

PELATIHAN SISTEM PEMANTAUAN ENERGI CERDAS BERBASIS TEKNOLOGI IoT DI SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN

Estananto^{1*}, Khilda Afifah², Meldi Rendra³, Suksmandhira Harimurti³

^{1,2,4}Program Studi Teknik Elektro, Telkom University Bandung, Indonesia

³Program Studi Teknik Industri, Telkom University Bandung, Indonesia

estanato@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Abstrak: Dalam rangka menjamin ketersediaan energi dan menjaga kelestarian lingkungan, penerapan energi bersih dan berkelanjutan (sustainable) adalah isu yang sangat penting. Manajemen penggunaan energi yang efisien harus diperkenalkan kepada generasi muda sedini mungkin. Tujuan kegiatan ini adalah untuk meningkatkan pemahaman siswa mengenai teknologi pemantauan energi pintar dan kesadaran mereka tentang efisiensi energi. Metode kegiatan yang digunakan adalah penjelasan teori dan praktik perakitan sistem berdasarkan teknologi IoT. Peserta kegiatan ini adalah siswa menengah kejuruan Program Keahlian Teknik Instalasi Tenaga Listrik. Karenanya, materi pelatihan ini sangat lah penting untuk mendukung bidang keahlian mereka dalam dunia kerja nantinya. Sistem evaluasi yang digunakan adalah survei dengan 11 pertanyaan dalam bentuk angket yang diisi oleh para peserta di akhir sesi pelatihan. Berdasarkan hasil evaluasi, sekitar 89% peserta menyatakan "setuju" atau "sangat setuju" bahwa mereka senang dan berminat untuk mempelajari lebih lanjut tentang teknologi sistem pemantauan energi cerdas berdasarkan IoT. Dengan pelatihan ini, diharapkan tingkat kesadaran siswa menengah kejuruan mengenai efisiensi energi menggunakan sistem pemantauan energi pintar dapat meningkat sehingga mereka lebih siap menghadapi Revolusi Industri 4.0 pada dunia kerja nantinya.

Kata Kunci: *Internet of Things ; Smart Home; Energi Berkelanjutan.*

Abstract: *To ensure energy availability and maintain environmental sustainability, the implementation of clean and sustainable energy is a crucial issue. Efficient energy management must be introduced and educated to the younger generation at the earliest possible period. The objective of this activity is to enhance students' understanding of smart energy monitoring technology and their awareness of energy efficiency. The methods used in this activity are theoretical explanations and practical sessions on assembling IoT systems. The participants of this activity were students from the Electrical Power Installation Vocational Program. The evaluation system employed was a survey with 11 questions, which participants completed at the end of the training. Based on the evaluation results, approximately 89% of participants stated that they "agreed" or "strongly agreed" that they were pleased and interested in learning more about Smart Energy Monitoring System based on IoT technology. It is hoped that this training will increase the awareness of the students regarding energy efficiency using smart energy monitoring systems, thus better preparing them to face the Industrial Revolution 4.0.*

Keywords: *Internet of Things ; Smart Home; Sustainable Energy.*



Article History:

Received: 04-07-2025

Revised : 04-08-2025

Accepted: 06-08-2025

Online : 15-08-2025



*This is an open access article under the
CC-BY-SA license*

A. LATAR BELAKANG

Penerapan teknologi dan sistem yang berfokus pada energi berkelanjutan merupakan langkah krusial untuk menghindari kelangkaan energi serta melestarikan lingkungan di masa depan. Di sisi lain, dengan perkembangan teknologi elektronika, otomotif, dan informasi yang semakin cepat saat ini, terdapat peningkatan jumlah perangkat elektronika yang digunakan di tingkat rumah tangga (Avordeh et al., 2022; Widyanindito & Hanuranto, 2021). Peningkatan kebutuhan dan penggunaan daya listrik di rumah tangga terjadi sebagai akibat dari hal ini. Oleh karena itu, penghematan energi di rumah tangga menjadi salah satu fokus utama dalam menghadapi tantangan global untuk meningkatkan efisiensi energi demi mencapai pengelolaan energi yang berkelanjutan (Jiang et al., 2021). Melalui penghematan penggunaan energi listrik di rumah tangga, dampak positif terhadap penghematan biaya pembayaran listrik dapat dirasakan secara langsung.

Dalam dekade ini, telah muncul era Revolusi Industri 4.0 yang ditandai oleh interkoneksi perangkat elektronik melalui jaringan internet. Teknologi ini sering dikenal sebagai *Internet of Things* (IoT) (Setianingtias et al., 2019). Teknologi *Internet of Things* (IoT) yang diterapkan pada rumah tangga dikenal dengan istilah "rumah pintar". Teknologi ini sangat penting karena mampu meningkatkan efisiensi dan kenyamanan rumah tangga dengan otomatisasi. Dengan teknologi ini, siswa di sekolah menengah termasuk vokasi harus mengenal dan memahami proses yang digunakan oleh *Internet of Things* (IoT) untuk mengontrol perangkat rumah seperti AC, lampu, dan keamanan melalui ponsel mereka. Smart home juga menawarkan peluang kerja dan pengembangan keterampilan teknologi, menunjukkan kemajuan yang relevan dengan kebutuhan industri saat ini. Selain itu, memahami teknologi ini melatih siswa untuk menghadapi dunia kerja yang semakin berbasis teknologi.

Di Indonesia, sekolah vokasi, khususnya sekolah menengah kejuruan (SMK), memiliki tujuan utama untuk menyiapkan lulusan yang terampil dan produktif sesuai dengan kebutuhan industri (Santika et al., 2023). Untuk mencapai tujuan ini, diperlukan kerja sama antara sekolah vokasi dan pemangku kepentingan lain, seperti industri (Hartanto et al., 2019). Program *Teaching Factory*, di mana sekolah vokasi bekerja sama dengan industri untuk memberikan siswa pengalaman kerja praktis, adalah salah satu upaya yang dilakukan (Sudiyono, 2019). Selain itu, sekolah vokasi memerlukan kepemimpinan dari kepala sekolah yang mampu mengikuti perkembangan industri dan menyesuaikan kurikulum dan kompetensi yang diajarkan dengan cepat (Ghufron, 2018).

Sekolah vokasi harus memberikan kebebasan kepada guru dan kepala sekolah untuk membuat, menerapkan, dan mengembangkan kurikulum yang sesuai dengan kebutuhan dan potensi siswa dalam konsep Merdeka Belajar (Sabaruddin et al., 2024). Ini dapat dicapai melalui peningkatan

kemampuan guru dalam bidang teknis dan non-teknis. Tujuannya adalah untuk menghasilkan lulusan yang kompeten dan siap bekerja di industri.

Sekolah vokasi juga harus memperhatikan soft skills siswa, seperti kerja tim, adaptasi budaya, kemampuan bahasa, dan komunikasi, agar mereka dapat bersaing di dunia kerja (Riadi & Zelmiyanti, 2023). Ini dapat dicapai melalui program mobilitas internasional, yang menawarkan pengalaman belajar dan bekerja di seluruh dunia. Keterlibatan siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) dalam teknologi *Internet of Things* (IoT) dan Kecerdasan Buatan (AI) menjadi semakin penting di era digital saat ini. Banyak siswa SMK belum memiliki pengalaman yang memadai dengan teknologi ini, yang mengakibatkan kebutuhan mendesak untuk pelatihan intensif yang dapat mendukung pemahaman dan penerapan IoT dan AI dalam konteks pendidikan serta industri.

Salah satu manfaat utama integrasi IoT dan AI dalam pendidikan adalah penciptaan lingkungan belajar yang dapat disesuaikan. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan alat-alat yang didukung AI dan IoT dapat menciptakan Pengalaman Belajar Pribadi (PLE) yang memberikan umpan balik waktu nyata kepada siswa, sehingga membantu mereka menyesuaikan pembelajaran sesuai dengan kebutuhan dan preferensi mereka (Kamruzzaman et al., 2023). Ini sangat krusial dalam pendidikan vokasional, di mana metode pengajaran harus fleksibel dan responsif terhadap latar belakang serta kemampuan siswa (Feng & Liang, 2024). Seiring dengan itu, perlu adanya pendekatan pelatihan yang memberikan pemahaman mendalam tentang bagaimana merancang dan menerapkan aplikasi IoT berorientasi Pendidikan (Mavroudi et al., 2018). Sekolah vokasi di Indonesia dapat memenuhi kebutuhan industri dengan bekerja sama dengan pemangku kepentingan, membuat kurikulum yang sesuai dengan Merdeka Belajar, meningkatkan kemampuan guru, dan membangun soft skills siswa. Diharapkan upaya ini akan menghasilkan lulusan yang siap bekerja dan bersaing di dunia kerja.

Internet of Things (IoT) dalam kaitan ini dapat diimplementasikan oleh sekolah vokasi melalui lima cara. Pertama, memasukkan teknologi IoT dan *smart home* ke dalam kursus dan program pelatihan vokasi. Ini dapat mencakup instruksi tentang teknologi seperti *ZigBee*, *Modbus/TCP*, dan sistem kontrol cerdas untuk sistem *Heating, Ventilation, and Air Conditioning* (Mainuddin et al., 2021; Ruano et al., 2018; Zohourian et al., 2023). Kedua, berkolaborasi dengan industri *smart home* untuk memberikan pelatihan praktis kepada siswa. Kolaborasi ini dapat mencakup proyek bersama, magang, dan pengembangan kurikulum yang memenuhi kebutuhan industri. (Gong et al., 2023). Ketiga, memberikan fasilitas dan laboratorium yang dilengkapi dengan perangkat IoT dan sistem rumah pintar sehingga siswa dapat melakukan pembelajaran langsung. Keempat, meningkatkan kemampuan dan keterampilan guru dalam bidang IoT dan *smart home* melalui pelatihan dan pengembangan profesional (Zhang, 2023).

Kelima, saat membuat program pelatihan, perhatikan aspek yang memengaruhi adopsi teknologi smart home, seperti kompatibilitas, persepsi kegunaan, dan risiko yang dirasakan. Keenam, menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan *smart home* untuk meningkatkan kualitas dan efektivitas proses pembelajaran di institusi vokasi. Sekolah vokasi dapat memainkan peran penting dalam meningkatkan kemampuan siswa dalam IoT dan *smart home*. Ini akan memungkinkan mereka untuk memenuhi kebutuhan industri dan pasar kerja yang semakin berkembang di era digital saat ini.

Sekolah menengah kejuruan Program Keahlian Teknik Instalasi Tenaga Listrik yang menjadi obyek pelatihan ini memiliki konten pembelajaran yang menitikberatkan pada konfigurasi pemasangan barang-barang elektronik berdaya tinggi yang terkait dengan mesin-mesin industri. Karenanya, lulusan sekolah menengah kejuruan ini dapat siap bekerja sebagai teknisi elektrik di pabrik-pabrik. Akan tetapi, materi mengenai teknologi IoT dan sistem mikrokontroler belum tercakup ke dalam muatan kurikulum saat ini. Karenanya, pelatihan ini diadakan di sekolah ini agar dapat memperkenalkan teknologi IoT kepada para siswa yang nantinya kemungkinan besar akan bekerja di industri dengan bidang pekerjaan yang terkait erat dengan kelistrikan. Dalam rangka penerapan Revolusi Industri 4.0 dan efisiensi sistem operasi pada pabrik, maka penerapan teknologi yang berbasis IoT adalah mutlak. Lebih detail mengenai pelaksanaan kegiatan pelatihan akan dibahas pada sub-bab berikutnya.

B. METODE PELAKSANAAN

Pada pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat ini dilaksanakan di sekolah menengah kejuruan yang melibatkan siswa program keahlian teknik instalasi tenaga listrik sebanyak 24 orang dengan karakteristik siswa sebagai berikut:

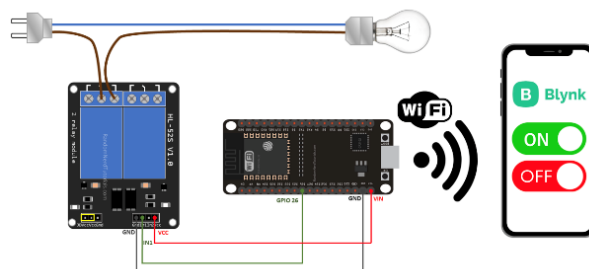
1. Siswa berusia pada rentang umur 15 – 16 tahun sebagian besar merupakan generasi Z yang akrab dengan teknologi digital namun belum memiliki pengalaman praktik langsung dalam sistem mikrokontroler dan IoT.
2. Telah memiliki pengetahuan dasar komputer dan jaringan, tetapi belum mengenal konsep integrasi hardware dan software untuk sistem kendali otomatis.
3. Memiliki antusiasme tinggi terhadap teknologi dan praktik langsung, dengan gaya belajar visual dan praktik yang lebih dominan.
4. Kegiatan ini juga menjadi bagian dari penguatan kompetensi awal siswa dalam bidang otomasi berbasis *Internet of Things* sebagai bekal pembelajaran di kelas-kelas lanjutan.

Atas dasar karakteristik siswa diatas maka dilakukan dua pendekatan kegiatan yaitu sebagai berikut:

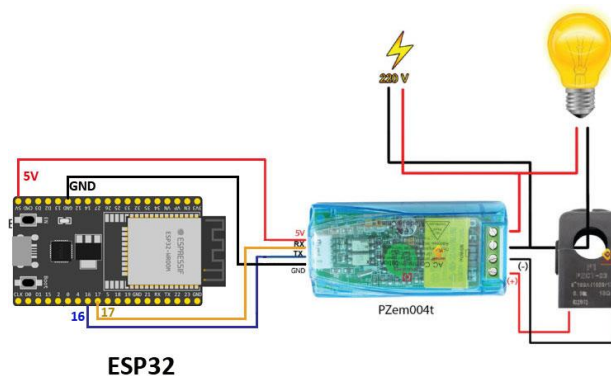
1. Pendekatan Teori

Pendekatan ini bertujuan untuk siswa agar siswa memahami dasar teori dari sistem IoT yang akan dipraktekkan. Teori yang dibahas mencakup prinsip dasar tektology IoT, prinsip dasar sistem *smart home*, bagaimana mendesain sistem IoT, bagaimana memilih metode komunikasi data, dan bagaimana mengintegrasikan sistem dengan aplikasi *smart home* untuk mengontrol dan memonitoring sistem IoT.

Fokus pelatihan adalah untuk membuat sistem smart home yang dapat dikontrol melalui aplikasi di ponsel pintar. Konsep smart home ini digambarkan pada Gambar 1. Perangkat pengontrol utama yang dibutuhkan untuk pelatihan ini adalah mikrokontroler ESP32, yang memiliki modul komunikasi Bluetooth dan WiFi. Sebuah relay yang terkoneksi dipasang untuk memberikan kemampuan untuk menyalakan dan mematikan lampu. Pada teori selanjutnya yang diberikan yaitu teori untuk melihat pengontrolan daya yang terdiri dari komponen ESP32, lampu, steker dan juga sensor PZEM-004T V3.0 yang memiliki rangkaian integrasi yang terlihat pada Gambar 2. Adapun fungsi dari sensor PZEM yaitu sensor yang berfungsi untuk pengukuran parameter kelistrikan seperti tegangann, arus, daya, energi, factor daya dan juga frekuensi.

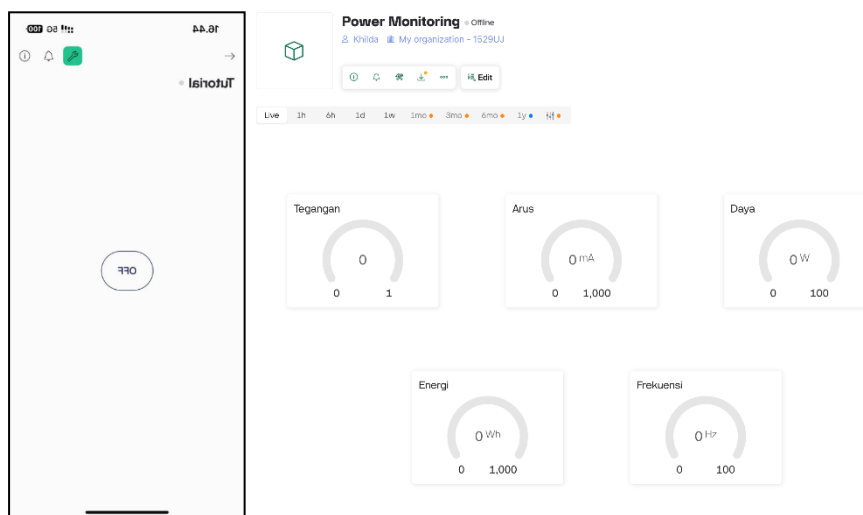


Gambar 1. Ilustrasi interkoneksi komponen yang digunakan sebagai bahan ajar sistem smart home untuk menyalakan dan mematikan lampu secara otomatis



Gambar 2. Ilustrasi interkoneksi komponen yang digunakan sebagai bahan ajar sistem monitoring daya untuk mengukur arus dan tegangan yang dikonsumsi oleh lampu

Untuk membuat program ESP32 pada sistem smart home berbasis Wi-Fi menggunakan aplikasi Blynk, peserta terlebih dahulu menginstal Arduino IDE, menambahkan board ESP32 melalui Board Manager, serta menginstal pustaka Blynk melalui Library Manager. Aplikasi Blynk IoT dikonfigurasi terlebih dahulu melalui versi desktop (web dashboard) untuk membuat proyek, memilih jenis perangkat (ESP32), serta menentukan koneksi Wi-Fi, widget kontrol, dan pin virtual. Setelah konfigurasi selesai, Auth Token yang dikirimkan melalui email dimasukkan ke dalam kode program di Arduino IDE. Setelah program diunggah ke ESP32, sistem dapat dikontrol dan dimonitor melalui aplikasi Blynk di desktop maupun di smartphone, sehingga pengguna dapat mengakses sistem smart home secara real-time dari berbagai perangkat. Adapun contoh hasil aplikasi Blynk pada desktop dan smartphone dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perancangan aplikasi pada pelatihan

2. Pendekatan Praktik

Siswa melakukan praktek langsung merakit sistem IoT berbasis ESP32 untuk mengontrol lampu dan memantau konsumsi daya. Praktik ini dilengkapi dengan gambar ilustratif untuk menghubungkan pemahaman antara teori dan penerapannya. Adapun tahapan kegiatan yang dilaksanakan pada kegiatan ini yaitu sebagai berikut:

a. Pra-kegiatan

Pada tahap awal, dilakukan koordinasi dengan pihak sekolah dan guru pendamping untuk memastikan kesiapan tempat, waktu, serta peserta yang akan mengikuti kegiatan. Selanjutnya, tim pelaksana menyiapkan seluruh kebutuhan pelatihan, termasuk modul teori serta alat dan bahan praktik seperti mikrokontroler ESP32, relay, lampu, PZEM-004T, dan perlengkapan pendukung lainnya. Sebagai langkah awal untuk mengukur tingkat pengetahuan siswa, dilakukan pula pra-survei guna mengetahui pemahaman dasar peserta mengenai konsep *Internet of Things* (IoT).

b. Pelaksanaan

Kegiatan pelatihan dilaksanakan selama tiga hari dengan metode gabungan antara teori dan praktik. Pada hari pertama, dilakukan penyampaian materi teori mengenai sistem IoT dan smart home disertai diskusi interaktif agar siswa memahami dasar konsep yang akan diterapkan. Hari kedua difokuskan pada praktik merakit sistem smart home, di mana peserta belajar mengendalikan lampu rumah melalui koneksi Wi-Fi menggunakan aplikasi Blynk. Pada hari ketiga, siswa melakukan praktik pemantauan daya listrik menggunakan sensor PZEM-004T, yang kemudian diintegrasikan dengan sistem kendali untuk memperluas fungsi sistem IoT. Gambar 1 dan Gambar 2 mendukung pemahaman dengan memperlihatkan ilustrasi rangkaian sistem smart home dan sistem monitoring daya.

c. Evaluasi

Evaluasi keberhasilan pelatihan dilakukan melalui beberapa metode. Pertama, siswa mengikuti kuis akhir untuk mengukur pemahaman mereka terhadap materi teori yang telah disampaikan. Kedua, dilakukan observasi langsung oleh tim pelaksana terhadap proses perakitan dan pengoperasian sistem untuk menilai keberhasilan praktik. Ketiga, siswa mengisi kuesioner kepuasan untuk memberikan umpan balik terhadap metode pembelajaran, efektivitas pelatihan, serta tingkat keterlibatan mereka selama kegiatan berlangsung.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pelatihan ini dilaksanakan dengan tujuan memberdayakan siswa agar lebih akrab dengan teknologi IoT, khususnya perakitan sistem *smart home*. Kegiatan ini dirancang dengan struktur yang jelas, dibagi menjadi tiga tahap utama: Tahap Persiapan, Tahap Pelaksanaan, dan Tahap Evaluasi.

1. Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan, tim melakukan serangkaian kegiatan perencanaan dan penyusunan materi pelatihan. Tim terdiri dari tim pemateri dan tim fasilitator. Materi disusun untuk mencakup teori dan praktik sistem *smart home*. Tim juga membagi peran untuk memastikan kelancaran acara.

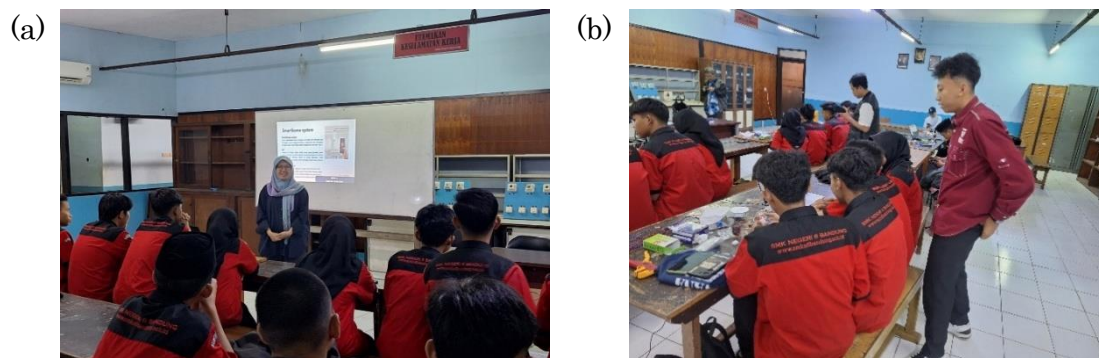
2. Tahap Pelaksanaan

Peserta terdiri dari siswa tingkat menengah kejuruan Program Keahlian Teknik Ketenagalistrikan. Metode penyampaian materi mencakup penjelasan teori yang disampaikan oleh salah satu dosen, diikuti dengan praktik perakitan sistem *smart home*. Selama praktik, tim fasilitator, yang terdiri dari dosen dan mahasiswa, membantu para siswa dalam merakit sistem IoT dan memberikan bantuan teknis seperti *troubleshooting*. Seluruh

kelompok berhasil merakit sistem *smart home* dan mengendalikannya melalui aplikasi di ponsel pintar.

3. Tahap Evaluasi

Evaluasi dilakukan di akhir pelatihan untuk mengukur apakah kegiatan memberikan dampak yang diharapkan. Metode pengumpulan data menggunakan survei dengan angket yang terdiri dari 11 pertanyaan, dengan pilihan jawaban "sangat setuju," "setuju," "tidak setuju," dan "sangat tidak setuju". Berdasarkan hasil analisis, sekitar 89% peserta menyatakan "setuju" atau "sangat setuju" terhadap minat mereka pada teknologi *smart home* IoT. Peserta juga tidak mengalami kesulitan yang signifikan dalam mengikuti instruksi, dengan 100% responden menjawab "tidak setuju" untuk pertanyaan mengenai kesulitan. Selain itu, 100% siswa menjawab "sangat setuju" untuk pertanyaan yang berkaitan dengan kesesuaian program dan keramahan tim. Refleksi dari hasil ini menunjukkan bahwa kegiatan pengabdian masyarakat telah berjalan dengan baik dan berhasil memberikan manfaat bagi para peserta, seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses pelaksanaan kegiatan pelatihan yang meliputi: (a) pemaparan teori pemantauan energi cerdas oleh tim pemateri dan (b) aktivitas praktik yang dilakukan oleh para peserta pelatihan.

Gambar 4 memperlihatkan proses kegiatan pelatihan yang sedang berlangsung, yaitu proses penyampaian materi (Gambar 4a) dan praktik lapangan (Gambar 4b). Pada proses penyampaian materi, tim pemateri memaparkan teori dasar mengenai sistem pemantauan energi cerdas dan panduan melakukan konfigurasi sistem tahap demi tahap. Secara spesifik, pada pelaksanaan pemaparan panduan konfigurasi sistem, pemaparan dan praktik dilakukan secara bergantian atau diselingi antara satu dengan yang lainnya. Hal ini dikarenakan para peserta pelatihan sama sekali belum memiliki pengetahuan dasar mengenai sistem IoT atau pun mikrokontroler. Selain itu, untuk memastikan para peserta dapat mengikuti, merangkai, dan mengimplementasikan sistem dengan benar, tim fasilitator berkeliling mengecek keberhasilan praktik yang dilakukan oleh setiap kelompok.

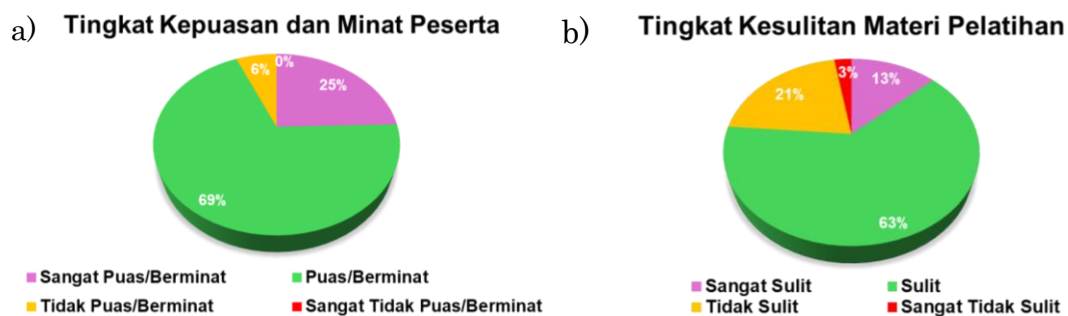
Dengan pemantauan dan bimbingan yang aktif dari tim fasilitator, seluruh kelompok berhasil mencapai tujuan pelatihan yang diharapkan, yaitu dapat merangkai sistem pemantauan energi cerdas dan berhasil pula mengendalikan lampu untuk dapat menyala/mati melalui aplikasi yang dibuat pada ponsel pintar. Agar mengetahui apakah pelatihan memberikan dampak yang diharapkan, di akhir pelatihan dilakukan survey tentang pelaksanaan pelatihan. Selurunya ada 11 (sebelas) buah pertanyaan kepada peserta dengan jawaban sederhana yang dapat dipilih, yaitu sangat setuju, setuju, tidak setuju, dan sangat tidak setuju. Pertanyaan-pertanyaan dan hasil survey yang telah dilakukan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil survey peserta pelatihan terhadap pelaksanaan pelatihan

No	Pertanyaan	Sangat Setuju	Setuju	Tidak Setuju	Sangat Tidak Setuju
1	Apakah Anda merasa senang dalam IoT Smarthome dan pemantauan daya ini?	9	10	0	0
2	Apakah Anda memiliki minat untuk mempelajari Internet of Thing lebih lanjut?	2	15	2	0
3	Apakah Anda berminat untuk mengaplikasikan IoT di rumah Anda?	2	16	1	0
4	Apakah harga IoT smarthome ini terjangkau untuk Anda jika harganya 100.000 untuk lampu dan 200.000 ditambah dengan modul sensor?	2	12	5	0
5	Apakah Anda kesulitan dalam merakit IoT smarthome ini?	3	10	5	1
6	Apakah Anda kesulitan dalam memprogram IoT Smarthome?	2	14	3	0
7	Program pengabdian masyarakat ini sudah sesuai dengan tujuan kegiatan itu sendiri	3	15	1	0
8	Program Pengabdian Masyarakat ini sudah sesuai dengan kebutuhan masyarakat sasarnya.	4	13	2	0
9	Waktu pelaksanaan program pengabdian masyarakat ini relatif telah mencukupi sesuai kebutuhan.	2	17	0	0
10	Dosen dan mahasiswa Universitas Telkom bersikap ramah, cepat dan tanggap membantu selama kegiatan.	14	5	0	0
11	Masyarakat setempat menerima dan mengharapkan program pengabdian masyarakat Universitas Telkom saat ini dan pada masa yang akan datang.	4	15	0	0

Hasil survei menunjukkan bahwa siswa sangat tertarik untuk belajar tentang teknologi pemantauan energi cerdas meskipun mereka baru mempelajarinya. Materi ini tentu akan menunjang materi yang mereka dapatkan di kelas. Hasil ini diperoleh dari hasil pertanyaan nomor 1 hingga 3, yang memiliki hasil umpan balik “setuju” atau “sangat setuju” dengan persentase rata-rata sekitar 72%. Namun, peserta mengakui mengalami kesulitan dalam mengikuti instruksi. Hal ini ditunjukkan oleh pertanyaan nomor 5 dan 6 yang menghasilkan jawaban “setuju” yang dominan dengan nilai persentase nilai rata-rata sebesar 63%.

Lebih detailnya, hasil survey dari Tabel 1 tersebut dapat diringkas lebih lanjut menjadi 2 kategori utama, yaitu hasil survey mengenai rata-rata tingkat kepuasan dan minat peserta terhadap materi ajar pemantauan energi cerdas (pertanyaan no. 1-5 dan 8-12) dan rata-rata tingkat kesulitan peserta dalam memahami atau merakit sistem yang berbasis teknologi IoT (pertanyaan no. 6 dan 7). Ringkasan hasil survey tersebut dapat terlihat pada Gambar 6. Dari ringkasan ini, terlihat bahwa secara umum dari total 19 responden dan 9 pertanyaan yang diberikan, terdapat sebaran statistik sebesar 69% yang merasa puas dalam dan berminat untuk mempelajari sistem pemantauan energi cerdas, seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Ringkasan hasil survey peserta pelatihan yang meliputi: a) rata-rata tingkat kepuasan dan minat peserta pelatihan terhadap materi pelatihan dan b) rata-rata tingkat kesulitan peserta pelatihan dalam memahami dan melakukan praktik.

Bahkan 25% yang lainnya, merasa sangat puas dan berminat terhadap materi pelatihan. Sedangkan yang merasa tidak puas/berminat, hanya sedikit saja, yaitu sebesar 6%. Hal ini berarti konten materi pelatihan yang diberikan sudah sesuai dengan kebutuhan dan ekspektasi peserta. Di sisi lain, berdasarkan hasil survey mengenai tingkat kesulitan materi pelatihan, mayoritas peserta pelatihan dengan angka statistika sebaran sebesar 63% mengalami kesulitan dalam memahami atau pun melakukan kegiatan praktik merakit sistem pemantauan energi cerdas. Kurang dari separuhnya yang merasa tidak mengalami kesulitan, yaitu dengan angka statistika sebaran sebesar 21% yang mengalami kesulitan dan hanya 3% yang tidak mengalami kesulitan sama sekali.

Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa kegiatan pelatihan ini telah berjalan dengan baik dan berhasil memberikan banyak manfaat bagi para peserta tingkat menengah keahlian teknik. Karenanya, dengan diadakannya pelatihan ini, diharapkan para peserta tingkat menengah keahlian teknik akan lebih siap untuk menghadapi perkembangan teknologi terbaru di tempat kerja dan Revolusi Industri 4.0 yang juga dapat menjadi batu loncatan menuju ke dasar teknologi yang berbasis Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence*). Namun, perlu dicatat pula bahwa masih terdapat gap pengetahuan yang ditandai dengan hasil survey yang menunjukkan para peserta kesulitan memahami dan mengikuti materi dan melaksanakan kegiatan praktik dengan baik. Hal ini utamanya dikarenakan para peserta belum memiliki pemahaman materi dasar mengenai sistem mikrokontroler maupun teknologi IoT. Oleh karena itu, perlu dilakukan penyesuaian pada detail konten materi maupun pada strategi ajar agar peserta dapat mengikuti materi dengan lebih sempurna tanpa kendala.

Di akhir kegiatan, Kepala Sekolah dan Ketua Program Keahlian Teknik Ketenagalistrikan berkenan beramah tamah dengan tim pemateri, fasilitator, dan para peserta pelatihan sekaligus memberikan kesan dan pesan terhadap pelaksanaan kegiatan pelatihannya. Semua berharap agar kegiatan ini dapat menjadi bekal bagi para peserta pelatihan tingkat menengah keahlian teknik dan bahkan menjadi awal ketertarikan mereka untuk menekuni teknologi IoT yang telah menjadi standar industri sehingga berguna bagi pengembangan karir mereka di masa depan.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pelatihan kepada siswa menengah kejuruan mengenai sistem pemantauan energi cerdas yang mendukung penggunaan energi yang berkelanjutan telah berhasil dilaksanakan. Dengan mengimplementasikan teknik pengajaran yang bersifat lebih praktikal dimana pemaparan teori dasar hanya sedikit saja sehingga lebih difokuskan pada pemaparan panduan praktik dan kegiatan praktik itu sendiri, para peserta pelatihan dapat secara langsung mendapatkan pengalaman pembelajaran kinestetik mengenai teknologi IoT. Agar peserta memiliki pemahaman yang baik, pelaksanaan pelatihan terbagi menjadi 2 sesi dimana sesi pertama adalah mengenai perakitan sistem IoT untuk menyalakan-matikan lampu secara otomatis melalui aplikasi ponsel pintar dan sesi kedua merupakan perakitan sistem pemantauan energi cerdas beserta proses konfigurasi keluaran sensor pada tampilan aplikasi ponsel pintar. Berdasarkan hasil survey, sebanyak 69% rata-rata peserta merasa puas dan sangat berantusias dengan materi yang diberikan. Hal ini menunjukkan bahwa materi yang disampaikan cocok dengan minat dan ekspektasi para peserta pelatihan. Namun, tidak dipungkiri pula bahwa mayoritas peserta pelatihan dengan nilai rata-rata responden sebesar 63% merasa kesulitan untuk mengikuti kegiatan praktik

dengan baik. Hasil survey ini menunjukkan bahwa walaupun materi ajarnya menarik, namun konfigurasi perakitan sistemnya cukup rumit.

Untuk dapat meningkatkan kualitas pemahaman peserta, maka terdapat beberapa hal yang dapat dilakukan, seperti pelaksanaan pelatihan dengan waktu yang lebih panjang atau dilakukan selama 2 hari. Dampak baiknya, peserta pelatihan dapat dengan fokus mendalami masing-masing topik dengan cermat dan lebih perlahan. Alternatif lainnya adalah dengan memberikan peserta modul sistem yang hampir selesai dirakit. Hal ini dilakukan agar peserta pelatihan tidak perlu mengartikan/menghubungkan koneksi perkabelan dan/atau pin mikrokontroler. Karena peserta tidak memiliki dasar tentang sistem mikrokontroler, maka proses mengartikan koneksi pin menjadi tidak sebentar dan butuh pendampingan yang cukup intens sehingga cukup menghabiskan waktu pada kegiatan praktiknya. Koordinasi antara tim pemateri dan fasilitator menjadi hal yang krusial pada alternatif solusi perbaikan ini. Evaluasi dari keberjalanan pada pelatihan ini akan dijadikan sebagai pondasi dasar dalam menjalankan kegiatan pelatihan lainnya di masa datang. Diharapkan dengan diadakannya pelatihan ini, para siswa menengah kejuruan keahlian teknik dapat lebih siap untuk bekerja di industri di masa depan yang semakin menuntut pekerja untuk memahami serta mengimplementasikan teknologi-teknologi terbaru. Karenanya, tentunya keahlian/keterampilan mengenai teknologi IoT ini dapat dijadikan sebagai modal awal yang berharga agar para peserta pelatihan dapat menempuh karir yang cemerlang di dunia kerja yang sebenarnya nanti.

DAFTAR RUJUKAN

- Avordeh, T. K., Gyamfi, S., & Opoku, A. A. (2022). The role of demand response in residential electricity load reduction using appliance shifting techniques. *International Journal of Energy Sector Management*, 16(4), 605–635. <https://doi.org/10.1108/IJESM-05-2020-0014/FULL/XML>
- Feng, Z., & Liang, M. (2024). Design and Development of Small Modular Courses for “Education-Training Integration” in Vocational Colleges: A Case Study. *Journal of Contemporary Educational Research*, 8(4), 10–15. <https://doi.org/10.26689/JCER.V8I4.6653>
- Ghufron, M. A. (2018). Revolusi Industri 4.0: Tantangan, Peluang Dan Solusi Bagi Dunia Pendidikan. *Seminar Nasional Dan Diskusi Panel Multidisiplin Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat*, 332–337.
- Gong, J., Renqiang, W., Fangjin, W., & Fangliang, Z. (2023). Research on the training mode of innovative talents in higher vocational colleges based on. *Academic Journal of Humanities & Social Sciences*, 6(4), 11–16. <https://doi.org/10.25236/AJHSS.2023.060403>
- Hartanto, C. F. B., Rusdarti, R., & Abdurrahman, A. (2019). Tantangan Pendidikan Vokasi di Era Revolusi Industri 4.0 dalam Menyiapkan Sumber Daya Manusia yang Unggul. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana*, 2(1), 163–171. <https://proceeding.unnes.ac.id/snpsasca/article/view/267>
- Jiang, P., Fan, Y. Van, & Klemeš, J. J. (2021). Impacts of COVID-19 on energy demand and consumption: Challenges, lessons and emerging opportunities.

- Applied Energy*, *285*, 116441.
<https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2021.116441>
- Kamruzzaman, M. M., Alanazi, S., Alruwaili, M., Alshammari, N., Elaiwat, S., Abu-Zanona, M., Innab, N., Mohammad Elzaghmouri, B., & Ahmed Alanazi, B. (2023). AI- and IoT-Assisted Sustainable Education Systems during Pandemics, such as COVID-19, for Smart Cities. *Sustainability* *2023*, Vol. *15*, Page *8354*, *15*(10), 8354. <https://doi.org/10.3390/SU15108354>
- Mainuddin, M., Duan, Z., & Dong, Y. (2021). Network Traffic Characteristics of IoT Devices in Smart Homes. *Proceedings - International Conference on Computer Communications and Networks, ICCCN, 2021-July*. <https://doi.org/10.1109/ICCCN52240.2021.9522168>
- Mavroudi, A., Divitini, M., Gianni, F., Mora, S., & Kvitem, D. R. (2018). Designing IoT applications in lower secondary schools. *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON, 2018-April*, 1120–1126. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2018.8363355>
- Riadi, S., & Zelmianti, R. (2023). Soft Skills Mahasiswa Vokasi Akuntansi Dalam Penerapan Project-Based Learning. *Jurnal Akuntansi Keuangan Dan Bisnis*, *16*(1), 40–49. <https://doi.org/10.35143/JAKB.V16I1.5779>
- Ruano, A., Silva, S., Duarte, H., & Ferreira, P. M. (2018). Wireless Sensors and IoT Platform for Intelligent HVAC Control. *Applied Sciences* *2018*, Vol. *8*, Page *370*, *8*(3), 370. <https://doi.org/10.3390/APP8030370>
- Sabaruddin, Arifin, Nurmala, E., Hartati, D. V., & Sultan. (2024). Improving the Quality of Vocational Learning through Merdeka Learning (Literature Review): Peningkatan Mutu Pembelajaran Vokasi melalui Merdeka Belajar (Tinjauan Literatur). *SABIQ: Jurnal Sosial Dan Bidang Pendidikan*, *1*(1), 10–18. <https://doi.org/10.62554/3VXQZN57>
- Santika, A., Riris Simanjuntak, E., Amalia, R., Kurniasari, S. R., & Artikel, R. (2023). Peran Pendidikan Sekolah Menengah Kejuruan Dalam Memposisikan Lulusan Siswanya Mencari Pekerjaan. *Paedagogia : Jurnal Kajian, Penelitian Dan Pengembangan Kependidikan*, *14*(1), 84–94. <https://doi.org/10.31764/PAEDAGORIA.V14I1.12626>
- Setianingtiyas, R., Baiquni, M., & Kurniawan, A. (2019). Pemodelan Indikator Tujuan Pembangunan Berkelanjutan Di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan*, *27*(2). <https://ejournal.brin.go.id/JEP/article/view/12011>
- Sudiyono, S. S. (2019). Teaching Factory Sebagai Upaya Peningkatan Mutu Lulusan Di Smk. *Jurnal Penelitian Kebijakan Pendidikan*, *12*(2), 159–181. <https://doi.org/10.24832/JPKP.V12I2.271>
- Widyanindito, A., & Hanuranto, A. T. (2021). Aplikasi Smart Home Untuk Sistem Kendali Peralatan Elektronik Dan Monitoring Rumah Berbasis Android. *EProceedings of Engineering*, *8*(5). <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/15763>
- Zhang, S. (2023). Strengthening Vocational Skills Training for Normal University Students and Cultivating Their Vocational Abilities. *Advances in Vocational and Technical Education*, *5*(6), 1–6. <https://doi.org/10.23977/AVTE.2023.050601>
- Zohourian, A., Dadkhah, S., Neto, E. C. P., Mahdikhani, H., Danso, P. K., Molyneaux, H., & Ghorbani, A. A. (2023). IoT Zigbee device security: A comprehensive review. *Internet of Things*, *22*, 100791. <https://doi.org/10.1016/J.IOT.2023.100791>