

Dari tabel 1 dapat diketahui bahwa sikap dan minat peserta terhadap Internet of Things (IoT) berada pada kategori sangat baik. Seluruh pernyataan memperoleh nilai rata-rata tinggi diatas 4,5 pada skala Likert 1–5, yang menunjukkan tingkat persetujuan dan respons positif dari peserta. Peserta memiliki pemahaman yang baik terhadap konsep dasar IoT, termasuk manfaat serta perbedaan sensor dan aktuator, dan menunjukkan kepercayaan diri yang cukup dalam membuat proyek IoT sederhana, meskipun aspek praktik masih dapat ditingkatkan. Dari sisi minat dan motivasi, peserta menunjukkan ketertarikan yang kuat untuk mempelajari IoT lebih lanjut, mencoba membuat alat berbasis sensor dan internet, serta memahami koneksi IoT ke cloud. Selain itu, peserta juga memiliki pandangan yang positif terhadap peran dan relevansi IoT bagi dunia industri dan masa depan, serta menunjukkan minat untuk mengembangkan karier di bidang IoT. Penilaian terhadap kebermanfaatan pelatihan juga sangat baik, sehingga secara keseluruhan hasil kuesioner menegaskan bahwa pelatihan IoT tidak hanya meningkatkan pemahaman peserta, tetapi juga berhasil menumbuhkan sikap positif dan minat berkelanjutan terhadap teknologi IoT.

4. CONCLUSION

Dari hasil nilai pre-test, post-test, serta kuesioner umpan balik, maka dapat diambil kesimpulan bahwa pelatihan yang dilaksanakan memberikan dampak yang sangat positif terhadap peningkatan pengetahuan, pemahaman, serta sikap dan minat peserta terhadap Internet of Things (IoT). Hasil pre-test menunjukkan bahwa para peserta telah mempunyai pengetahuan awal yang cukup baik, namun masih terdapat variasi tingkat pemahaman. Setelah pelatihan, hasil post-test mengalami peningkatan yang signifikan, ditandai dengan kenaikan nilai rata-rata dari 80 menjadi

96,5 serta median yang meningkat hingga 100, yang menunjukkan bahwa sebagian besar peserta mampu menguasai materi dengan sangat baik dan lebih merata. Temuan ini diperkuat oleh hasil kuesioner umpan balik yang menunjukkan nilai rata-rata tinggi pada seluruh pernyataan dengan nilai diatas 4,5, yang mengindikasikan sikap sangat positif, meningkatnya minat belajar, serta persepsi kuat terhadap manfaat dan relevansi IoT bagi masa depan dan dunia industri. Secara keseluruhan, pelatihan dapat dinyatakan efektif tidak hanya dalam meningkatkan aspek kognitif peserta, tetapi juga dalam membangun motivasi dan minat berkelanjutan terhadap teknologi IoT.

Berdasarkan hasil tersebut, disarankan agar kegiatan pelatihan IoT dapat dilanjutkan dan dikembangkan secara berkelanjutan dengan penekanan yang lebih besar pada kegiatan praktik dan pengembangan proyek sederhana agar kepercayaan diri serta keterampilan peserta semakin meningkat. Pelatihan lanjutan dapat difokuskan pada topik yang lebih aplikatif, seperti integrasi IoT dengan cloud, data analytics, atau penerapan IoT pada sektor industri dan pertanian. Selain itu, perlu dipertimbangkan adanya pendampingan atau evaluasi tindak lanjut pascapelatihan untuk memastikan bahwa peningkatan pengetahuan dan minat peserta dapat diimplementasikan secara nyata dan berkelanjutan dalam kegiatan pembelajaran maupun pengembangan karier di bidang teknologi IoT.

REFERENCES

- Alvendri, D., Giatman, M., & Ernawati. (2023). Transformasi Pendidikan Kejuruan: Mengintegrasikan Teknologi IoT ke dalam Kurikulum Masa Depan. *Journal of Education Research*, 4(2), 752–758.
- Bisik, D., & Takuneno, K. J. (2024). ANALYSIS OF THE NEED FOR INTERNET OF THINGS CURRICULUM IN VOCATIONAL HIGH SCHOOLS (A Case Study of SMK Negeri 1 Kupang). *Journal of Innovative Technologies in Learning and Education(J-ITL)*, 1(1), 112–124. <https://doi.org/10.37792/jitle.v1i1.1400>
- 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>
- Dianastiti, Y., & Putra, R. A. (2025). HUBUNGAN PERAN LINGKUNGAN SEKOLAH DENGAN KESIAPAN BEKERJA SISWA TEKNIK OTOMOTIF. *Jurnal Pendidikan Vokasi Otomotif*, 8(1), 90–110.
- Habibi, M. W. (2025). Development and Validity Analysis of an ESP8266-Based IoT Training Kit for Vocational School Students. *Juwara: Jurnal Wawasan Dan Aksara*, 5(1), 354–362. <https://doi.org/10.58740/juwara.v5i1.545>
- Putriani, J. D., & Hudaidah, H. (2021). Penerapan Pendidikan Indonesia Di Era Revolusi Industri 4.0. *EDUKATIF: JURNAL ILMU PENDIDIKAN*, 3(3), 830–838. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v3i3.407>

- Sitorus, M. B., Pramono, T. J., Tambunan, J. M., Aziz, H., & Pawenary. (2019). Pemrograman Mikrokontroler Guna Memperkenalkan Industri 4.0 di SMA Negeri 7 Tangerang Selatan. *Terang: Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat Menerangi Negeri*, 2(1), 34–42. <https://doi.org/10.33322/terang.v2i1.533>
- Sukmawati, F., Santosa, E. B., Trisnaningsih, S., Ridhani, J., & Prihatin, R. (2025). Integrating Web-Based IoT Learning Media to Enhance Critical Thinking and Problem-Solving Skills in Vocational Education. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 2025(3), 981–991. <https://doi.org/10.21009/JTP2001.6>
- Syerlita, R., & Siagian, I. (2024). Dampak Perkembangan Revolusi Industri 4.0 Terhadap Pendidikan Di Era Globalisasi Saat Ini. *Journal on Education*, 07(01), 3507–3515.