

ANALISIS KEBUTUHAN PENGEMBANGAN MODUL PRAKTIKUM SISTEM MONITORING PANEL KENDALI BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)

Eka Dodi Suryanto¹, Marwan Affandi², Sukarman Purba³, Muhammad Ashari⁴

^{1,2,3,4} Universitas Negeri Medan

¹ekadodisuryanto@unimed.ac.id, ²marwanelektro@unimed.ac.id, ³sukarmanpurba@unimed.ac.id,

⁴ashari@unimed.ac.id

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan dalam pengembangan modul praktikum monitoring panel kendali industri berbasis Internet of Things (IoT). Latar belakang penelitian ini adalah kesenjangan antara praktik pembelajaran di laboratorium pendidikan tinggi dengan tuntutan keterampilan teknologi industri. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan teknik pengumpulan data melalui observasi lapangan, wawancara semi-terstruktur terhadap dosen, mahasiswa, dan praktisi industri, serta analisis dokumen pembelajaran seperti silabus, RPS, dan modul ajar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fasilitas praktikum umumnya masih konvensional dan belum terintegrasi dengan sistem monitoring digital atau perangkat berbasis IoT. Analisis dokumen juga menunjukkan belum terintegrasinya materi IoT secara eksplisit dalam kurikulum dan rencana pembelajaran. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa pengembangan modul praktikum berbasis IoT sangat dibutuhkan untuk menjembatani kesenjangan antara dunia pendidikan dan industri. Modul ini diharapkan dapat mendukung pembelajaran yang lebih aplikatif, adaptif terhadap perkembangan teknologi, serta membekali mahasiswa dengan keterampilan yang relevan di era digitalisasi industri.

Kata Kunci: modul praktikum, panel kendali, industri, Internet of Things (IoT), analisis kebutuhan.

Abstract: This study aims to analyze the needs in the development of an industrial control panel monitoring practicum module based on the Internet of Things (IoT). The background of this study is the gap between learning practices in higher education laboratories and the demands of industrial technology skills 4.0. The study uses a qualitative descriptive approach with data collection techniques through field observations, semi-structured interviews with lecturers, students, and industry practitioners, as well as analysis of learning documents such as syllabi, RPS, and teaching modules. The results of the study show that practicum facilities are generally still conventional and have not been integrated with digital monitoring systems or IoT-based devices. Document analysis also shows that IoT material has not been explicitly integrated into the curriculum and learning plans. Based on these results, it can be concluded that the development of an IoT-based practicum module is urgently needed to bridge the gap between the world of education and industry. This module is expected to support more applicable learning, adaptive to technological developments, and equip students with relevant skills in the era of industrial digitalization.

Keywords: practicum module, control panel, industry, Internet of Things (IoT), need analysis.

PENDAHULUAN

Kemampuan untuk mengumpulkan dan menganalisis data hasil pemantauan serta kinerja sistem secara real time sangat dibutuhkan dalam industri (Alamsyah et al., 2024; Ristumanda, 2024). Operator dapat mendeteksi kemungkinan masalah sebelum muncul, mengoptimalkan kinerja sistem, dan memantau serta mengelola proses penting dari jarak jauh dengan mengintegrasikan perangkat IoT ke dalam panel kendali (Faidlon & Saputro, 2025).

Teknologi IoT oleh karena itu sangat penting untuk meningkatkan produktivitas, keselamatan, dan efisiensi di lingkungan komersial dan industri (Rinaldi & Ikhwan, 2024; Zilham & Gunawan, 2024). Misalnya, sensor IoT yang

dipasang pada panel kontrol di fasilitas manufaktur dapat mengumpulkan informasi tentang suhu, tekanan, dan laju aliran dari berbagai mesin dan peralatan (Maydrawati et al., 2024).

Data pemantauan kemudian dapat dianalisis secara real-time untuk mengidentifikasi anomali atau kemungkinan kerusakan, memungkinkan operator untuk bertindak cepat guna menghindari perbaikan mahal atau waktu henti. Selain itu, perusahaan dapat menemukan peluang untuk pengurangan biaya dan optimisasi dengan menggunakan teknologi IoT untuk melacak kinerja peralatan dan penggunaan energi (Labiba, 2017; Risfendra et al., 2021; Zaini et al., 2020).

Salah satu aspek penting dalam mengembangkan modul praktis untuk memantau

panel kontrol adalah memastikan bahwa sensor akurat dan dapat diandalkan (Sari et al., 2024). Ini penting untuk melihat kemungkinan masalah lebih awal dan menghindari waktu henti yang lama. Untuk menjamin integrasi dan berbagi data yang lancar, juga sangat penting untuk mempertimbangkan konektivitas dan interoperabilitas sensor IoT dengan sistem kontrol yang ada saat ini (Fanani et al., 2025).

Untuk meningkatkan efisiensi operasional dan keselamatan secara keseluruhan, bisnis dapat menggunakan teknologi Era 5.0 untuk transformasi model bisnis dan menciptakan nilai tambah bagi pelanggan melalui solusi teknologi inovatif. Integrasi IoT dalam rantai pasokan juga dapat membantu dalam mengoptimalkan inventaris, memantau kondisi barang secara real-time, dan meningkatkan efisiensi pengiriman (Maria et al., 2024).

Sensor suhu, misalnya, dapat dipasang pada panel kontrol di fasilitas industri untuk mengidentifikasi overheating dan mencegah kerusakan peralatan. Pabrik dapat mencegah keterlambatan produksi yang mahal dan secara proaktif menangani masalah pemeliharaan dengan memiliki data waktu nyata tentang variasi suhu. Selain itu, peringatan dan pemberitahuan otomatis kepada orang-orang kunci untuk respons dan resolusi yang cepat dimungkinkan dengan menghubungkan sensor-sensor ini dengan sistem kontrol saat ini. Namun, ada kemungkinan terjadinya alarm palsu dan pemeliharaan yang tidak perlu jika sensor suhu mengalami kerusakan atau memberikan pembacaan yang salah (Randis & Sarminto, 2018; Tapala & Wardhana, 2024).

Pemantauan dan pengendalian panel kontrol secara real-time, terukur, dan terintegrasi kini dimungkinkan berkat kemajuan teknologi signifikan di sektor industri menuju sistem otomatisasi berbasis Internet of Things (IoT) (Pongoh et al., 2023). Namun, hal ini belum sepenuhnya tercermin dalam sistem pembelajaran banyak lembaga pendidikan vokasi. Modul praktikum yang ada masih didominasi oleh teknologi tradisional dan tidak mencerminkan sistem industri terbaru (Andrini, 2025).

Mahasiswa tidak diajarkan bagaimana jaringan digunakan untuk mengumpulkan, mengirim, dan menampilkan data secara digital. mahasiswa hanya diajarkan bagaimana menyesuaikan panel secara manual. Akibatnya, keterampilan yang diperlukan di area industri modern dan apa yang diajarkan di kelas sangat berbeda (Bancong, 2024).

Pendidikan vokasi diperlukan untuk menghasilkan lulusan yang siap untuk dunia kerja, sehingga penelitian tentang analisis permintaan modul praktis pemantauan panel kontrol berbasis IoT menjadi lebih mendesak daripada sebelumnya. Pemetaan metodis terhadap kebutuhan teknis dan pendidikan diperlukan untuk melakukan hal ini, dimulai dengan mikrokontroler dan jenis sensor yang sesuai dan diakhiri dengan kemampuan mengintegrasikan data ke dalam dasbor digital (Maryanti, 2019).

Analisis kebutuhan ini juga diperlukan untuk memastikan bahwa desain modul sesuai dengan standar industri dan kurikulum, memungkinkan siswa untuk mendapatkan manfaat dari pemahaman akademis dan penerapan praktis di tempat kerja. Jadi, studi ini akan digunakan sebagai titik awal untuk menciptakan pekerjaan praktis kontekstual yang didasarkan pada teknologi industri terbaru dan dapat sangat meningkatkan kesiapan kerja lulusan. Melakukan analisis kebutuhan yang komprehensif adalah langkah penting sebelum membuat modul praktis untuk pemantauan panel kontrol berbasis IoT.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi kebutuhan nyata dari berbagai pemangku kepentingan, termasuk konten kurikulum, kemajuan teknologi industri yang relevan, dan pengguna. (teachers and students). (teachers and students). Institusi pendidikan dapat memastikan bahwa modul yang dibuat tidak hanya canggih tetapi juga sesuai dengan tujuan pembelajaran yang harus dicapai, batasan fasilitas laboratorium, dan tingkat pemahaman mahasiswa dengan melakukan analisis kebutuhan.

Menganalisis kebutuhan akan menjamin bahwa modul pembelajaran dikembangkan secara efektif dan efisien. Untuk mengumpulkan dan memeriksa kebutuhan pengguna untuk sistem yang akan diterapkan, langkah analisis kebutuhan dilakukan. Instrumen kuesioner, observasi, dan wawancara dapat digunakan untuk mengumpulkan kebutuhan pengguna.

Kompetensi teknis siswa diperkuat secara langsung melalui modul praktik berbasis IoT pada panel kontrol industri. Mahasiswa akan memperoleh pemahaman tentang bagaimana sistem industri saat ini berfungsi secara terintegrasi melalui koneksi sensor, pemrosesan data, dan visualisasi data hasil pemantauan.

METODE

Untuk menggambarkan secara menyeluruh dan menganalisis kebutuhan akan pembuatan modul-modul berguna yang relevan dengan

kebutuhan sektor berbasis Internet of Things (IoT), penelitian ini menggunakan teknik deskriptif kualitatif (Achjar et al., 2023). Metode ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk menyelidiki fenomena kontekstual dan rumit, seperti persepsi mahasiswa dan dosen serta kondisi fasilitas laboratorium pendidikan (Zakariah et al., 2020). Penelitian ini berfokus pada pemetaan kebutuhan, mengidentifikasi komponen yang diperlukan, dan membuat spesifikasi awal trainer serta panduan praktikum.

Dosen, instruktur laboratorium, mahasiswa, serta profesional bisnis yang tertarik pada otomatisasi dan kontrol industri adalah subjek pada penelitian ini. Berbagai prosedur digunakan untuk mengumpulkan data, termasuk wawancara semi-terstruktur, dokumentasi kurikulum dan perangkat pembelajaran, serta observasi langsung terhadap fasilitas praktikum. Untuk mengevaluasi keadaan aktual laboratorium dan kelengkapan sumber daya pendidikan, dilakukan observasi. Pendapat dan pengalaman peserta penelitian tentang kekurangan fasilitas praktis yang tersedia serta aspirasi mereka untuk penciptaan modul tambahan dimaksudkan untuk diselidiki melalui wawancara.

Teknik reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan dari Miles dan Huberman digunakan untuk meneliti data yang dikumpulkan. Permintaan teknis, kebutuhan pedagogis, dan kesiapan infrastruktur pendukung adalah beberapa tema utama yang muncul dari kegiatan observasi dan pengelompokan data wawancara. Data dari observasi dan dokumentasi digunakan untuk mendukung temuan lapangan dan memberikan ringkasan faktual tentang kemungkinan pengembangan masa depan modul tersebut. Spesifikasi awal dari modul praktis, yang mencakup komponen sensor, mikrokontroler, koneksi, antarmuka pengguna, dan metodologi pembelajaran berbasis proyek, kemudian disusun menggunakan temuan analisis.

Sebagai langkah terakhir, *Focus Group Discussion* (FGD) yang terdiri dari para profesional di bidang pendidikan vokasi, pengembang media pembelajaran, dan praktisi industri yang memiliki pengetahuan tentang sistem kontrol berbasis IoT digunakan untuk melakukan prosedur validasi awal. Selanjutnya dilakukan pengembangan alat peraga dan panduan praktik sesuai kondisi di industri.

Selain memberikan umpan balik sebelum fase pengembangan berikutnya, hasil wawancara ini mencoba untuk menilai kelayakan temuan analisis kebutuhan dan spesifikasi modul yang

diusulkan. Dengan tahap-tahap metodologis ini, penelitian diharapkan dapat menghasilkan dasar konseptual dan praktis yang kuat untuk merancang modul-modul praktis yang kontekstual, aplikatif, dan sejalan dengan teknologi industri saat ini.

Tiga kategori utama instrumen penelitian digunakan dalam studi ini: lembar analisis dokumen, panduan wawancara semi-terstruktur, dan instruksi observasi. untuk memetakan keadaan infrastruktur dan fasilitas laboratorium praktis di lembaga pendidikan vokasi, pedoman observasi dibuat. Ini termasuk jenis dan jumlah peralatan, tingkat integrasi teknologi, dan kegiatan pembelajaran berkelanjutan. Menurut Hadi, instrumen ini terdiri dari tanda-tanda seperti penggunaan sensor dan mikrokontroler, keberadaan panel kontrol, dan konektivitas peralatan dengan sistem digital (Hadi, 2021). Instrumen untuk indikator pengamatan dan aspek analisis dokumen disajikan pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Instrumen indikator pengamatan

No	Aspek	Indikator Pengamatan
1	Perangkat Panel Kendali	Tersedia panel kontrol listrik untuk praktikum
2	Perangkat IoT	Tersedia sensor, mikrokontroler (ESP32/Arduino), WiFi/Bluetooth
3	Konektivitas	Ada koneksi ke jaringan lokal atau internet
4	Dashboard Monitoring	Tersedia dashboard visualisasi data secara real-time
5	Aktivitas Praktikum	Siswa menggunakan alat secara langsung dan melakukan pemantauan
6	Standar Industri	Peralatan mendekati spesifikasi industri (tegangan, arus, sistem kendali motor)

Tabel 2. Aspek analisis dokumen pendukung

No	Dokumen yang Dikaji	Aspek yang Dinilai
1	Silabus mata pelajaran	Apakah memuat kompetensi tentang IoT dan otomasi?
2	Rencana Pembelajaran Semester	Kesesuaian materi praktik dengan kebutuhan industri
3	Standar kompetensi lulusan	Adakah indikator penguasaan alat monitoring atau sensor?
4	Modul ajar / bahan ajar	Adakah komponen praktikum yang menyertakan dashboard atau kontrol digital?

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem konvensional masih mendominasi ketersediaan fasilitas praktikum panel kontrol, menurut pengamatan yang dilakukan di Laboratorium Instalasi dan Jaringan Sistem Tenaga Listrik Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan. Sensor suhu, tegangan, dan arus belum terhubung ke antarmuka atau sistem pemantauan digital dan hanya dapat diakses menggunakan alat ukur. Sebagian besar latihan praktis mahasiswa bersifat prosedural dan belum difokuskan pada analisis data atau interpretasi sinyal digital waktu nyata.

Jika dibandingkan dengan teknologi industri, peralatan tersebut masih jauh dari apa yang diperlukan untuk teknologi sistem kendali. Misalnya, mikrokontroler yang sering digunakan dalam aplikasi Internet of Things industri, seperti Arduino atau ESP32 belum diterapkan. Selain itu, tidak ada perangkat pemantauan yang dapat mentransmisikan data menggunakan Modbus TCP atau MQTT, dua protokol komunikasi industri yang umum digunakan. Fasilitas praktis di Laboratorium dan persyaratan teknologi di industri sangat berbeda.

Untuk memodernisasi teknologi dan mengubah pendekatan pembelajaran dari sekedar mempraktikkan prosedur menjadi menganalisis data, mengintegrasikan sistem, dan meningkatkan keterampilan digital siswa, sangat penting untuk membuat modul praktik berbasis Internet of Things. Dua kelompok utama yang diwawancarai yaitu mahasiswa di jurusan pendidikan teknik elektro dan para instruktur yang bertanggung jawab atas kelas praktikum. Menurut temuan dari wawancara dengan para dosen, mayoritas dari mereka menyatakan bahwa pelaksanaan sesi praktikum saat ini masih menekankan pembelajaran dasar-dasar sistem panel kontrol tradisional, seperti rangkaian motor, timer, dan saklar kontrol.

Mereka mengakui bahwa masih sedikit penggunaan teknologi berbasis Internet of Things (IoT) dalam pendidikan, baik dari segi alat maupun strategi pengajaran. Tantangan utama, menurut sejumlah profesor, adalah kurangnya kursus praktis kontekstual, fasilitas laboratorium yang tidak memadai, dan kurangnya pelatihan IoT. Namun, mereka mengungkapkan antusiasme terhadap pembuatan modul berbasis IoT yang sesuai dengan kurikulum dan kesiapan siswa.

Berdasarkan hasil temuan wawancara yang dilakukan dengan mahasiswa tahun akhir, mayoritas dari mereka percaya bahwa sesi praktikum yang telah mereka ikuti tidak secara

akurat mencerminkan status teknologi industri saat ini. Mahasiswa menyatakan bahwa mereka belum pernah secara pribadi mengoperasikan sistem pemantauan digital dan bahwa mereka sering menggunakan panel kontrol manual.

Meskipun beberapa dari mahasiswa belum memiliki kesempatan untuk menerapkan konsep Internet of Things dalam praktik, mereka sudah akrab dengan hal tersebut dari kuliah teori atau informasi dari luar. Namun demikian, jika peralatan yang diperlukan tersedia, para siswa menunjukkan keinginan yang kuat untuk belajar menggunakan sensor, mikrokontroler, dan sistem pemantauan berbasis jaringan. Selain itu, mereka mengharapkan modul yang berbasis proyek atau aplikasi dunia nyata, sehingga pembelajaran terasa lebih relevan dan menantang.

Sebagai data perbandingan, beberapa orang profesional industri juga diwawancarai. Menurut para praktisi, lulusan perguruan tinggi vokasi masih sering mengalami kesulitan dalam menggunakan sistem kontrol otomatis berbasis IoT, terutama dalam hal mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak, memprogram mikrokontroler, dan mengelola data sensor. Mereka menekankan betapa pentingnya untuk menjadi mahir dengan platform seperti ESP32 dan komunikasi MQTT, serta cara membaca dan memahami data dari dasbor pemantauan. Untuk lebih menyesuaikan kompetensi siswa dengan tuntutan pasar tenaga kerja kontemporer, para praktisi menyarankan agar siswa terbiasa dengan pendekatan pembelajaran berbasis proyek dan simulasi kasus industri yang nyata.

Berdasarkan hasil wawancara secara keseluruhan bahwa praktisi industri, mahasiswa, dan dosen semua sepakat tentang pentingnya menciptakan modul-modul berguna yang menggunakan teknologi IoT. Untuk mempersiapkan siswa menghadapi pasar kerja yang semakin terhubung secara digital, ada kebutuhan nyata untuk mengubah cara pendidikan disusun agar menekankan tidak hanya keterampilan teknis dasar tetapi juga kemampuan integratif dan digitalisasi sistem.

Kurikulum, silabus, Rencana Pembelajaran Semester (RPS), dan modul pengajaran praktik adalah beberapa sumber resmi yang digunakan dalam proses pembelajaran yang dianalisis. Menurut temuan analisis dokumen, sebagian besar dokumen masih merujuk pada kemampuan dasar sistem kontrol tradisional, termasuk sistem timer, rangkaian kontaktor, dan kontrol motor listrik. Baik tujuan pembelajaran maupun deskripsi

latihan praktis secara khusus tidak menyebutkan Internet of Things (IoT), sensor digital, atau sistem pemantauan berbasis jaringan. Ini menunjukkan adanya ketidaksesuaian antara evolusi teknologi industri, yang secara bertahap beralih ke sistem kontrol berbasis digital dan Internet of Things, dan materi pengajaran yang diajarkan.

Kurikulum program studi memang mencakup mata kuliah yang membahas dasar-dasar jaringan komunikasi data dan teori sistem mikroprosesor. Namun demikian, silabus mata kuliah belum memberikan ilustrasi yang jelas tentang hubungan dengan latihan dunia nyata yang menggabungkan sensor, mikrokontroler, dan antar-muka pemantauan. Instruksi untuk menghubungkan perangkat ke platform IoT seperti Blynk, Node-RED, atau ThinkSpeak belum termasuk dalam modul pembelajaran yang diperiksa. Tidak ada latihan pembelajaran berbasis proyek yang memungkinkan siswa menyelesaikan masalah dunia nyata seperti memantau suhu motor atau beban arus secara real-time melalui jaringan.

Deskripsi profil lulusan dan dokumen standar kompetensi lulusan juga menyebutkan bahwa mahasiswa harus mampu "menerapkan teknologi otomasi dan sistem kontrol berbasis komputer." Tingkat di mana kompetensi tersebut mencakup kecakapan dengan teknologi IoT, yang saat ini merupakan permintaan utama di pasar tenaga kerja. Pembelajaran menjadi kurang fokus pada mempersiapkan siswa untuk menghadapi sistem industri kontemporer ketika tidak ada indikator yang jelas terkait pemrosesan data sensor, pemantauan digital, atau kemampuan pemrograman mikrokontroler. Untuk mencerminkan dengan tepat kebutuhan teknologi terbaru dan praktik industri, dokumen kurikulum dan sumber belajar masih perlu diperbarui dan diperkuat.

Temuan analisis dokumen ini menunjukkan bahwa metode pengajaran dan sumber daya yang ditawarkan oleh program studi tidak sejalan dengan kemampuan yang dibutuhkan oleh sektor industri. Ini mendukung kesimpulan sebelumnya yang diambil dari wawancara dan observasi bahwa pembuatan modul praktik untuk pemantauan panel kontrol berbasis IoT tidak hanya penting tetapi juga diperlukan sebagai langkah pertama dalam reformasi pendidikan teknik vokasional. Materi pembelajaran harus diperbarui untuk mencerminkan kemajuan teknologi terbaru, lebih aplikatif, dan sejalan dengan pendidikan vokasi berbasis industri.

PENUTUP

Menurut temuan hasil penelitian, ada ketidaksesuaian yang substansial antara tuntutan teknologi industri modern dan cara pelatihan praktis yang diterapkan di perguruan tinggi. Berdasarkan hasil pengamatan, wawancara dan analisis dokumen, pembelajaran praktik di laboratorium masih menggunakan sistem panel kontrol konvensional. Tanpa menggabungkan teknologi berbasis Hal ini menunjukkan bahwa peralatan pendukung dan infrastruktur laboratorium belum siap untuk memfasilitasi pembelajaran berbasis otomatisasi industri dan digitalisasi.

Kesimpulan ini didukung oleh data wawancara, yang menunjukkan bahwa para instruktur menyadari keterbatasan fasilitas dan modul praktikum kontekstual. Praktisi dunia industri melaporkan bahwa keterampilan dengan sistem pemantauan berbasis IoT telah menjadi kompetensi utama. Hal ini menekankan betapa mendesaknya pendekatan pembelajaran praktis perlu diubah agar menjadi lebih berguna, relevan, dan konsisten dengan Revolusi Industri 4.0.

Oleh karena itu, untuk memastikan bahwa pembelajaran tidak hanya berlaku di lapangan tetapi juga mampu memberikan kemampuan masa depan kepada siswa, pembangunan modul praktikum pemantauan panel kontrol berbasis IoT perlu segera dimulai dengan dasar analisis kebutuhan yang valid.

Acknowledgement

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Negeri Medan atas dukungan pendanaan, fasilitas dan kesempatan penelitian yang diberikan sehingga artikel ini dapat diselesaikan dengan baik. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam proses pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Achjar, K. A. H., Rusliyadi, M., Zaenurrosyid, A., Rumata, N. A., Nirwana, I., & Abadi, A. (2023). *Metode penelitian kualitatif: Panduan praktis untuk analisis data kualitatif dan studi kasus*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Alamsyah, M., Darsana, M. P., Amalia, D., Komalasari, Y., & Fazal, M. R. (2024). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Monitoring Real-time pm2.5 dan CO2 di Area Terminal Bandar Udara: Low-Cost Sensor, Internet of Things (IoT) dan Pengukuran Polutan Udara. *Jurnal penelitian*, 9(4), 320–342.

- Andrini, v. S. (2025). *Teknologi pembelajaran: inovasi pembelajaran masa depan*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Bancong, H. (2024). *STEAM Education: Konsep, Integrasi dan Masa Depan*. Indonesia Emas Group.
- Faidlon, A., & Saputro, H. (2025). *Sistem Monitoring dan Pengontrolan Jaringan WiFi Berbasis IoT Menggunakan Software Aplikasi eWeLink*. 8(01).
- Fanani, W. B., Kristiyono, A. E., & Setiawan, H. (2025). Rancang Bangun Monitoring Kontrol Kecepatan Putar Motor Induksi 3 Fasa Berbasis IoT. *Ocean Engineering: Jurnal Ilmu Teknik Dan Teknologi Maritim*, 4(1), 28–46.
- Hadi, A. (2021). *Penelitian kualitatif studi fenomenologi, case study, grounded theory, etnografi, biografi*. CV. Pena Persada.
- Labiba, Z. A. (2017). Rancang bangun sistem monitoring temperatur steam output terintegrasi hmi (human machine interface) pada mini plant boiler di workshop instrumentasi. *Surabaya, Indonesia: Tugas Akhir*.
- Maria, V., Rizky, S. D., & Akram, A. M. (2024). Mengamati Perkembangan Teknologi dan Bisnis Digital dalam Transisi Menuju Era Industri 5.0. *Wawasan: Jurnal Ilmu Manajemen, Ekonomi Dan Kewirausahaan*, 2(3), 175–187.
- Maryanti, N. (2019). Siswa SMK siap hadapi revolusi industri 4.0 (kajian praktis SMK di provinsi Sumatera Selatan). *Universitas PGRI Palembang*.
- Maydrawati, T. R., Karyatanti, I. D. P., Rahmatullah, D., & Winarno, I. (2024). *SCADA BERBASIS IoT UNTUK OTOMASI INDUSTRI*. Hang Tuah University Press.
- Pongoh, D., Sundah, J., Mende, Y., Larawona, J., & Sugeha, S. M. (2023). Pemantauan Dan Pengendalian Jarak Jauh Pada Sistem Listrik Bebas Untuk Aplikasi Internet of Things (IOT). *Central Publisher*, 1(7), 669–675.
- pratamaRandis, R., & Sarminto, S. (2018). Aplikasi Internet Of Things Monitoring Suhu Engine Untuk Mencegah Terjadinya Over Heat. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 7(2).
- Rinaldi, B., & Ikhwan, I. (2024). Inovasi teknologi tepat guna dalam optimalisasi sistem manufaktur dan proses produksi. *Jurnal Teknik Dan Teknologi Tepat Guna*, 3(1), 106–113.
- Risfendra, R., Ananda, G. F., & Stephanus, A. (2021). Internet of things on electrical energy monitoring using multi-electrical parameter sensors. *MOTIVATION: Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, 3(1), 1–10.
- Ristumanda, S. S. (2024). *Rancangan Sistem Monitoring Suhu Trafo Dan Control Exhaust Fan Berbasis Iot Di Bandar Udara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang* [PhD Thesis]. Politeknik Penerbangan Palembang.
- Sari, L. O., Saputra, M. F. E., & Safrianti, E. (2024). Sistem Monitoring Arus Listrik Berbasis Internet of Things (IoT) pada Solar Panel di Laboratorium Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) UIN Suska Riau *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 4(1), 205–211.
- Tapala, C. N. D., & Wardhana, A. S. (2024). Sistem Pemantau Suhu Dan Kelembapan Untuk Meningkatkan Efisiensi Pada Gudang Penyimpanan. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi Dan Mineral*, 4(1), 1132–1139.
- Zaini, M., Safrudin, S., & Bachrudin, M. (2020). Perancangan sistem monitoring tegangan, arus dan frekuensi pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro berbasis IoT. *Tesla*, 22(2), 139–150.
- Zakariah, M. A., Afriani, V., & Zakariah, K. M. (2020). *Metodologi Penelitian Kualitatif, Kuantitatif, Action Research, Research And Development (R n D)*. Yayasan Pondok Pesantren Al Mawaddah Warrahmah Kolaka.
- Zilham, A., & Gunawan, R. (2024). Potensi IoT dalam industri 4.0. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(2), 1932–1940.