



Penerapan Media Pembelajaran Sistem Monitoring Energi Listrik Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan ESP32

Jumari¹, Dewi Sholeha², Nani Sri Rezeki³, Joslen Sinaga⁴, Kristian Tarigan⁵

^{1,2,4}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Darma Agung, Medan

³Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Darma Agung, Medan

⁵Program Studi Teknik Mesin, Universitas Darma Agung, Medan

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 10 Oktober 2025

Revised: 12 November 2025

Accepted: 28 November 2025

Keywords:

Internet of Things (IoT),

Interactive Learning Media

Electrical Energy; Vocational Physics

ESP32

Published by

Impression: Jurnal Teknologi dan Informasi

Copyright © 2025 by the Author(s)

| This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

[https://creativecommons.org/licenses](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

[/by/4.0/](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran interaktif berbasis Internet of Things (IoT) pada materi energi listrik untuk meningkatkan pemahaman konsep fisika dan literasi teknologi siswa sekolah menengah kejuruan (SMK). Media ini memanfaatkan mikrokontroler ESP32, sensor PZEM-004T, dan aplikasi Blynk sebagai antarmuka pengguna dalam memantau serta mengontrol arus, tegangan, dan daya listrik secara *real-time*. Metode penelitian menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan model pengembangan ADDIE yang mencakup lima tahap, yaitu *Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation*. Hasil validasi menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis IoT memperoleh skor kelayakan rata-rata 89% (sangat layak) dari ahli materi dan 91% (sangat layak) dari ahli media. Uji coba terbatas dilakukan pada siswa kelas XI program keahlian Teknik Instalasi Tenaga Listrik di salah satu SMK di Medan, dan menunjukkan peningkatan pemahaman konsep energi listrik sebesar 32% berdasarkan hasil *pretest* dan *posttest*. Media ini juga mampu menumbuhkan kesadaran hemat energi serta memberikan pengalaman belajar kontekstual berbasis teknologi digital.

This research aims to develop an interactive Internet of Things (IoT)-based learning medium for electrical energy to improve students' understanding of physics concepts and technological literacy in vocational high schools (SMK). This medium utilizes an ESP32 microcontroller, a PZEM-004T sensor, and the Blynk application as a user interface to monitor and control electrical current, voltage, and power in real time. The research method employed a Research and Development (R&D) approach with the ADDIE development model, which includes five stages: Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation. Validation results indicate that the IoT-based learning medium achieved an average feasibility score of 89% (very feasible) from material experts and 91% (very feasible) from media experts. A limited trial was conducted on 11th-grade students in the Electrical Power Installation Engineering program at a vocational high school in Medan and demonstrated a 32% increase in understanding of electrical energy concepts based on pretest and posttest results. This medium also fosters awareness of energy conservation and provides a contextual learning experience based on digital technology.

Corresponding Author:

Dewi Sholeha

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Darma Agung, Medan, Sumatera Utara

Jl. TD Pardede No. 21, Petisah Hulu, Kecamatan Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara

Email: alkhansadewi@gmail.com

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi yang pesat menuntut pembelajaran sains, khususnya fisika, untuk beradaptasi dengan pendekatan yang lebih kontekstual dan berbasis teknologi (Titin Wahyuni et al., 2022) (Asnil & Eliza, 2021). Salah satu inovasi yang relevan adalah penerapan Internet of Things (IoT) sebagai media pembelajaran interaktif (Nurtamam et al., 2023). IoT memungkinkan perangkat fisik saling terhubung dan bertukar data secara *real-time*, sehingga konsep-konsep fisika seperti arus, tegangan, dan daya dapat diamati langsung melalui sensor digital.

Dalam konteks pendidikan dasar, pembelajaran fisika sering dianggap abstrak dan sulit

dipahami karena keterbatasan media dan alat peraga yang dapat memvisualisasikan fenomena listrik secara nyata (Ndruru & Manurung, 2023). Melalui integrasi IoT, guru dapat menghadirkan pembelajaran berbasis eksperimen digital yang interaktif, meningkatkan minat belajar, serta memperkuat pemahaman konsep energi listrik (Gde Ekayana, 2019).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan sistem pemantauan energi berbasis sensor mampu meningkatkan kesadaran efisiensi energi di sekolah. Namun, pemanfaatan sistem tersebut sebagai media pembelajaran masih jarang dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan media pembelajaran fisika interaktif berbasis IoT yang tidak hanya berfungsi sebagai alat monitoring, tetapi juga sebagai media edukatif untuk memahami konsep energi listrik, arus, tegangan, dan daya secara langsung (Sardi Salim et al., 2022). Tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Mengembangkan media pembelajaran interaktif berbasis IoT pada konsep energi listrik.
2. Mengetahui kelayakan media menurut ahli materi dan ahli media.
3. Menganalisis efektivitas media terhadap peningkatan pemahaman konsep fisika

Meskipun sejumlah penelitian telah mengembangkan trainer berbasis IoT di SMK, sebagian besar masih terbatas pada fungsi monitoring. Penelitian ini menawarkan pendekatan baru dengan menjadikan sistem IoT sebagai media pembelajaran interaktif yang dapat dioperasikan langsung oleh siswa untuk mengamati hubungan antara arus, tegangan, dan daya listrik secara real-time.

KAJIAN TEORI

Media pembelajaran merupakan segala bentuk alat atau sarana yang digunakan untuk menyalurkan pesan atau informasi dalam proses belajar mengajar sehingga dapat merangsang pikiran, perasaan, perhatian, dan minat peserta didik (Asnil & Eliza, 2021; Sirait et al., 2023). Media tidak hanya berfungsi sebagai perantara guru dalam menyampaikan materi, tetapi juga membantu peserta didik memahami konsep yang bersifat abstrak menjadi lebih konkret melalui pengalaman visual dan interaktif (Listyarini et al., 2022).

Fungsi utama media pembelajaran adalah (Muhammad Yusuf et al., 2023):

1. Menarik perhatian dan minat belajar siswa,
2. Mempermudah pemahaman materi,
3. Memperjelas pesan pembelajaran, dan
4. Memberikan pengalaman langsung melalui interaksi dengan objek belajar.

Dalam konteks abad ke-21 (Miftah, 2018), media pembelajaran dituntut untuk adaptif terhadap perkembangan teknologi, terutama dengan munculnya konsep *digital learning* dan *Internet of Things* (IoT) yang menghadirkan peluang baru dalam penyajian data dan simulasi interaktif secara real-time.

1. Pembelajaran Fisika di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK)

Fisika di tingkat SMK memiliki peran penting dalam mendukung kompetensi kejuruan karena menjadi dasar bagi pemahaman prinsip kerja berbagai sistem kelistrikan dan elektronika. Pembelajaran fisika di SMK tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep teoretis, tetapi juga pada kemampuan aplikasi dan praktik di dunia industri (Permendikbud No. 34 Tahun 2018). Namun, permasalahan umum yang sering dijumpai di SMK adalah rendahnya minat dan pemahaman siswa terhadap konsep fisika karena keterbatasan media yang mampu mengaitkan teori dengan penerapan nyata di bidang teknik listrik. Oleh karena itu, dibutuhkan media pembelajaran interaktif yang memungkinkan siswa melakukan eksplorasi konsep energi listrik melalui alat nyata yang dapat diobservasi secara digital (Sholeha et al., 2022). Integrasi teknologi IoT dalam pembelajaran fisika di SMK dapat menjadi strategi efektif untuk menghadirkan pembelajaran yang konkret, aplikatif, dan kontekstual, sesuai karakteristik pendidikan vokasional.

2. Internet of Things (IoT) dalam Pendidikan

Internet of Things (IoT) adalah konsep di mana perangkat fisik saling terhubung melalui jaringan internet untuk mengumpulkan, bertukar, dan mengirim data tanpa intervensi manusia secara langsung (Yusuf & Adinda, 2022). Dalam bidang pendidikan, IoT memungkinkan integrasi antara dunia

nyata dan digital, memberikan peluang bagi siswa untuk berinteraksi dengan sistem cerdas secara real-time (Novera Kristianti, 2019). Pemanfaatan IoT dalam pembelajaran sains dan fisika memungkinkan proses belajar menjadi lebih eksperiensial (berbasis pengalaman) dan interaktif (Samsugi et al., 2021). Melalui sensor dan mikrokontroler seperti ESP32, siswa dapat mengamati perubahan arus, tegangan, dan daya listrik secara langsung melalui aplikasi seperti Blynk atau IoT Dashboard (Mardiana et al., 2024)

3. Konsep Energi Listrik

Energi listrik merupakan bentuk energi yang dihasilkan dari aliran muatan listrik melalui penghantar. Hubungan antara daya, arus, tegangan, dan energi listrik dijelaskan oleh rumus dasar:

$$P = V \times I$$

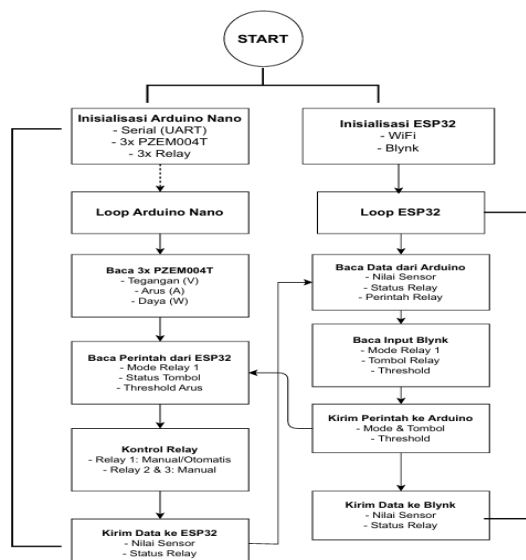
$$E = P \times t$$

di mana:

P = daya listrik (Watt),
 V = tegangan (Volt),
 I = arus listrik (Ampere),
 E = energi listrik (Joule atau kWh).

Pemahaman konsep ini penting bagi siswa SMK karena berkaitan langsung dengan bidang ketenagalistrikan, instalasi, dan efisiensi energi di lingkungan industri. Melalui penggunaan media berbasis IoT, siswa dapat melihat perubahan nilai arus, tegangan, dan daya secara langsung, sehingga hubungan antarbesaran listrik dapat dipahami secara nyata. Pengalaman belajar berbasis pengamatan langsung terhadap fenomena fisika mampu meningkatkan *conceptual understanding* dibandingkan pembelajaran konvensional yang bersifat verbalistik.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram alur kerja sistem IoT berbasis mikrokontroler (Arduino Nano dan ESP32)

Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (Research and Development /R&D) yang bertujuan untuk menghasilkan produk media pembelajaran interaktif berbasis Internet of Things

(IoT) pada konsep energi listrik serta menguji tingkat kelayakan dan efektivitasnya dalam pembelajaran fisika di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK).

Model pengembangan yang digunakan adalah ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation) yang dikemukakan oleh Branch (2010). Model ini dipilih karena bersifat sistematis dan fleksibel dalam mengembangkan produk pendidikan. Setiap tahap memiliki tujuan dan keluaran yang spesifik untuk memastikan media yang dikembangkan benar-benar sesuai kebutuhan pembelajaran.

Pada tahap analisis, dilakukan identifikasi terhadap kebutuhan siswa dan guru fisika di SMK serta analisis kurikulum pada materi energi listrik (Sholeha & Harahap, 2023). Tahap perancangan mencakup penyusunan rancangan perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) media pembelajaran. Media dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor PZEM-004T, dan aplikasi Blynk sebagai antarmuka pengguna untuk menampilkan data arus, tegangan, dan daya listrik secara *real-time*.

Tahap pengembangan meliputi proses perakitan alat, pemrograman mikrokontroler menggunakan *Arduino IDE*, serta integrasi antara sistem sensor dan aplikasi IoT (Ismail et al., 2023). Produk yang telah dikembangkan kemudian divalidasi oleh ahli materi dan ahli media untuk menilai aspek kelayakan isi, tampilan, dan interaktivitas. Hasil validasi digunakan sebagai dasar revisi produk. Selanjutnya, pada tahap implementasi, media pembelajaran diuji cobakan pada 25 siswa kelas XI SMK program keahlian Teknik Instalasi Tenaga Listrik di Kota Medan. Siswa mengikuti kegiatan pembelajaran menggunakan media IoT untuk mengamati hubungan antara arus, tegangan, dan daya listrik.

Data penelitian diperoleh melalui lembar validasi ahli, tes hasil belajar (pretest dan posttest), serta angket respon siswa. Hasil tes digunakan untuk mengetahui peningkatan pemahaman konsep energi listrik, sedangkan angket digunakan untuk menilai kepraktisan dan daya tarik media. Analisis kelayakan media pembelajaran dilakukan dengan menghitung persentase hasil penilaian ahli menggunakan rumus persentase kelayakan (Supriyadi & Maya Sofiana, 2021)

$$P = \frac{\text{Skor Diperoleh}}{\text{Skor Maksimum}} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

P = Persentase kelayakan media pembelajaran (%)

Skor Diperoleh = Jumlah skor hasil penilaian dari validator (ahli materi atau ahli media)

Skor Maksimum = Skor tertinggi yang mungkin diperoleh dari seluruh butir penilaian

100% = Konstanta untuk mengubah nilai ke dalam bentuk persentase

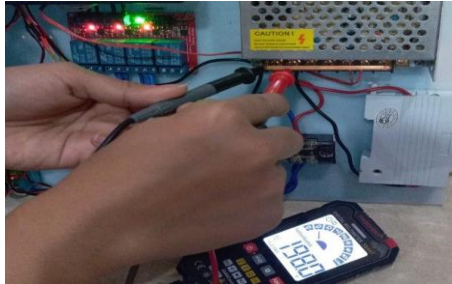
dengan kriteria: 81–100% (sangat layak), 61–80% (layak), 41–60% (cukup layak), dan <40% (kurang layak). Kemudian efektivitas media terhadap hasil belajar dianalisis. Media dikategorikan efektif apabila nilai *N-Gain* $\geq 0,3$ (kategori sedang–tinggi). Penelitian ini dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2024/2025. Hasil akhir dari tahapan ini adalah media pembelajaran interaktif berbasis IoT yang layak, efektif, dan menarik, serta dapat diintegrasikan dalam pembelajaran fisika pada konsep energi listrik di lingkungan vokasional.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Data

Table 1. Pengujian Power Supply

Pengujian	V Input (AC)	V Output (DC)
1	222,7 V	5,0 V
2	221,7 V	5,0 V
3	222,0 V	5,1 V
4	223,1 V	5,2 V
5	222,7 V	5,0 V



Gambar 2. Pengujian Power Supply

Hasilnya pengujian *power supply* dapat bekerja sesuai dengan fungsinya yaitu bisa merubah dari tegangan AC menjadi tegangan DC dan dapat menurunkan tegangan rata-rata 220 VAC ke 5 VDC.

Tabel 2. Pengujian Sensor PZEM-004T

No	Pembacaan Tegangan (Multimeter)	Pembacaan Tegangan (LCD)	Pembacaan Arus (Multimeter)	Pembacaan Arus (LCD)
1	4,72 V	4,73 V	0,04 A	0,04 A
2	4,73 V	4,74 V	0,04 A	0,05 A
3	4,74 V	4,74 V	0,33 A	0,39 A
4	4,73 V	4,74 V V	0,35 A	0,39 A
5	4,73 V	4,73 V V	0,37 A	0,41 A

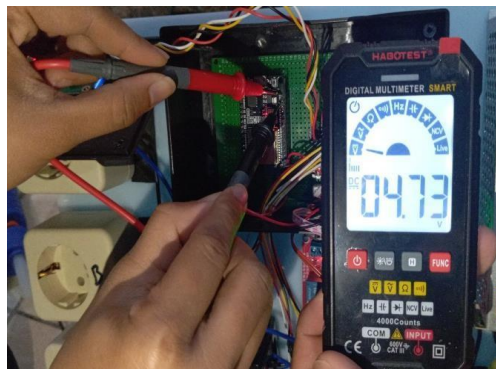


Gambar 3. Pengujian Sensor PZEM-004T

Pengujian dapat dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran oleh sensor dan multimeter. Hasil dari pembacaan olahan data Sensor PZEM-004T akan dikirimkan menuju LCD untuk ditampilkan dalam bentuk visual. Berikut merupakan tabel hasil pengujian dari Sensor PZEM-004T.

Table 3. Pengujian Arduino NANO

Pengujian	Tegangan Input
1	4,6 VDC
2	4.7VDC
3	4.7 VDC
4	4.7VDC
5	4.6 VDC

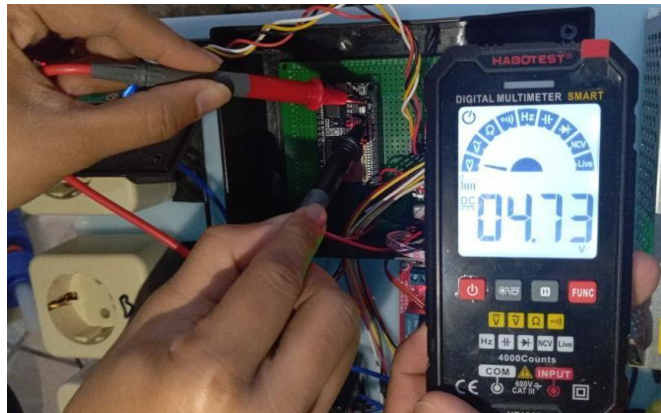


Gambar 4. Pengujian Arduino Nano

Hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan kerja Arduino Nano berada pada kisaran 4.7 V yang sangat sesuai dengan kebutuhan operasionalnya. Selama proses pembacaan data sensor berlangsung, tidak ditemukan penurunan tegangan yang signifikan. Arduino Nano mampu bekerja dengan stabil, mengolah data dari sensor PZEM-004T, dan mengirimkannya ke ESP32. Hal ini menunjukkan bahwa Arduino Nano berfungsi dengan baik dan dapat diandalkan sebagai unit pemrosesan dalam sistem monitoring daya listrik ini.

Table 4. Pengujian Modul ESP 32

Pengujian	Tegangan Input
1	4.72 VDC
2	4.73 VDC
3	4.74 VDC
4	4.7 VDC
5	4.72 VDC

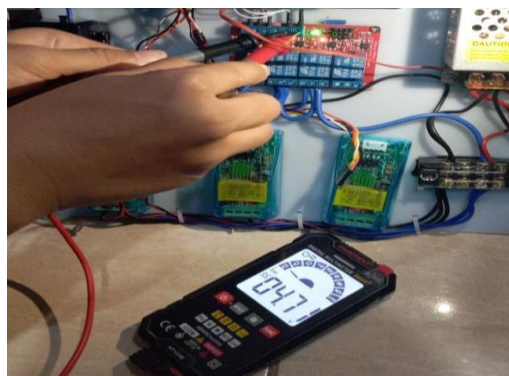


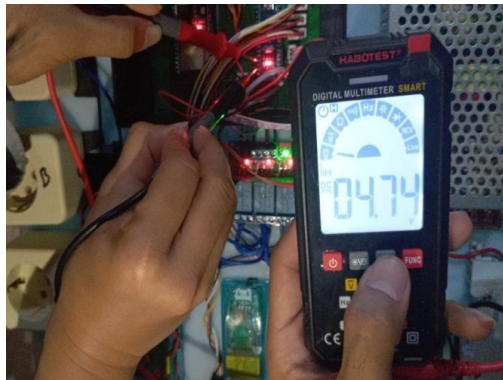
Gambar 5. Pengujian Modul ESP 32

Berdasarkan hasil data pengukuran yang dilakukan, diketahui bahwa tegangan dari ESP32 adalah sebesar 4.7 VDC. Ketika tegangan diberikan, lampu indikator pada ESP32 menyala dengan warna merah. Indikator ini menandakan bahwa mikrokontroler sedang beroperasi dengan baik. Pengukuran ini menunjukkan bahwa ESP32 berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan, dan lampu indikator yang menyala memberikan umpan balik visual yang memastikan bahwa mikrokontroler dalam kondisi kerja yang optimal. Hal ini penting untuk mengonfirmasi bahwa perangkat keras berfungsi sebagaimana mestinya sebelum melanjutkan ke tahap pengembangan atau integrasi lebih lanjut dalam proyek.

Table 5. Pengujian Relay 4 chanel

Relay	Perintah	Relay Bekerja	Kondisi Stop Kontak	Tegangan Stop Kontak
1	OFF	Ya	Mati	0 V
1	ON	Ya	Nyala	221,5 V
2	OFF	Ya	Mati	0 V
2	ON	Ya	Nyala	221,5 V
3	OFF	Ya	Mati	0 V
3	ON	Ya	Nyala	223,2 V





Gambar 6. Pengujian Relay 4 chanel

Berdasarkan hasil pengujian solid state relay diatas dapat disimpulkan bahwa, *low* pada relay adalah ketika relay mati untuk *high* pada relay adalah ketika relay hidup, dan pada pengujian ini solid state relay dapat bekerja sesuai perintah sebagai pemutus atau penghubung aliran listrik.



Gambar 7. Pengujian Liquid Crystal Display

Setelah dilakukan pengujian pada LCD menampilkan nilai tegangan, arus, dan kondisi relay dari rangkaian alat tersebut, sehingga LCD berfungsi dengan baik karena dapat menampilkan nilai yang dihasilkan komponen

PEMBAHASAN

Permasalahan utama yang ditemukan adalah kurangnya kesadaran pengguna dalam mengelola penggunaan energi listrik secara efisien. Banyak masyarakat yang masih sering lupa mematikan peralatan elektronik setelah digunakan, sehingga menyebabkan pemborosan energi listrik. Kondisi tersebut tidak hanya berdampak pada meningkatnya biaya listrik, tetapi juga dapat memperpendek umur pakai (lifetime) perangkat elektronik akibat penggunaan berlebihan. Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan sebuah sistem yang mampu memantau serta mengendalikan penggunaan daya listrik secara otomatis dan real-time. Sistem ini diharapkan dapat membantu pengguna dalam mengatur suplai arus listrik ke beban, baik secara manual maupun otomatis, melalui aplikasi berbasis Android menggunakan platform Blynk. Selain itu, sistem ini juga dapat diimplementasikan pada berbagai lingkungan seperti perkantoran, sekolah, maupun fasilitas umum lainnya untuk mendukung efisiensi energi dan pengendalian beban listrik yang lebih cerdas. Setelah tahap analisis selesai dilakukan, langkah selanjutnya adalah tahap perancangan (design) yang bertujuan untuk merancang sistem sesuai dengan kebutuhan dan tujuan penelitian. Pada tahap ini dilakukan penyusunan desain konseptual baik dari sisi perangkat keras (hardware) maupun perangkat lunak (software) sebelum proses implementasi dan pengujian

dilakukan. Komponen utama yang digunakan meliputi mikrokontroler Arduino Nano, ESP32, sensor PZEM-004T, relay, LCD 16x2, serta power supply sebagai sumber daya sistem. Selain perancangan perangkat keras, tahap ini juga mencakup perancangan perangkat lunak yang meliputi penulisan program pada mikrokontroler, komunikasi data antarperangkat melalui protokol UART, serta integrasi dengan aplikasi Blynk untuk pengendalian dan pemantauan beban secara real-time melalui koneksi WiFi. Hasil dari tahap perancangan ini berupa rancangan sistem secara menyeluruh yang menjadi dasar dalam proses pembuatan alat dan pengujian

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan media pembelajaran interaktif fisika berbasis Internet of Things (IoT) pada materi energi listrik di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). Media ini mengintegrasikan mikrokontroler ESP32, Arduino Nano, sensor PZEM-004T, dan aplikasi Blynk untuk memantau serta mengontrol arus, tegangan, dan daya listrik secara *real-time*.

Hasil validasi ahli menunjukkan tingkat kelayakan sebesar 89% dari ahli materi dan 91% dari ahli media, yang dikategorikan sangat layak. Uji coba terbatas terhadap 25 siswa kelas XI menunjukkan peningkatan pemahaman konsep energi listrik sebesar 32% (kategori sedang) berdasarkan nilai *N-Gain*. Hal ini membuktikan bahwa media pembelajaran berbasis IoT efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika sekaligus menumbuhkan literasi teknologi siswa SMK.

Selain itu, media ini memberikan pengalaman belajar yang kontekstual, aplikatif, dan sesuai dengan tuntutan era industri 4.0, di mana keterampilan digital dan analisis data menjadi kompetensi penting bagi lulusan vokasional. Oleh karena itu, media pembelajaran berbasis IoT direkomendasikan untuk diterapkan secara lebih luas dalam pembelajaran fisika dan kejuruan teknik di tingkat SMK maupun pendidikan tinggi vokasional.

Penelitian lanjutan disarankan untuk mengembangkan versi *cloud-based IoT learning* agar data pengukuran dapat tersimpan dan dianalisis secara daring sebagai bahan evaluasi pembelajaran.

REFERENSI

- Asnil, A., & Eliza, F.-. (2021). Pelatihan Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Internet of Thing untuk Meningkatkan Kompetensi Guru SMK. *Suluh Bendang: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 21(3). <https://doi.org/10.24036/sb.01720>
- Gde Ekayana, A. A. (2019). PENGEMBANGAN MODUL PEMBELAJARAN MATA KULIAH INTERNET OF THINGS. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 16(2). <https://doi.org/10.23887/jptk-undiksha.v16i2.17594>
- Ismail, S., Othman, M. A., Misran, M. H., Meor Said, M. A., Jaafar, A. S., Abdul Manap, R., Nugraha, Y. T., Hassan, N. M., & Suhaimi, S. (2023). An Analysis of Width Feedline of Ice Cream Cone Antenna in 5G Technology for Internet of Things (IoT) Applications. *2023 International Conference on Information Technology (ICIT)*, 599–603. <https://doi.org/10.1109/ICIT58056.2023.10226016>
- Listyarini, I., Ulumuddin, A., Basyar, M. A. K., & Saputra, H. J. (2022). PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN MELALUI APLIKASI ANYFLIP DI SEKOLAH DASAR. *Wawasan Pendidikan*, 2(1). <https://doi.org/10.26877/wp.v2i1.9787>
- Mardiana, Y., Kalsum, T. U., Prahasti, P., Sallaby, A. F., & Iskandar, A. P. (2024). Pemanfaatan Internet of Thing dalam dunia pendidikan Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Kepahiang. *Jurnal Dehasen Untuk Negeri*, 3(1). <https://doi.org/10.37676/jdun.v3i1.5486>
- Miftah, Z. (2018). Simulasi Pembelajaran Internet of Things menggunakan Cisco Packet Tracer 7.1.1. *Journal of Information Engineering and Educational Technology*, 2(1). <https://doi.org/10.26740/jieet.v2n1.p41-46>
- Muhammad Yusuf, Dwi Julianingsih, & Tarisya Ramadhani. (2023). Transformasi Pendidikan Digital 5.0 melalui Integrasi Inovasi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi. *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan Dan Teknologi Informasi*, 2(1). <https://doi.org/10.33050/mentari.v2i1.328>
- Ndruru, M., & Manurung, S. M. (2023). Pengaruh Penggunaan Teknologi Internet of Things (IoT) dalam Pembelajaran Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi Dan Komputer*, 02(01).

- Novera Kristianti. (2019). PENGARUH INTERNET OF THINGS (IOT) PADA EDUCATION BUSINESS MODEL : STUDI KASUS UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA. *Jurnal Teknologi Informasi Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Bidang Teknik Informatika*, 13(2). <https://doi.org/10.47111/jti.v13i2.254>
- Nurtamam, M. E., Santosa, T. A., Tubagus, M., & Rahman, A. (2023). Efektivitas pembelajaran flipped learning berbasis internet of things (iot) untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa: Meta-analysis. *Innovative: Journal Of ...*, 3(3).
- Samsugi, S., Damayanti, D., Nurkholis, A., Permatasari, B., Nugroho, A. C., & Prasetyo, A. B. (2021). Internet of Things Untuk Peningkatan Pengetahuan Teknologi Bagi Siswa. *Journal of Social Sciences and Technology for Community Service (JSSTCS)*, 2(2).
- Sardi Salim, Ade Irawaty Tolago, & Maharani R.P. Syafii. (2022). Analisis Intensitas Energi Listrik dalam Menghemat Penggunaan Listrik di Fakultas Teknik UNG. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi*, 11(3). <https://doi.org/10.22146/jnteti.v11i3.3836>
- Sholeha, D., Fitra Zambak, M., Tri Nugraha, Y., & Studi Magister Teknik Elektro, P. (2022). Implementasi ANFIS Dalam Prakiraan Perkembangan Energi Baru dan Terbarukan di Indonesia Pada Tahun 2030. *Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jl. Denai No*, 5(2).
- Sholeha, D., & Harahap, M. (2023). ANALISIS PENGGUNAAN PHOTOVOLTAIC DALAM PENGEMBANGAN TEKNOLOGI SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID UNTUK RUMAH TINGGAL DI KABUPATEN ACEH TENGGARA. *Jurnal Darma Agung*, 31(1). <https://doi.org/10.46930/ojsuda.v31i1.3013>
- Sirait, E. J., Pujiyanto, A., & Ziliwu, B. W. (2023). Penerapan Internet of Things Untuk Pengendalian Lampu Menggunakan NodeMCU ESP8266 Sebagai Media Pembelajaran Praktik Di Politeknik Kelautan Dan Perikanan Sorong. *Jurnal Pendidikan*, 11(1). <https://doi.org/10.36232/pendidikan.v11i1.2933>
- Supriyadi, E., & Maya Sofiana. (2021). Strategi Pengembangan Sistem Informasi Berbasis E-KTP di Kantor Kelurahan Galur (Studi Kasus Kelurahan Galur Kota Jakarta Pusat). *Jurnal Sistem Informasi*, 10(2). <https://doi.org/10.51998/jsi.v10i2.421>
- TITIN WAHYUNI, RIZKI YUSLIANA BAKTI, LUKMAN ANAS, RIDWANG, AHMAD RISAL, & ANDI AGUNG DWI ARYA BULU. (2022). PENGEMBANGAN MEDIA TRAINER INTERNET OF THINGS (IOT) DI SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN. *Jurnal INSTEK (Informatika Sains Dan Teknologi)*, 7(1). <https://doi.org/10.24252/instek.v7i1.28871>
- Yusuf, I., & Adinda, P. R. (2022). Internet of Things Dalam Pendidikan Di Masa Pandemi Covid-19 Dan Di Era Masyarakat 5.0. *Portaldata.Org*, 2(9).