

Pemanfaatan Teknologi *Internet of Things* untuk Penunjang Model Pembelajaran *Science, Technology, Engineering and Mathematics*

Akhmad Ghiffary Budianto*, Andry Fajar Zulkarnain, Arief Trisno Eko Suryo,

Gunawan Rudi Cahyono, Rusilawati Rusilawati, Bayu Setyo Wibowo,

Siti Fathimah Az-Zahra, Fridho Ery Dwi Atmadja, Siti Nur Najua

Program Studi Rekayasa Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat,

Jl. Jenderal Achmad Yani KM 35,5, Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70714, Indonesia

E-mail: ghiffaryb04@gmail.com*, andry.zulkarnain@ulm.ac.id, arief.suryo@ulm.ac.id, gunawan.cahyono@ulm.ac.id,

habsyi.sila@gmail.com, setyobayu83@gmail.com, aazahraa615@gmail.com,

doyalmostdie@gmail.com, sitinurnajua23@gmail.com

Received: September 23, 2024 | Revised: December 10, 2024 | Accepted: January 30, 2025

Abstrak

Pembentukan sumber daya manusia yang unggul salah satunya dapat dicapai dengan penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) dalam pembelajaran. Fokus penerapan IPTEK adalah pada pendekatan pembelajaran berbasis *Science, Technology, Engineering and Mathematics* (STEM). Pendekatan pembelajaran STEM memberikan siswa kemampuan untuk dapat berpikir kreatif, kritis, berorientasi pada pemecahan masalah, kemampuan bekerja sama dalam tim, beradaptasi pada kemajuan teknologi dan terus berinovasi. Kurangnya contoh mengenai metode dan pengaplikasian teknologi terbaru pada bidang STEM menjadi masalah pada siswa di sekolah. Siswa sering kali tidak memahami teori dikarenakan tidak adanya contoh peraga yang menarik. Penggunaan *Internet of Things* (IoT) dalam berbagai bidang dan kehidupan sehari-hari menjadi salah satu contoh penerapan STEM. Pemberian pelajaran tentang IoT dalam beberapa mata pelajaran sains seperti Fisika, Kimia, Biologi dan Matematika dapat memberikan pengalaman pembelajaran yang menarik dan relevan. Tujuan pada kegiatan pengabdian masyarakat ini adalah memberikan pengenalan dan contoh pengaplikasian dari IoT pada model penunjang pembelajaran di bidang STEM pada SMAN 1 Banjarbaru. Metode yang digunakan yaitu dengan memberikan sosialisasi teknologi IoT dan disertai dengan praktik pengaplikasian IoT pada bidang STEM diantaranya merakit komponen IoT kit dengan WeMos D1, ESP32 NodeMCU, dan berbagai jenis sensor untuk mengukur temperatur dan mengukur pH. Dengan pelatihan ini, siswa diharapkan mampu memahami penerapan teknologi terbaru berupa IoT pada bidang STEM. Selain itu, sekolah mampu memberikan pengalaman pembelajaran yang menarik dan terkini pada bidang teknologi dan relevan sesuai dengan kurikulum terbaru. Dalam kegiatan ini, 3 kelompok siswa terdiri dari 5 siswa/kelompok mampu membuat sistem IoT untuk pengukuran temperatur dan pH cairan.

Kata kunci: *Internet of Things*; Model Pembelajaran; Praktikum Biologi; Praktikum Fisika; STEM

Abstract

The development of outstanding human resources can be achieved through the application of Science and Technology (S&T) in education. The focus of applying S&T is on the Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) learning approach. The STEM learning approach equips students with the ability to think creatively, critically, and problem-solving oriented, as well as to work collaboratively in teams, adapt to technological advancements, and continue to innovate. A lack of examples regarding the methods and applications of the latest technology in STEM fields poses a problem for students in schools. Students often struggle with understanding theories due to the absence of engaging demonstrative examples. The use of the Internet of Things (IoT) in various fields and daily life serves as an example of STEM application. Introducing IoT in several science subjects such as Physics, Chemistry, Biology, and Mathematics can provide engaging and relevant learning experiences. The goal of this Community Service activity is to provide an introduction and examples of IoT application as a supporting model for STEM learning at SMAN 1 Banjarbaru. The method used involves socializing IoT technology and including practical applications of IoT in STEM fields, such as assembling IoT kit components with WeMos D1, ESP32 NodeMCU, and various sensors for measuring temperature and pH. It is expected that students will understand the application of the latest IoT technology in STEM fields. Additionally, the school will be able to provide engaging, up-to-date learning experiences in technology that are relevant to the latest curriculum. As the result, three groups of students, each consisting of five members, successfully developed an IoT system for measuring liquid temperature and pH.

Keywords: *Biology Practical Class; Internet of Things; Learning Method; Physics Practical Class; STEM*

Pendahuluan

Proses pembelajaran Proyek Penguatan Profil Pelajar Pancasila (P5) merupakan proses penguatan upaya lulusan agar mencapai kompetensi serta karakter berbasis standar kompetensi. Adapun profil pelajar Pancasila terdiri atas: (1) keimanan, ketakwaan kepada Tuhan Yang Maha Esa, dan akhlak mulia; (2) pembangunan global; (3) mampu untuk bekerja sama; (4) bersifat mandiri; (5) kemampuan berpikir kritis; dan (6) kreatif. Aspek-aspek tersebut tidak berfokus pada peningkatan kemampuan kognitif, tetapi juga berpengaruh pada perilaku dalam identitas sebagai warga negara dan global (Alfina & Hasanah, 2024).

Pelaksanaan kurikulum P5 yang unik memiliki potensi besar untuk membangun karakter siswa sesuai dengan standar kualifikasi pendidikan tinggi. Pelaksanaan P5 merupakan metode proyek yang berfokus pada pengamatan dan pemecahan masalah lingkungan hidup serta dapat mempengaruhi siswa secara positif menjadi pemikir kreatif yang berorientasi pada solusi (Muktamar, dkk., 2024).

Teknologi digital digunakan di semua bidang kehidupan, termasuk pendidikan. Penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi digital tidak hanya terjadi pada pendidikan formal tetapi juga pada pendidikan nonformal (Sartini, dkk., 2022). Semakin pesatnya perkembangan teknologi, penyebaran informasi tidak hanya terbatas pada media luring, namun media daring juga turut andil dalam penyediaan informasi (Nugraha, dkk., 2023). Pemanfaatan teknologi informasi dan platform digital interaktif menjadi elemen kunci dalam meningkatkan efektivitas dan efisiensi pembelajaran P5. Pemanfaatan teknologi dapat membuat pembelajaran P5 menjadi lebih menarik dan relevan bagi siswa, sekaligus memudahkan guru dalam memberikan materi yang interaktif (Muktama, dkk., 2024).

Salah satu pemanfaatan teknologi dengan berkembangnya internet adalah teknologi *Internet of Things* (IoT). IoT adalah teknologi yang memungkinkan berbagai perangkat keras untuk mengontrol, berkomunikasi, dan bekerja sama (Budihartono, dkk., 2022). Teknologi IoT sangat penting dalam berbagai bidang, termasuk pendidikan. Saat ini, IoT telah digunakan dalam berbagai industri, transportasi, bisnis, rumah sakit, pemerintah, dan lain-lain. Karena telah memudahkan berbagai aspek kehidupan, seperti bisnis, pendidikan, dan teknologi, IoT sangat penting dalam berbagai bidang (Kurniawan, 2022). Sekolah tingkat menengah dan kejuruan harus memberikan update terhadap teknologi terbaru terkait apa itu IoT. Namun, kurikulum sekolah tidak memberikan siswa informasi yang cukup tentang IoT untuk memahaminya, IoT adalah istilah yang mengacu pada jaringan perangkat fisik yang terhubung ke internet, yang memungkinkan perangkat bertukar data dan informasi secara bebas (Gokhale, dkk., 2018). Pengenalan IoT pada akhirnya akan memberi siswa pemahaman baru tentang rangkaian elektronika yang sedang berkembang dan teknologi informasi dan komunikasi (Rachmadi & Kom, 2020).

Permasalahan utama yang dihadapi adalah kurangnya contoh metode dan penerapan teknologi terbaru dalam bidang Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika (STEM) di sekolah. Siswa sering kesulitan memahami teori karena tidak tersedia media peraga yang menarik, sementara pembelajaran Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) hanya berfokus pada penggunaan *software* tertentu. Selain itu, belum ada rencana integrasi pembelajaran antara mata pelajaran TIK dan sains di tingkat sekolah menengah.

Dalam membantu penerapan kurikulum P5 dalam pembelajaran teknologi yaitu dengan pendidikan di bidang STEM. STEM merupakan pendekatan pendidikan yang mengintegrasikan

ilmu pengetahuan (*science*), teknologi (*technology*), rekayasa (*engineering*), dan matematika (*mathematics*) dalam suatu konteks pembelajaran yang holistik dan kontekstual (Acar, dkk., 2018). STEM dapat membantu siswa belajar keterampilan yang akan sangat penting pada abad ke-21, seperti keterampilan yang kompleks seperti kerja sama, komunikasi, dan pemecahan. Pendidikan berbasis STEM juga mengajarkan pemahaman tentang cara-cara teknologi baru dapat diciptakan, bagaimana mereka dapat digunakan, dan bagaimana teknologi dapat membantu memudahkan kerja manusia. Nantinya siswa diminta untuk mempertimbangkan masalah dari berbagai sudut pandang dan menemukan solusi kreatif (Hadi, dkk., 2023). Pendidikan STEM mendorong siswa untuk berpikir secara kritis dan kreatif dalam merancang, membangun, dan memecahkan masalah dalam bidang ilmu pengetahuan, teknologi, rekayasa, dan matematika. Dengan demikian, pembelajaran STEM membantu siswa memperoleh keterampilan berpikir kritis yang diperlukan untuk memecahkan masalah kompleks (Hadi, 2021). Tujuannya adalah untuk meningkatkan kemampuan siswa untuk berpikir kritis, kreatif, bekerja sama, dan memecahkan masalah (Park, dkk., 2020).

Penerapan teknologi IoT dalam STEM bermanfaat untuk mengenalkan teknologi untuk mengirimkan data secara otomatis dari perangkat. Data yang dikirim dari sensor ke *cloud* diproses oleh *software*, yang memutuskan tindakan selanjutnya. Pengiriman peringatan, penyesuaian jadwal, dan penutupan akses pada alat adalah beberapa contoh aktivitas ini. Ide dasar dari IoT adalah menghubungkan satu perangkat dengan perangkat lain serta memiliki kemampuan untuk bertukar data dengan perangkat lain yang ada pada jaringan yang sama (Wilianto & Kurniawan, 2018). Pengenalan IoT ke sekolah tingkat SMA dimaksudkan agar siswa belajar mengenai perkembangan teknologi dengan sistem kendali atau monitoring jarak jauh dengan menggunakan fasilitas internet (Afriliana, dkk., 2018). Hal ini dilakukan dengan ada kaitannya terhadap kepedulian institusi maupun lembaga apalagi pendidikan tinggi yang bergerak pada bidang pendidikan, agar dapat bermanfaat bagi sekitar untuk meningkatkan kualitas dari sumber daya yang mumpuni dan dapat mengikuti perkembangan jaman pada era globalisasi yang mengharuskan untuk mengakses sumber informasi tersebut (Fauzi, dkk., 2019).

Metodologi

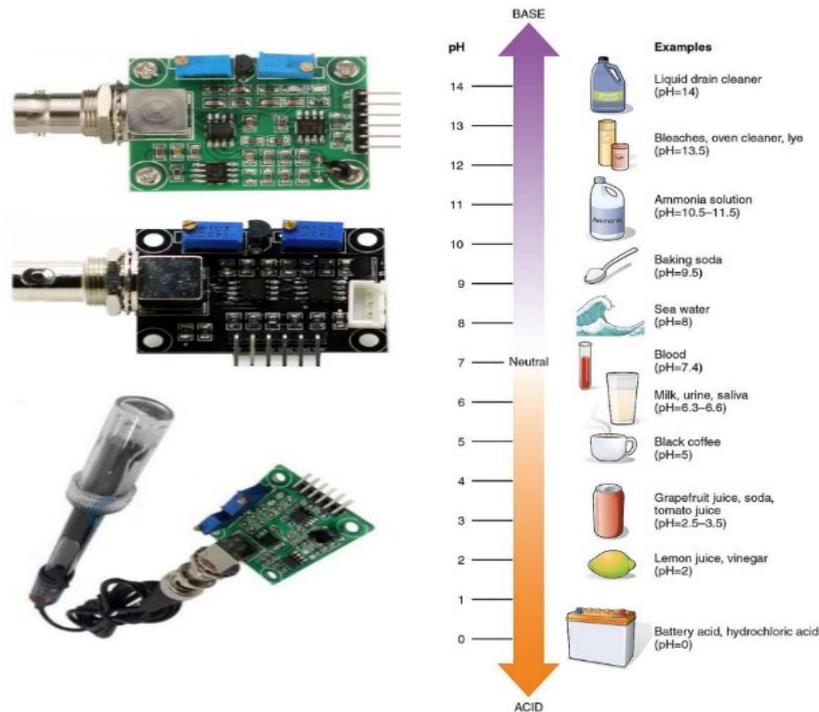
Pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan secara interaktif antara guru, siswa, dan tim pengabdian. Pada tahapan pertama, tim dosen dan mahasiswa memberikan materi dasar mengenai pemanfaatan teknologi IoT selama 1 jam. Hal ini sebagai bentuk pengenalan secara

umum yang ditujukan kepada guru dan siswa. Dalam pemaparan materi ini menjelaskan tentang konsep dasar dan contoh penggunaan perangkat IoT dalam kehidupan sehari-hari.

Pada tahapan kedua, siswa SMAN 1 Banjarbaru melaksanakan kegiatan praktikum pengukuran suhu dan pengukuran pH cairan selama 2 jam. Kegiatan praktikum ini didampingi secara langsung oleh tim dosen dan mahasiswa agar tercapainya tujuan pembelajaran berbasis STEM pada mata pelajaran Fisika dan Biologi. Metode praktik adalah dengan demonstrasi oleh tim dan diikuti secara bertahap oleh siswa dalam kelompok. Dengan memastikan tidak ada kelompok yang tertinggal, maka satu mahasiswa akan mendampingi satu kelompok.

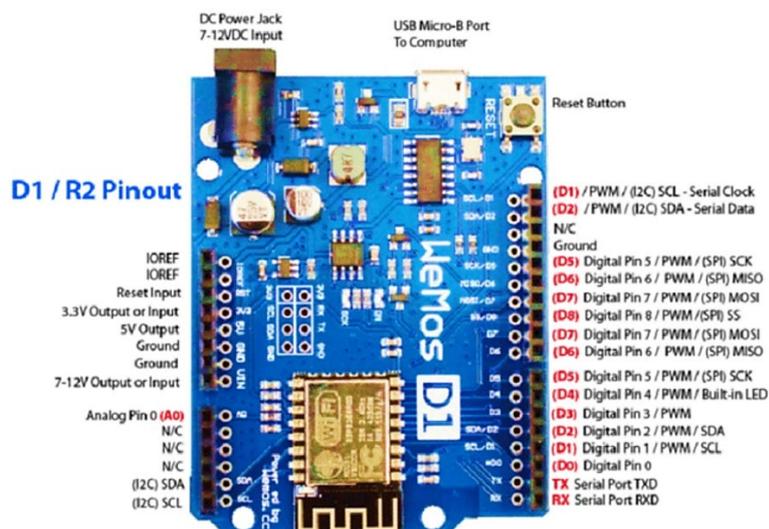
Pada tahapan ketiga, sebagai bentuk dokumentasi atas demonstrasi yang telah dilakukan maka tim pengabdian juga melengkapi kegiatan dengan pembuatan Rancangan Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) dan modul praktikum perangkat IoT untuk pembelajaran berbasis STEM. Hal ini bertujuan untuk memfasilitasi kegiatan praktikum dapat berlangsung sesuai dengan aturan perangkat pembelajaran pada tingkat sekolah menengah. RPP dan modul praktikum juga membantu para guru untuk dapat melaksanakan kegiatan praktikum perangkat IoT ini dengan berkelanjutan. Pada tahap terakhir yaitu pendampingan yang dilakukan oleh tim pengabdian. Pendampingan diberikan untuk memfasilitasi minat siswa terhadap keterbaruan penerapan teknologi IoT, khususnya jika siswa tertarik untuk membuat perangkat IoT dan menerapkannya dalam suatu ajang lomba maupun Karya Tulis Ilmiah (KTI). Hal ini dilakukan untuk memberi dukungan kepada siswa yang mampu berpikir kritis dan menuliskan ide tersebut ke dalam sebuah karya tulis.

Adapun alat dan bahan yang disiapkan untuk kegiatan demonstrasi teknologi dan praktikum IoT untuk pengukuran suhu lingkungan dan pH cairan adalah sebagai berikut: Lolin WeMos D1 R1 (ESP8266); sensor suhu DHT11; sensor termokopel Max6675; LCD i2c 20x4 *blue backlight*; sensor *buzzer* 3.3v; sensor ultrasonik; sensor *motion* PIR; lampu LED 3 warna; *switch*; potensiometer; sensor *Light Dependent Resistor* (LDR); sensor pH kit; kabel *jumper* warna; larutan yang diperlukan (asam/basa); pelat tetes/wadah cairan; pelat logam; dan korek api/macis. Sensor pH yang umumnya terdiri atas sensor *probe* pH elektroda gelas yang memiliki kemampuan untuk dapat menampilkan pH yang diukur. Sifat asam umumnya memiliki pH dengan rentang nilai 0 sampai 6 dan sifat basa memiliki rentang nilai pH antara 8 sampai 14 (Sugeng & Sulardi, 2019). Sensor pH kit yang dapat digunakan dengan Arduino IDE dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sensor pH Kit dan Penggunaannya (McOrts, 2020)

WeMos D1 R1 merupakan platform pengembangan yang dibangun di atas modul mikrokontroler ESP8266. Dengan modul ini, WeMos D1 R1 dapat dengan mudah diintegrasikan ke dalam berbagai proyek yang memerlukan konektivitas jaringan nirkabel. Kapasitas memori internalnya yang mencapai 4 MB memberikan fleksibilitas yang tinggi dalam menjalankan aplikasi dan menyimpan data. Otak dari platform ini adalah *chipset* ESP8266 yang berfungsi sebagai pengendali utama (Anwar & Abdurrohman, 2020). Tampilan dari perangkat WeMos D1 R1 dapat dilihat pada Gambar 2.



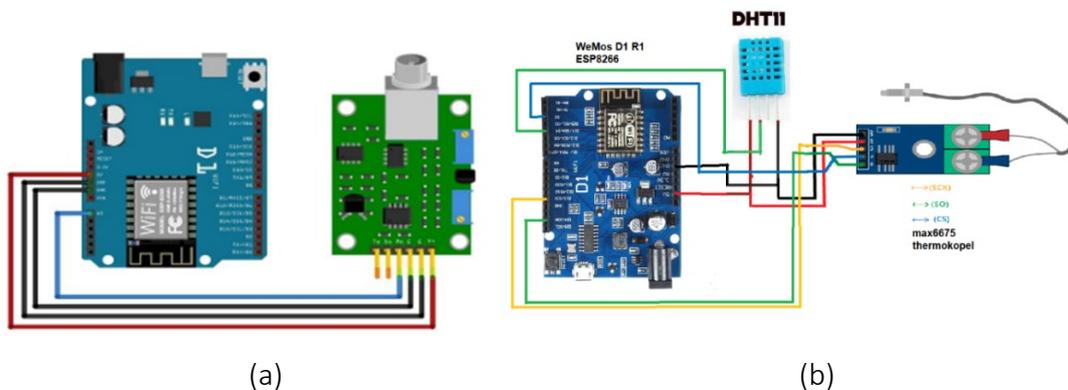
Gambar 2. Perangkat Lolin WeMos D1 R1 (Anwar, 2022)

Terdapat beberapa contoh dari diagram skematis yang dapat digunakan sebagai acuan untuk membuat alat IoT untuk monitoring pH seperti sensor pH, sensor *buzzer*, dan layar LCD 20x4 i2c. Gambar 3a menunjukkan skematis diagram yang menghubungkan antara WeMos D1 dengan LCD i2c, dimana GND dihubungkan ke GND, VCC dihubungkan ke 5v, SCL dihubungkan ke SCL (D15), dan SDA dihubungkan ke SDA (D14) dengan kabel *jumper*. Gambar 3b menunjukkan rangkaian *buzzer* sendiri pin positif terhubung oleh pin D5 pada WeMos D1 R1. Sensor *buzzer* ini ditujukan untuk memberikan bunyi pada *delay* waktu tertentu (Damayanti, 2023).



Gambar 3. Diagram Skematis (a) WeMos D1 dengan LCD, dan (b) WeMos D1 dengan Sensor *Buzzer* (Damayanti, 2023)

Diagram skematis pada Gambar 4a, menghubungkan pin GND sensor ke pin GND pada WeMos. Pin VCC Sensor ke 5v pin GND1 dan pin GND2 WeMos sebagai daya dan *grounding*, kemudian pin P0 data ke pin A0 WeMos (Damayanti, 2023). Gambar 4b menunjukkan diagram skematis untuk sensor DHT11 dan MAX6675. Dimana sensor DHT11 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara yang ada. Sensor MAX6675 merupakan sensor suhu yang dilengkapi dengan modul termokopel. Termokopel adalah jenis sensor suhu yang menggunakan efek termoelektrik untuk mengukur suhu mulai dari -330°F hingga +2460°F.



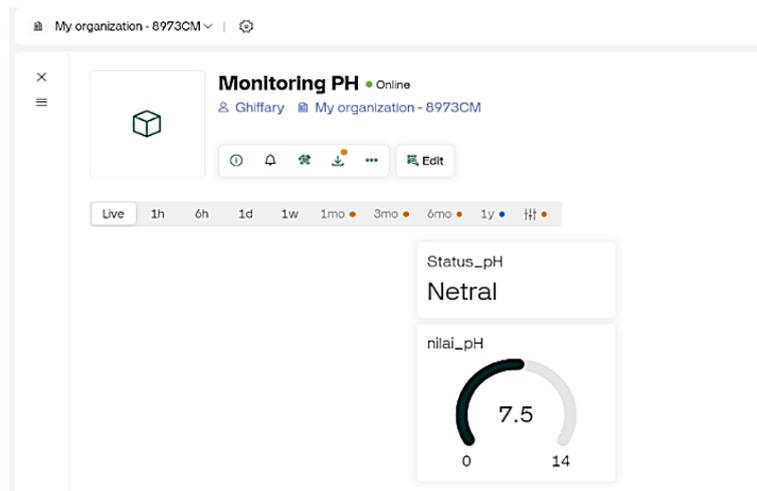
Gambar 4. Diagram Skematis (a) WeMos D1 R1 dengan Sensor pH 4502-C, dan (b) WeMos D1 R1 dengan Sensor DHT11 dan MAX6675 (Damayanti, 2023)

Hasil dan Pembahasan

Mitra kegiatan ini adalah siswa sekolah SMAN 1 Banjarbaru, Kalimantan Selatan. Kegiatan ini diikuti oleh 15 orang siswa yang dipilih oleh guru-guru yang memfasilitasi kegiatan di sekolah. Kegiatan ini dibagi menjadi dua kegiatan yaitu sosialisasi materi pemanfaatan teknologi IoT dan pendampingan praktikum Fisika dan Biologi untuk pengukuran temperatur lingkungan dan pH cairan. Kegiatan ini berlangsung dengan peran aktif dan antusiasme yang tinggi dari siswa.

Siswa yang mengikuti kegiatan ini sudah paham mengenai dasar pengukuran pada mata pelajaran Fisika dan Biologi seperti besaran dan satuan yang digunakan pada satuan pokok Standar Internasional (SI) seperti suhu untuk Kelvin dan alternatif lain adalah Celsius, sehingga lebih mudah untuk dapat diajarkan mengenai sensor-sensor yang digunakan untuk mengukur satuan pokok Fisika tersebut. Selain itu, juga disampaikan materi dasar oleh tim dosen dan mahasiswa mengenai teknologi IoT. Siswa menunjukkan antusiasme yang tinggi saat materi tentang IoT disampaikan. Hal ini disebabkan karena IoT merupakan hal yang baru saja dipelajari namun pada pengalaman siswa sudah banyak ditemui dalam kehidupan sehari-hari.

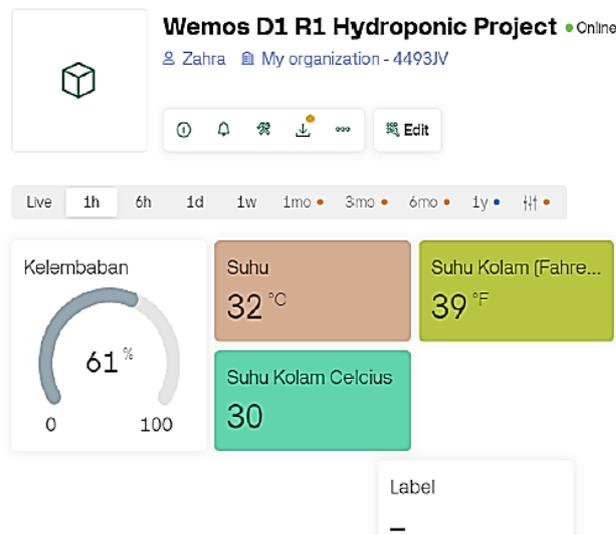
Setelah tahapan sosialisasi selesai dilaksanakan, maka kegiatan berikutnya dilanjutkan dengan praktikum pembuatan alat IoT yang didampingi oleh dosen dan mahasiswa program studi rekayasa elektro. Dalam tahapan praktikum dan pendampingan ini memerlukan waktu sekitar 3 jam untuk menyelesaikan perangkat IoT yang dapat mengukur suhu dan pH cairan. Siswa juga mampu membuat sistem monitoring dan kendali jarak jauh dengan Blynk.



Gambar 5. Monitoring pH Cairan pada *Dashboard Desktop Blynk*

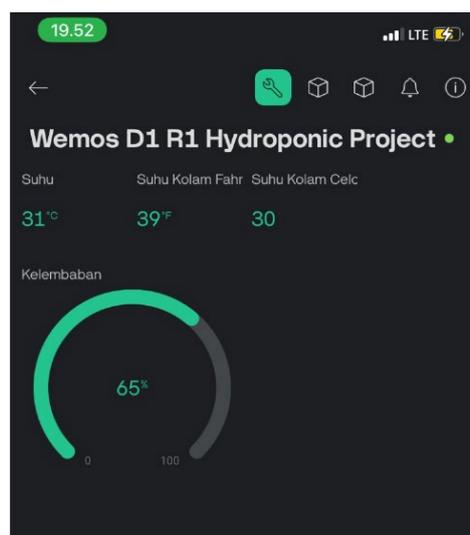
Penggunaan Blynk pada *board* ESP8266 didasari pada kemudahan penggunaan bagi pemula dan *user interface* yang menggunakan konsep *drag and drop* (Syukhron, 2021).

Platform Blynk dapat diakses pada tautan <https://blynk.io/>. Hasil tampilan *dashboard* Blynk dapat dilihat pada Gambar 5, 6, dan 7.



Gambar 6. Tampilan Monitoring Temperatur pada *Dashboard Desktop* Blynk

Pemanfaatan teknologi yang dituangkan dalam bentuk praktikum dapat membuat pembelajaran P5 dalam kurikulum merdeka belajar pada tingkat sekolah menengah menjadi lebih baik dan relevan bagi siswa. Dengan melaksanakan praktikum, siswa mampu memahami teori lebih baik. Praktikum berbasis pembelajaran bidang STEM juga mengajarkan tentang bagaimana perangkat IoT yang dipakai dalam kehidupan sehari-hari. Selain itu, praktikum ini dapat membantu siswa belajar berpikir secara kreatif, mengasah kemampuan pengamatan pada masalah sekitar, berorientasi pada pencarian solusi dan berinovasi.



Gambar 7. Tampilan Monitoring Kelembaban pada *Dashboard Mobile App* Blynk

Ketercapaian kegiatan PkM ini diukur dengan 3 kelompok dengan total 15 siswa mampu mengikuti pembelajaran teori dan mengaplikasikan teori tersebut ke dalam sistem IoT yang dibuat. Siswa mampu memahami hubungan antara konsep pengukuran temperatur dan pH cairan dalam teknologi terkini. Selain itu, siswa mampu melakukan pemantauan melalui sistem Blynk secara *real-time* dan *online*. Pada tahap pendampingan, ide sederhana untuk KTI mengenai pemantauan temperatur untuk pencegahan perluasan kebakaran lahan gambut, pemantauan temperatur dan pH cairan pada kolam tambak ikan dengan menggunakan IoT sudah muncul dari siswa pada saat kegiatan sosialisasi selesai dilaksanakan. Pihak sekolah dapat memfasilitasi ide kreatif dari siswa dengan melakukan kolaborasi lanjutan untuk kegiatan KTI pada tingkat SMA lokal atau provinsi.

Adapun respons yang didapat dari para siswa yaitu sangat terbantu dalam memahami pembelajaran STEM dan menghubungkannya dalam pemanfaatan teknologi terkini. Terutama pada aspek pembelajaran Fisika dan Biologi terkait dengan pengukuran temperatur dan pH cairan. Harapan dari para peserta yaitu pembelajaran teori dapat diiringi dengan praktik langsung sehingga ilmu tentang STEM dapat dipahami dengan menyeluruh.

Kesimpulan

Salah satu cara untuk menciptakan sumber daya manusia yang unggul adalah melalui pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK). Pemerintah berupaya meningkatkan mutu sumber daya manusia melalui berbagai program pendidikan. Salah satu program yang dirancang oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia dalam Kurikulum Merdeka adalah kurikulum P5, yang bertujuan mendorong tercapainya Profil Pelajar Pancasila. Salah satu penerapan kurikulum P5 dengan mengaplikasikan bidang STEM. Pembelajaran berbasis STEM dapat membantu siswa belajar keterampilan yang kompleks seperti kerja sama, komunikasi, dan pemecahan.

Pendidikan berbasis STEM juga mengajarkan pemahaman tentang cara-cara teknologi baru dapat diciptakan, bagaimana mereka dapat digunakan, dan bagaimana teknologi dapat membantu memudahkan kerja manusia. IoT adalah teknologi perangkat untuk mengirimkan data antara sensor atau perangkat yang berkomunikasi di cloud. Adapun respon dari para siswa mengungkapkan bahwa pembelajaran mengenai pemanfaatan IoT pada STEM sangat membantu memahami konsep dan teori dasar serta relevansinya dengan teknologi modern khususnya pada bidang Fisika dan Biologi terkait pengukuran temperatur dan pH cairan. Para

peserta berharap pembelajaran teori dapat disertai dengan kegiatan praktikum yang lebih intensif agar pemahaman terhadap ilmu STEM menjadi lebih menyenangkan dan aplikatif.

Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Lambung Mangkurat yang telah memfasilitasi kegiatan pengabdian kepada masyarakat tahun 2024 dengan nomor kontrak 1091.39/UN8.2/AM/2024. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada kepala sekolah dan guru-guru yang memfasilitasi kegiatan pengabdian masyarakat ini di SMAN 1 Banjarbaru, Kalimantan Selatan.

Daftar Pustaka

- Acar, D., Tertemiz, N., & Taşdemir, A. (2018). The Effects of STEM Training on the Academic Achievement of 4th Graders in Science and Mathematics and their Views on STEM Training Teachers. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 10(4), 505–513.
- Afriliana, I., Budihartono, E., & Sabanise, Y. F. (2018). Pengenalan Internet of Things (IoT) untuk Peningkatan Softskill Pada Siswa SMAN 5 Tegal. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Progresif Humanis Brainstorming*, 1(2), 92–97.
- Alfina, I. A. D. & Hasanah, F. N. (2024). Analisis Implementasi Kurikulum Merdeka dalam Proses Pembelajaran Kegiatan P5 Berbasis Teknologi Informasi dan Komunikasi di SMK Negeri 2 Buduran. *Physical Sciences, Life Science and Engineering*, 1(2), 14.
- Anwar, M. A. S. (2022). Perancangan Alat Sortir Warna dengan Notifikasi Telegram Menggunakan Wemos dan TCS3200. *Jurnal Teknik Komputer*, 8(2), 115-122.
- Anwar, S. & Abdurrohman, A. (2020). Pemanfaatan Teknologi Internet of Things untuk Monitoring Tambak Udang Vaname Berbasis Smartphone Android Menggunakan Nodemcu Wemos D1 Mini. *Infotronik: Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika*, 5(2), 77–83.
- Budihartono, E., Maulana, A., Rakhman, A., & Basit, A. (2022). Peningkatan Pemahaman Siswa Tentang Teknologi lot Melalui Workshop Teknologi IoT. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 6(3), 1595–1602.
- Damayanti, U. R. (2023). *Rancang Bangun Alat Pemberi Pakan Ikan Otomatis dan Sistem Monitoring Suhu Air pada Akuarium Berbasis Internet Of Things* (Skripsi). Universitas

- Muhammadiyah Surakarta Repository. Diakses dari: <https://eprints.ums.ac.id/108082/1/Naskah%20Publikasi.pdf>
- Fauzi, A., Maulana, A., Firmansyah, P., & Heristian, S. (2019). Pelatihan Perancangan Alat Berbasis Arduino Uno. *Jurnal AbdiMas Nusa Mandiri*, 1(1), 1–6.
- Gokhale, P., Bhat, O., & Bhat, S. (2018). Introduction to IOT. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology (IARJSET)*, 5(1), 41–44.
- Hadi, F. R. (2021). Efektifitas Model Pbl Terintegrasi STEM Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa Kelas V SD. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 5(3), 6644–6649.
- Hadi, F. R., Anggrasari, L. A., & Maruti, E. S. (2023). Pelatihan Guru SD Dalam Pembelajaran STEM Menggunakan IoT Berbasis Canva. *Jurnal SOLMA*, 12(2), 803–808.
- Kurniawan, I. (2022). Implementasi Internet of Things (IoT) dalam Pembelajaran di Unisnu Jepara. *Jurnal Portal Data*, 2(4), 1–9.
- McOrts. (2020). *GitHub - McOrts/M5StickC_PH_sensor: pH (Power of Hydrogen) Sensor for Water Based Solution with ph-4502c and ESP32 Microprocessor*. GitHub. Diakses dari: https://github.com/McOrts/M5StickC_PH_sensor.
- Muktamar, A., Yusri, H., Amalia, B. R., Esse, I., & Ramadhani, S. (2024). Transformasi Pendidikan: Menyelami Penerapan Proyek P5 Untuk Membentuk Karakter Siswa. *Journal of International Multidisciplinary Research*, 2(2), 1–8.
- Nugraha, S. N., Herliawan, I., Rahmawati, A., Ambarsari, D. A., & Fikri, M. (2023). Pelatihan Pemeliharaan Website Sistem Informasi Rukun Warga. *Indonesian Journal for Social Responsibility (IJSR)*, 5(2), 65–75.
- Park, W., Wu, J. Y., & Erduran, S. (2020). The Nature of STEM Disciplines in the Science Education Standards Documents from the USA, Korea and Taiwan. *Science & Education*, 29(4), 899–927.
- Rachmadi, T. & Kom, S. (2020). *Mengenal Apa Itu Internet of Things (Vol. 1)*. Tiga Ebook.
- Sartini, Saryoko, A., Sari, R., Nugraha, S. N., & Kurniawan, M. D. (2022). Pelatihan Komputer untuk Meningkatkan Keterampilan Bidang Administrasi Pengurus Unit Kerja Karang Taruna (UKKT) RW 06 Mampang, Jakarta Selatan. *Indonesian Journal for Social Responsibility (IJSR)*, 4(2), 131–141.
- Sugeng, B. & Sulardi, S. (2019). Uji Keasaman Air dengan Alat Sensor pH di STT Migas Balikpapan. *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 2(1), 65–72.

Syukhron, I. (2021). Penggunaan Aplikasi Blynk untuk Sistem Monitoring dan Kontrol Jarak Jauh pada Sistem Kompos Pintar berbasis IoT. *Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 15(1), 1–11.

Wilianto, W. & Kurniawan, A. (2018). Sejarah, cara kerja dan manfaat internet of things. *Matrix: Jurnal Manajemen Teknologi dan Informatika*, 8(2), 36–41.