

Pelatihan Implementasi Mikrokontroler Berbasis Internet of Things (IoT) untuk Monitoring Berbasis Lingkungan dan Kualitas Air di PT. Netsource Global Technologies

Basmallah Ramadhani Aisyah Putri^{*1}, Indra Sari Kusuma Wardhana², Almurozy Mursidan³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Informatika, Universitas Indraprasta PGRI, Jakarta, Indonesia

^{*}e-mail: basmallahramadhani08@gmail.com¹, indraskw@gmail.com²,
almurozy.mursidan@gmail.com³

Abstrak

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) meningkatkan kebutuhan industri terhadap sistem monitoring lingkungan yang akurat dan terintegrasi. Namun, kompetensi engineer dalam implementasi mikrokontroler dan integrasi sensor masih perlu ditingkatkan untuk mendukung pengembangan solusi berbasis IoT. Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini bertujuan meningkatkan kompetensi engineer PT. Netsource Global Technologies melalui pelatihan implementasi mikrokontroler berbasis Arduino/ESP32 untuk monitoring suhu, kelembaban, tingkat keasaman (pH) air, dan tinggi permukaan air. Metode yang digunakan meliputi workshop, praktikum (hands-on training), pendampingan, serta evaluasi menggunakan kuesioner skala Likert. Kegiatan dilaksanakan pada 15 Desember 2025 dengan melibatkan enam engineer sebagai peserta. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan pemahaman dan keterampilan peserta dalam pemrograman mikrokontroler, integrasi sensor, serta pengembangan sistem monitoring berbasis IoT. Selain itu, dihasilkan prototipe sistem monitoring yang mampu melakukan pengukuran parameter lingkungan secara real-time. Evaluasi kegiatan memperoleh nilai rata-rata 4,54 dengan kategori sangat baik, yang menunjukkan tingkat kepuasan peserta yang tinggi terhadap materi, praktikum, dan manfaat kegiatan. Berdasarkan hasil evaluasi, kegiatan dinilai bermanfaat dan sesuai dengan kebutuhan peserta serta mendukung kolaborasi antara perguruan tinggi dan industri.

Kata Kunci: Internet of Things (IoT), Mikrokontroler, Arduino/ESP32, Monitoring Lingkungan, Kualitas Air

Abstract

The rapid development of Internet of Things (IoT) technology has increased industrial demand for accurate and integrated environmental monitoring systems. However, engineers' competencies in microcontroller implementation and sensor integration still need to be enhanced to support the development of IoT-based solutions. This Community Service Program (PkM) aimed to improve the competencies of engineers at PT. Netsource Global Technologies through training on Arduino/ESP32-based microcontroller implementation for monitoring temperature, humidity, water pH levels, and water level height. The methods employed included workshops, hands-on training, mentoring, and evaluation using a Likert-scale questionnaire. The activity was conducted on December 15, 2025, involving six engineers as participants. The results showed an improvement in participants' understanding and skills in microcontroller programming, sensor integration, and IoT-based monitoring system development. In addition, a monitoring system prototype capable of measuring environmental parameters in real time was successfully developed. The evaluation results achieved an average score of 4.54, categorized as excellent, indicating a high level of participant satisfaction with the training materials, practical sessions, and overall benefits of the program. The training was effective in enhancing engineers' technical competencies while strengthening collaboration between higher education institutions and industry.

Keywords: Internet of Things (IoT), Microcontroller, Arduino/ESP32, Environmental Monitoring, Water Quality Monitoring

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah mendorong transformasi digital pada berbagai sektor industri, khususnya dalam pengembangan sistem *monitoring* lingkungan yang mampu menyediakan data secara *real-time* dan akurat (Ullo

& Sinha, 2020). Teknologi ini memungkinkan integrasi berbagai sensor dengan mikrokontroler untuk memantau parameter lingkungan seperti suhu, kelembaban, tingkat keasaman (pH) air, dan tinggi permukaan air secara berkelanjutan (Filho et al., 2021). Penerapan sistem *monitoring* berbasis IoT menjadi salah satu kebutuhan penting bagi perusahaan yang bergerak di bidang teknologi karena dapat meningkatkan efisiensi operasional, kualitas pengambilan keputusan, serta mendukung pengembangan solusi berbasis data (Popescu et al., 2024).

PT. Netsource Global Technologies merupakan perusahaan yang bergerak di bidang teknologi informasi dan telekomunikasi yang berlokasi di Kota Tangerang Selatan, Banten. Seiring meningkatnya kebutuhan implementasi IoT pada berbagai proyek industri, perusahaan memerlukan sumber daya manusia yang memiliki kompetensi dalam perancangan dan implementasi sistem monitoring berbasis mikrokontroler. Berdasarkan hasil diskusi awal dengan pihak mitra, diketahui bahwa *engineer* perusahaan telah memiliki pemahaman dasar mengenai teknologi informasi, namun masih memerlukan peningkatan kompetensi dalam pemrograman mikrokontroler, integrasi sensor lingkungan, serta pengembangan prototipe IoT yang dapat diterapkan pada kebutuhan industri. Kegiatan pelatihan ini diikuti oleh enam *engineer* yang terlibat dalam pengembangan dan implementasi solusi teknologi di perusahaan.

Potensi yang dimiliki mitra adalah tersedianya sumber daya manusia yang memiliki latar belakang teknis serta kebutuhan nyata terhadap pengembangan sistem *monitoring* lingkungan dan kualitas air. Potensi tersebut dapat dikembangkan melalui transfer pengetahuan mengenai penggunaan mikrokontroler Arduino/ESP32 yang dipadukan dengan sensor suhu dan kelembaban, sensor pH air, serta sensor ultrasonik untuk pengukuran tinggi permukaan air. Melalui pemanfaatan teknologi tersebut, *engineer* diharapkan mampu mengembangkan sistem *monitoring* yang lebih efektif dan sesuai dengan kebutuhan industri.

Permasalahan yang dihadapi mitra dapat dirumuskan sebagai berikut: (1) terbatasnya pemahaman *engineer* dalam implementasi mikrokontroler berbasis Arduino/ESP32 untuk sistem monitoring lingkungan; (2) kurangnya pengalaman dalam integrasi berbagai sensor pada satu sistem *monitoring*; dan (3) belum optimalnya kemampuan *engineer* dalam merancang prototipe sistem *monitoring* berbasis IoT yang dapat diterapkan pada lingkungan industri. Berdasarkan permasalahan tersebut, kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini bertujuan meningkatkan kompetensi *engineer* PT. Netsource Global Technologies dalam implementasi mikrokontroler dan integrasi sensor untuk *monitoring* suhu, kelembaban, tingkat keasaman (pH) air, serta tinggi permukaan air berbasis IoT.

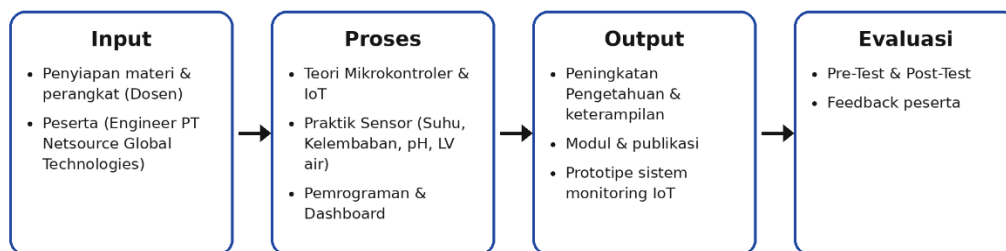
Beberapa penelitian menunjukkan bahwa teknologi IoT memiliki peran penting dalam *monitoring* lingkungan secara *real-time*. Pamula et al., (2022) menjelaskan bahwa penerapan IoT memungkinkan pengawasan parameter lingkungan pada media udara, air, dan tanah secara efektif melalui integrasi sensor dan jaringan komunikasi. Selain itu, Budiyanto & Silalahi (2023) menyatakan bahwa implementasi IoT menjadi salah satu pendorong utama transformasi industri 4.0 karena mampu meningkatkan efisiensi proses dan kualitas pengambilan keputusan berbasis data. Dari sisi pengembangan kompetensi, Edwar Rosman et al. (2023) menunjukkan bahwa pelatihan mikrokontroler berbasis Arduino mampu meningkatkan pemahaman dan keterampilan peserta dalam pemrograman serta implementasi perangkat keras. Sementara itu, Riswandha et al (2024) membuktikan bahwa sistem *monitoring* berbasis IoT dapat digunakan untuk memantau parameter lingkungan secara berkelanjutan dengan tingkat akurasi yang baik.

Berdasarkan kajian literatur dan kebutuhan mitra, kegiatan pelatihan implementasi mikrokontroler ini merupakan bentuk hilirisasi hasil penelitian dan

pengembangan teknologi IoT ke dunia industri. Kegiatan ini diharapkan tidak hanya meningkatkan kompetensi *engineer* dalam penggunaan mikrokontroler dan sensor lingkungan, tetapi juga menghasilkan prototipe sistem *monitoring* yang dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mendukung kebutuhan operasional perusahaan. Selain itu, kegiatan ini menjadi sarana penguatan kolaborasi antara perguruan tinggi dan industri dalam penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi yang memberikan manfaat nyata bagi masyarakat.

2. METODE

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) dilaksanakan pada tanggal 15 Desember 2025 di PT. Netsource Global Technologies dengan sasaran enam orang *engineer* perusahaan. Metode yang digunakan adalah hands-on training yang mengombinasikan penyampaian materi, praktikum, pendampingan, dan evaluasi untuk meningkatkan kompetensi peserta dalam implementasi mikrokontroler berbasis Arduino/ESP32 untuk monitoring suhu, kelembaban, tingkat keasaman (pH) air, dan tinggi permukaan air.



Gambar 1. Tahapan Pelaksanaan

Gambar 1. merupakan tahapan pelaksanaan kegiatan yang terdiri dari empat tahapan. Tahap pertama adalah persiapan yang meliputi identifikasi kebutuhan mitra, penyusunan modul pelatihan, dan penyediaan perangkat mikrokontroler serta sensor. Tahap kedua adalah pelaksanaan pelatihan yang mencakup penyampaian materi mengenai *Internet of Things* (IoT), pengenalan mikrokontroler Arduino/ESP32, serta praktik penggunaan sensor suhu dan kelembaban, sensor pH air, dan sensor ultrasonik. Tahap ketiga adalah pendampingan yang dilakukan selama proses perakitan perangkat, pemrograman, integrasi sensor, dan pengujian prototipe sistem *monitoring*. Tahap terakhir adalah evaluasi kegiatan menggunakan kuesioner skala Likert untuk mengukur tingkat kepuasan peserta terhadap pelaksanaan pelatihan.

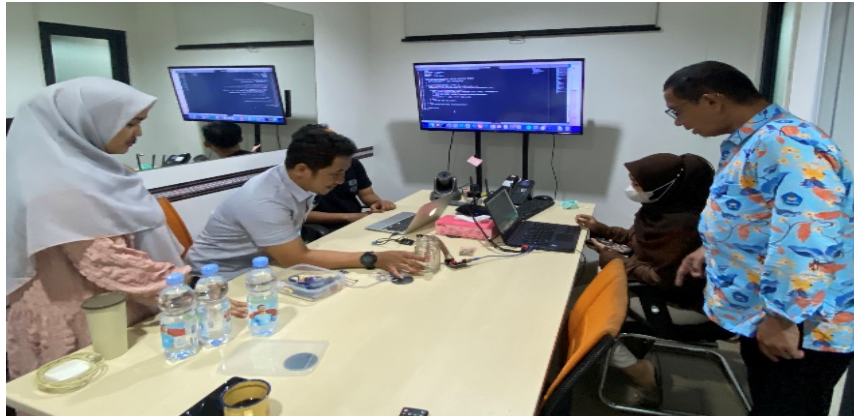
Evaluasi kegiatan dilakukan melalui penyebaran kuesioner kepada enam peserta pelatihan. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif menggunakan nilai rata-rata setiap indikator untuk mengetahui tingkat keberhasilan kegiatan. Keberhasilan pelatihan ditinjau dari peningkatan pemahaman peserta dalam implementasi mikrokontroler dan kemampuan menghasilkan prototipe sistem *monitoring* lingkungan berbasis IoT yang mampu melakukan pengukuran parameter lingkungan secara *real-time*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) berupa pelatihan perancangan dan implementasi sistem *monitoring* lingkungan berbasis *Internet of Things* (IoT) telah dilaksanakan pada tanggal 15 Desember 2025 dengan melibatkan *engineer* PT. Netsource Global Technologies. Kegiatan ini berjalan dengan baik dan berhasil mencapai tujuan

yang telah ditetapkan, yaitu meningkatkan kompetensi *engineer* dalam implementasi mikrokontroler dan integrasi sensor untuk sistem *monitoring* lingkungan.

Hasil kegiatan menunjukkan adanya peningkatan pemahaman dan keterampilan *engineer* dalam penggunaan mikrokontroler Arduino/ESP32 untuk sistem *monitoring* lingkungan. Peserta mampu memahami konsep dasar IoT, melakukan pemrograman mikrokontroler, serta mengintegrasikan beberapa sensor lingkungan ke dalam satu sistem yang saling terhubung.



Gambar 2. Kegiatan Pelatihan

Pada Gambar 2. menunjukkan instruktur mendampingi peserta pelatihan saat praktik pemrograman mikrokontroler. Beberapa komponen sensor dan alat bantu simulasi turut disiapkan di meja kerja untuk mendukung selama praktik berlangsung. Dari sisi luaran, kegiatan ini menghasilkan prototipe sistem *monitoring* lingkungan berbasis IoT yang mampu memantau suhu dan kelembaban udara, pH air, serta tinggi permukaan air secara *real-time*. Prototipe tersebut dapat dijadikan sebagai model awal dalam pengembangan solusi *monitoring* lingkungan di lingkungan kerja mitra. Untuk mengukur efektivitas kegiatan, dilakukan evaluasi melalui metode *pre-test* dan *post-test*. Hasil evaluasi menunjukkan adanya peningkatan pemahaman dan keterampilan peserta setelah mengikuti pelatihan. Sebelum kegiatan dilaksanakan, sebagian besar peserta masih mengalami kesulitan dalam memahami pemrograman mikrokontroler dan integrasi sensor. Setelah mengikuti pelatihan, peserta mampu melakukan perakitan rangkaian, menulis program dasar, serta mengintegrasikan beberapa sensor ke dalam satu sistem *monitoring*.

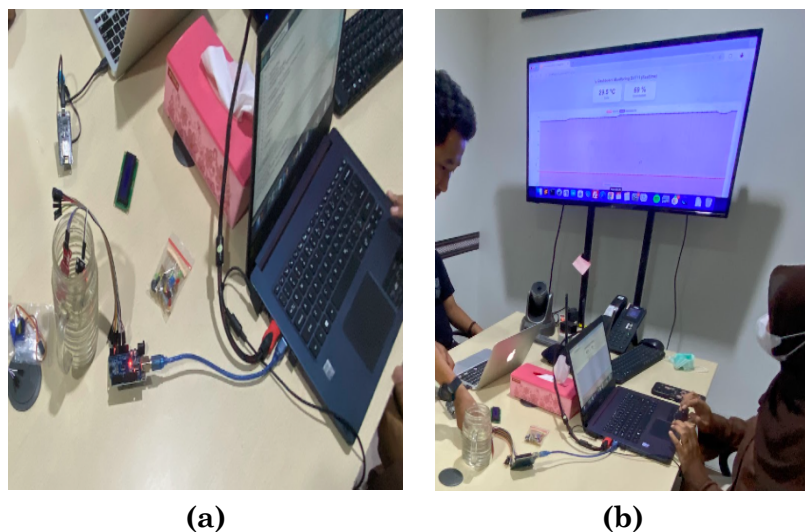


Gambar 3. Pemaparan Materi dan Diskusi

Pada Gambar 3. kegiatan pemaparan materi dilakukan oleh instruktur secara langsung di hadapan peserta dengan memanfaatkan tampilan layar monitor sebagai media penyampaian informasi.

Peningkatan kompetensi peserta tidak hanya terlihat dari hasil evaluasi tertulis, tetapi juga dari kemampuan peserta dalam menyelesaikan tugas praktik secara mandiri. *Engineer* mitra menunjukkan antusiasme yang tinggi selama sesi pelatihan dan aktif berdiskusi mengenai kemungkinan pengembangan lanjutan dari sistem *monitoring* yang telah dibuat. Kondisi ini menunjukkan bahwa kegiatan PkM berhasil menjembatani kesenjangan antara teori akademik dan kebutuhan praktis di dunia industri.

Pendekatan *hands-on training* yang diterapkan dalam kegiatan ini terbukti efektif dalam meningkatkan kompetensi teknis peserta di bidang IoT. Melalui praktik langsung, peserta tidak hanya memahami konsep secara teoritis, tetapi juga memperoleh pengalaman nyata dalam merancang, mengimplementasikan, dan menguji sistem *monitoring* lingkungan.



(a) (b)
Gambar 4. Prototipe (A) Sistem *Monitoring* (B)

Pada Gambar 4. menunjukkan bahwa Gambar (a) memperlihatkan rangkaian perangkat keras prototipe yang terdiri atas mikrokontroler, modul sensor, serta botol berisi air yang digunakan sebagai objek simulasi pengukuran ketinggian permukaan air. Rangkaian tersebut dihubungkan ke laptop melalui kabel data untuk keperluan pemrograman dan pengujian fungsi sensor. Gambar (b) menunjukkan tampilan *dashboard* pada layar monitor yang menampilkan hasil pembacaan data sensor secara *real-time*, sehingga kondisi lingkungan yang dipantau dapat terlihat langsung oleh pengguna selama proses pengujian sistem berlangsung. Keberhasilan pembuatan prototipe sistem *monitoring* lingkungan menunjukkan bahwa kegiatan PkM ini mampu memberikan solusi konkret terhadap kebutuhan mitra, khususnya dalam meningkatkan kemampuan implementasi teknologi IoT pada lingkungan industri. Prototipe yang dihasilkan dapat menjadi dasar bagi PT. Netsource Global Technologies untuk mengembangkan produk maupun solusi *monitoring* lingkungan yang lebih kompleks dan siap diterapkan pada skala industri.

Selain evaluasi kompetensi, peserta juga diminta mengisi kuesioner untuk menilai pelaksanaan kegiatan PkM. Jumlah responden yang mengisi kuesioner sebanyak enam peserta. Pelatihan dilaksanakan secara *hybrid*, di mana sebagian *engineer* mengikuti kegiatan secara langsung dan sebagian lainnya mengikuti dari lokasi penugasan masing-masing. Berdasarkan profil peserta, sebagian besar memiliki pengalaman mikrokontroler

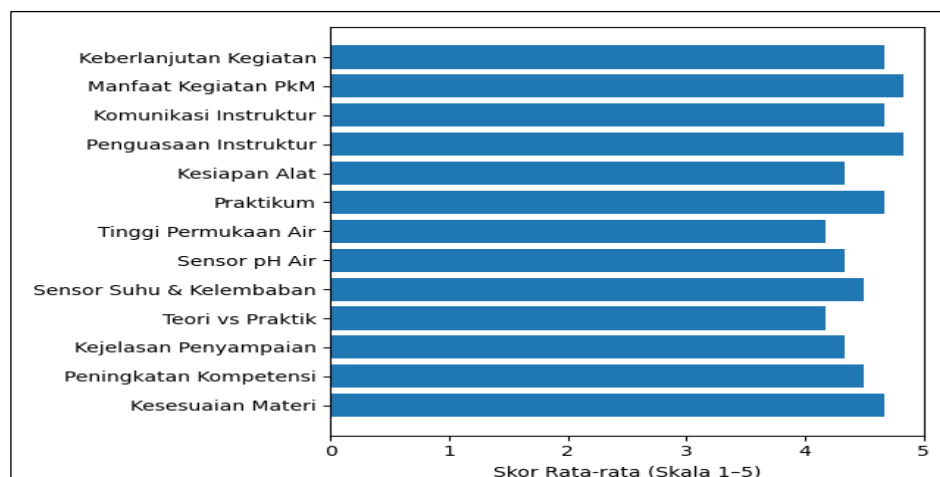
pada tingkat menengah hingga mahir sehingga evaluasi difokuskan pada kualitas materi, pelaksanaan praktikum, dan manfaat aplikatif kegiatan.

Analisis data kuesioner dilakukan menggunakan skala Likert 1–5 dengan kategori sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Interpretasi Skala Likert

Rentang Nilai	Kategori
1,00 – 1,80	Sangat Tidak Baik
1,81 – 2,60	Tidak Baik
2,61 – 3,40	Cukup
3,41 – 4,20	Baik
4,21 – 5,00	Sangat Baik

Pada Tabel 1. menunjukkan interpretasi hasil kuesioner dilakukan dengan mengacu pada skala Likert yang terbagi ke dalam lima kategori penilaian. Rentang nilai rata-rata yang diperoleh dari jawaban responden dikelompokkan ke dalam kategori "Sangat Tidak Baik" hingga "Sangat Baik" untuk memudahkan penafsiran tingkat pemahaman, keterampilan, maupun kepuasan peserta terhadap pelatihan yang telah dilaksanakan. Nilai yang dianalisis merupakan rata-rata skor pada setiap indikator evaluasi yang akan ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Rata-rata Skor Evaluasi Kegiatan Berdasarkan Indikator

Berdasarkan hasil analisis, kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat memperoleh penilaian sangat baik dari peserta. Indikator dengan nilai tertinggi adalah manfaat kegiatan PkM (4,83), penguasaan materi oleh instruktur (4,83), dan praktikum sebagai pendukung pemahaman (4,67). Hasil tersebut menunjukkan bahwa kombinasi antara penyampaian materi konseptual dan praktik langsung mampu meningkatkan pemahaman peserta secara efektif.

Meskipun seluruh indikator memperoleh nilai baik hingga sangat baik, terdapat beberapa aspek yang memperoleh nilai relatif lebih rendah, yaitu keseimbangan teori dan praktik serta materi pengukuran tinggi permukaan air dengan nilai 4,17. Meskipun masih termasuk kategori baik, hasil tersebut menunjukkan perlunya penambahan waktu praktikum dan studi kasus lapangan pada pelaksanaan kegiatan berikutnya.

Hasil pertanyaan terbuka dalam kuesioner menunjukkan bahwa manfaat utama yang dirasakan peserta meliputi pemahaman mengenai integrasi *multi-sensor* dengan mikrokontroler, peningkatan kemampuan kalibrasi sensor pH, serta bertambahnya referensi implementasi untuk proyek *monitoring* lingkungan. Adapun kendala yang

dihadapi peserta selama kegiatan adalah keterbatasan waktu praktikum dan kebutuhan pendalaman materi debugging program. Sebagai tindak lanjut, peserta mengusulkan penambahan materi terkait IoT dan *data logging*, integrasi *cloud dashboard*, serta pelaksanaan pelatihan lanjutan pada tingkat yang lebih *advanced*.

Secara keseluruhan, kegiatan PkM ini tidak hanya memberikan manfaat teknis dalam bentuk peningkatan kompetensi *engineer* dan pengembangan prototipe sistem *monitoring* lingkungan, tetapi juga memperkuat kolaborasi antara perguruan tinggi dan industri. Kolaborasi ini diharapkan dapat berlanjut dalam bentuk penelitian terapan, pengembangan inovasi produk, maupun kegiatan pengabdian lanjutan yang mendukung transformasi digital dan kesiapan industri menghadapi era Industri 4.0.

4. KESIMPULAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) berupa pelatihan sistem monitoring lingkungan berbasis *Internet of Things* (IoT) berhasil dilaksanakan dan mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Kegiatan ini meningkatkan kompetensi *engineer* PT. Netsource Global Technologies dalam penggunaan mikrokontroler Arduino/ESP32, pemrograman, serta integrasi sensor lingkungan. Selain peningkatan kapasitas sumber daya manusia, kegiatan ini menghasilkan prototipe sistem monitoring lingkungan berbasis IoT yang mampu memantau suhu, kelembaban, pH air, dan tinggi permukaan air secara *real-time*. Pendekatan praktik langsung (*hands-on training*) terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman peserta sekaligus memperkuat kolaborasi antara perguruan tinggi dan industri. Kelebihan kegiatan ini terletak pada kombinasi pelatihan teoritis dan praktik yang menghasilkan luaran nyata berupa prototipe fungsional. Namun demikian, sistem yang dikembangkan masih berada pada tahap prototipe sehingga memerlukan penyempurnaan dari aspek keandalan, skalabilitas, dan integrasi data sebelum diterapkan pada skala operasional perusahaan. Ke depan, sistem dapat dikembangkan melalui integrasi layanan *cloud*, pengolahan dan analisis data IoT, serta penambahan fitur *monitoring* dan notifikasi yang lebih komprehensif guna meningkatkan manfaat dan keberlanjutan implementasinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Azmi, M. U., Ramadhani, F. R., Ruba'atin, A., & Fatmawati, W. (2024). Pelatihan Software Publish or Perish, Vosviewer, dan Mendeley untuk Meningkatkan Keterampilan Menulis Karya Ilmiah Ikatan Mahasiswa Tegal. *Smart Dedication: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(1), 81–88.
- Budijanto, A., Winardi, S., & Susilo, K. E. (2020). *Interfacing Esp32*. Scopindo Media Pustaka.
- Budiyanto, S., & Silalahi, L. M. (2023). Internet of Things for 4.0 Industry Revolution. *ICE: Journal of Innovation and Community Engagement*, 4(3), 164–173. <https://doi.org/10.28932/ice.v4i3.7316>
- Chotimah, C., Kholilah, rifahtul, Amelia, R., Imal, K., & Hamdani, R. (2024). Sosialisasi Pengenalan Mikrokontroler serta Pembelajaran Praktis Pembuatan IoT. *Jumat Informatika: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(1), 24–27.
- Edwar, R., Flomina, G. K., Hasanah, M., Widya, F., Adi Atma, Y., & Jihan Sy, Y. (2023). Pelatihan Mikrokontroler Berbasis Arduino Bagi Siswa Mas Lubuk Malako. *Jurnal Pengabdian Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 1(2), 31–34. <https://doi.org/10.36312/linov.v7i4.875>
- Filho, T., Fernando, L., Rabelo, M., Silva, S., Santos, C., Ribeiro, M., A. Grout, I., Moreira, W., & Oliveira-Jr, A. (2021). A Standard-Based Internet of Things Platform and Data Flow Modeling for Smart Environmental Monitoring. *Sensors*, 21(12). <https://doi.org/10.3390/s21124228>

- Gumelar, S. R., Ranius, A. Y., & Dasmen, R. N. (2025). Peningkatan Literasi Teknologi melalui Sosialisasi Perakitan Sistem Otomatisasi Berbasis Arduino bagi Masyarakat Lokal. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Information Technology*, 4(1).
- Khobir, F., Triawan, M. A., Prambayun, A., Mirza, Y., & Syahni, M. A. Q. (2025). Pendampingan Penerapan Alat Pemantauan Kualitas Air Kolam Ikhtioterapi Berbasis Mikrokontroler di Rule Athallah Palembang. *Jurnal Masyarakat Madani Indonesia*, 4(4), 1486–1493. <https://doi.org/10.59025/cpv37p08>
- Kurniawan, A. (2019). *Internet of Things Projects with ESP32: Build Exciting and Powerful IoT Projects Using the All-New Espressif ESP32*. Packt Publishing.
- Nugroho, J. T. (2025). Pelatihan Penggunaan Connected Papers, Mendeley untuk Penulisan Ilmiah Kepada Mahasiswa STIE GICI Depok. *Smart Dedication: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(1), 12–19. <https://ejournal.smart-scienti.com/index.php/Smart-Dedication>
- Pamula, A. S. P., Ravilla, A., & Madiraju, S. V. H. (2022). Applications of the Internet of Things (IoT) in Real-Time Monitoring of Contaminants in the Air, Water, and Soil. *Engineering Proceedings*, 27(1). <https://doi.org/10.3390/ecsa-9-13335>
- Popescu, S. M., Mansoor, S., Wani, O. A., Kumar, S. S., Sharma, V., Sharma, A., Arya, V. M., Kirkham, M. B., Hou, D., Bolan, N., & Chung, Y. S. (2024). Artificial Intelligence and IoT-Driven Technologies for Environmental Pollution Monitoring and Management. In *Frontiers in Environmental Science* (Vol. 12). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1336088>
- Putra, H. A., & Rosano, A. (2024). Implementasi IOT Dalam Sistem Monitoring Kualitas Air Menggunakan Platform Blynk Dan Googlesheet. *INSANtek: Jurnal Inovasi Dan Sains Teknik Elektro*, 5(1), 15–21. <http://jurnal.bsi.ac.id/index.php/insantek>
- Risal, A., Mustamin, Abd Jawad, Y., Sutarsi, & Sidik, D. (2024). PkM Meningkatkan Keterampilan Siswa Melalui Pelatihan Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 di Era Industri 4.0. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(1), 71–75. <https://journal.unm.ac.id/index.php/jpm/index>
- Riswandha, M. N., Selviana, R., & Bahri, N. (2024). Implementasi Internet of Things untuk Monitoring dan Pengendalian Pencemaran Udara Studi Kasus Sensor Gas. *SPIRIT*, 16(2), 310–317.
- Satria, D., Wiroto, N., Albadri, A., & Nurhadi. (2025). Peningkatan Tata Kelola Inventaris Teknik Sepeda Motor Melalui Pelatihan dan Implementasi Aplikasi Berbasis Web. *Smart Dedication: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(2), 256–264. <https://ejournal.smart-scienti.com/Smart-Dedication>
- Ullo, S. L., & Sinha, G. R. (2020). Advances in Smart Environment Monitoring Systems Using IoT and Sensors. In *Sensors (Switzerland)* (Vol. 20, Number 11). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/s20113113>
- Zafi, A., Saputra, B. D., & Bianto, M. A. (2024). The Monitoring System for Water Quality Is Based on the Internet of Things (IoT) and Uses a TDS Sensor. *IJENSET: Indonesian Journal of Engineering, Science and Technology*, 1(2), 50–58. <https://doi.org/10.3804/ijenset.v1i2.1015>