

PENGEMBANGAN MODUL PEMBELAJARAN BERBASIS IOT TENTANG KUALITAS AIR UNTUK MENINGKATKAN KREATIVITAS MAHASISWA

Desi Yulia Safitri^{1*}, Wawan Kurniawan², Dian Pertiwi Rasmi³

^{1,2,3} Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Jambi, Indonesia

*Corresponding Author: desiisafitri25@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh rendahnya kemampuan mahasiswa dalam mengaitkan konsep kualitas air dengan kondisi nyata serta terbatasnya penggunaan media pembelajaran berbasis teknologi dalam pembelajaran Fisika Lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan modul pembelajaran berbasis *Internet of Things* (IoT) pada materi kualitas air dengan pendekatan *Project Based Learning* (PjBL) untuk meningkatkan kreativitas mahasiswa. Metode yang digunakan adalah penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) dengan model ADDIE yang meliputi tahap *analysis, design, develop, implementation, and evaluation*. Subjek penelitian terdiri dari dosen pengampu mata kuliah Fisika Lingkungan serta validator ahli materi dan ahli media. Teknik pengumpulan data menggunakan wawancara dan angket, sedangkan analisis data dilakukan dengan metode spiral dan analisis deskriptif kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modul yang dikembangkan memperoleh nilai validasi sebesar 96% dari ahli materi dan 93% dari ahli media dengan kategori sangat valid. Modul ini mengintegrasikan teknologi IoT melalui alat monitoring kualitas air yang memungkinkan mahasiswa melakukan pengukuran dan analisis data secara real-time dalam kegiatan berbasis proyek. Dengan demikian, modul yang dikembangkan dinyatakan layak digunakan serta berkontribusi dalam pengembangan pembelajaran berbasis teknologi untuk meningkatkan kreativitas mahasiswa.

Kata Kunci: Modul pembelajaran, *Internet of Things* (IoT), *Project Based Learning* (PjBL), kualitas air, kreativitas mahasiswa

ABSTRACT

This study is motivated by the low ability of students to relate water quality concepts to real-world conditions and the limited use of technology-based learning media in Environmental Physics learning. This research aims to develop an *Internet of Things* (IoT)-based learning module on water quality material using a *Project Based Learning* (PjBL) approach to enhance students' creativity. The method used is *Research and Development* (R&D) with the ADDIE model, consisting of *analysis, design, development, implementation, and evaluation* stages. The research subjects include lecturers of Environmental Physics and expert validators consisting of material and media experts. Data collection techniques involve interviews and questionnaires, while data analysis uses spiral methods and quantitative descriptive analysis. The results show that the developed module obtained a validation score of 96% from material experts and 93% from media experts, categorized as highly valid. The

module integrates IoT technology through a water quality monitoring system that enables students to conduct real-time measurement and data analysis in project-based activities. Therefore, the developed module is feasible to use and contributes to the advancement of technology-based learning in improving students' creativity.

Keywords: *Learning module, Internet of Things (IoT), Project Based Learning, water quality, student creativity*

PENDAHULUAN

Perkembangan zaman di era modern menuntut adanya inovasi dalam proses pembelajaran di perguruan tinggi. Pembelajaran tidak lagi hanya berorientasi pada penyampaian materi secara teoritis, tetapi juga perlu memberikan pengalaman belajar yang kontekstual dan berbasis teknologi (Salsabila & Arwani, 2025); (Humayra et al., 2025). Integrasi teknologi dalam pembelajaran menjadi salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas proses belajar serta keterampilan abad ke-21 seperti kreativitas dan pemecahan masalah (Riska et al., 2025); (Bani, K.N., Falasifah, F.Iskandar, 2025). Dalam pembelajaran fisika, khususnya pada materi lingkungan seperti kualitas air, mahasiswa diharapkan tidak hanya memahami konsep, tetapi juga mampu mengaitkannya dengan kondisi nyata di lingkungan sekitar (Henukh et al., 2024). Kualitas air merupakan salah satu konsep penting dalam kajian fisika lingkungan yang berkaitan erat dengan kehidupan manusia dan keberlangsungan ekosistem (Azizah et al., 2023); (Wulandari et al., 2022). Penilaian kualitas air dilakukan melalui berbagai parameter fisik dan kimia, seperti suhu, derajat keasaman (pH), serta kandungan zat terlarut (Total Dissolved Solids). Parameter-parameter tersebut menjadi indikator utama dalam menentukan tingkat pencemaran dan kelayakan air untuk digunakan dalam berbagai aktivitas (Fadila et al., 2023).

Seiring dengan perkembangan teknologi, pembelajaran mengenai kualitas air tidak hanya dilakukan secara teoritis, tetapi juga dapat diimplementasikan melalui sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) (Khoir, 2024); (Febrianti et al., 2021). Teknologi ini memungkinkan proses pemantauan kualitas air dilakukan secara otomatis dan real-time dengan memanfaatkan sensor serta mikrokontroler seperti NodeMCU atau ESP8266. Data hasil pengukuran dapat dikirimkan ke platform digital sehingga dapat diakses dan dianalisis secara langsung (Prasetya, 2025). Dalam konteks pembelajaran, penggunaan alat monitoring berbasis IoT memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan kontekstual karena mahasiswa dapat mengamati dan menganalisis data lingkungan secara nyata (Harianto et al., 2025). Selain itu, penggunaan teknologi berbasis data juga mampu meningkatkan keterampilan analisis dan literasi digital mahasiswa (Dwiki Darmawan et al., 2025).

Namun, berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan dosen pengampu mata kuliah Fisika Lingkungan Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jambi, diketahui bahwa pembelajaran pada materi kualitas air masih perlu ditingkatkan. Mahasiswa cenderung memahami konsep secara teoritis, tetapi mengalami kesulitan dalam mengaitkannya dengan kondisi nyata karena minimnya kegiatan praktikum berbasis data. Metode pembelajaran yang digunakan, seperti ceramah, diskusi, dan pemanfaatan platform digital, belum sepenuhnya mampu memberikan pengalaman belajar yang interaktif. Selain itu, penggunaan teknologi berbasis sensor dan IoT dalam pembelajaran belum pernah diterapkan dan masih terbatas akibat kurangnya media dan modul yang mendukung. Kondisi ini sejalan dengan penelitian

sebelumnya yang menunjukkan bahwa keterbatasan media pembelajaran berbasis teknologi menjadi salah satu faktor rendahnya keterlibatan mahasiswa.

Meskipun berbagai penelitian telah mengembangkan media pembelajaran berbasis *Internet of Things* (IoT) maupun menerapkan model *Project Based Learning* (PjBL), sebagian besar penelitian masih berfokus pada peningkatan hasil belajar, literasi digital, atau keterampilan berpikir kritis. Penelitian terkait penggunaan IoT dalam pembelajaran kualitas air umumnya lebih menitikberatkan pada aspek teknis sistem monitoring dan belum banyak dimanfaatkan sebagai bahan ajar terstruktur dalam bentuk modul pembelajaran. Penelitian oleh Irawati & Sulisworo, (2023) telah mengintegrasikan smart water monitoring berbasis IoT dalam pembelajaran sains menggunakan model PBL. Namun, penelitian tersebut berfokus pada peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa dan belum mengembangkan bahan ajar berupa modul pembelajaran maupun mengkaji kreativitas mahasiswa. Sementara itu, penelitian mengenai sistem monitoring kualitas air berbasis IoT yang dilakukan oleh Keshipeddi, (2021) lebih menitikberatkan pada aspek teknis pengembangan alat monitoring kualitas air secara real-time, sehingga pemanfaatannya dalam konteks pembelajaran masih terbatas. Selain itu, penelitian mengenai penerapan *Project Based Learning* (PjBL) pada topik pencemaran air menunjukkan peningkatan keterampilan berpikir kreatif, tetapi belum mengintegrasikan teknologi IoT dalam proses pembelajaran. Dengan demikian, masih terdapat celah penelitian terkait pengembangan modul berbasis IoT yang terintegrasi dengan PjBL pada materi kualitas air untuk meningkatkan kreativitas mahasiswa Pendidikan Fisika.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan inovasi pembelajaran yang mampu meningkatkan keterlibatan dan kreativitas mahasiswa. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah model *Project Based Learning* (PjBL), yang menekankan pada pembelajaran melalui proyek nyata. Model ini memungkinkan mahasiswa untuk merancang, melaksanakan, dan mengevaluasi suatu proyek sehingga dapat mengembangkan kemampuan berpikir kreatif, kritis, dan pemecahan masalah (Damayanti Nababan et al., 2023); (Nurhamidah & Nurachadijat, 2023). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran, khususnya yang dipadukan dengan model *Project Based Learning* (PjBL), mampu meningkatkan kreativitas mahasiswa. (Riyadi1 et al (2025) Integrasi teknologi seperti IoT juga memberikan pengalaman belajar berbasis data nyata yang mendorong mahasiswa untuk melakukan eksplorasi, analisis, dan pengembangan ide secara mandiri.

Untuk mendukung pembelajaran tersebut, diperlukan bahan ajar yang disusun secara sistematis, salah satunya adalah modul pembelajaran. Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan modul pembelajaran berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi dengan sintaks *Project Based Learning* (PjBL) pada materi kualitas air untuk meningkatkan kreativitas mahasiswa Pendidikan Fisika. Selain itu, penelitian ini memanfaatkan perangkat monitoring kualitas air berbasis IoT sebagai media belajar berbasis data real-time sehingga memberikan pengalaman belajar yang kontekstual dan interaktif. Modul merupakan bahan ajar yang dirancang secara terstruktur dengan bahasa yang mudah dipahami sehingga memungkinkan mahasiswa belajar secara mandiri (Mardia & Sundara, 2020); (Atik & Mulyani, 2022). Modul yang dikembangkan dalam penelitian ini modul berbasis *Internet of Things* (IoT) pada materi kualitas air dan dipadukan dengan pendekatan *Project Based Learning* untuk mampu meningkatkan kreativitas mahasiswa.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Reserch and Development* dengan model ADDIE (*Analysis, Design, Develop, Implementation, and Evaluation*). Penelitian dilaksanakan pada Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jambi pada semester ganjil tahun akademik 2025/2026. Subjek penelitian terdiri atas dosen pengampu mata kuliah Fisika Lingkungan sebagai sumber data analisis kebutuhan serta validator ahli yang terdiri atas dua ahli materi dan dua ahli media. Ahli materi merupakan dosen yang memiliki keahlian di bidang Fisika Lingkungan, sementara itu, ahli media merupakan dosen atau praktisi yang memiliki keahlian dalam pengembangan media atau bahan ajar berbasis teknologi. Validator dipilih secara purposive berdasarkan kesesuaian bidang keahlian, pengalaman, dan kompetensi dalam pengembangan pembelajaran. Objek penelitian adalah modul pembelajaran berbasis *Internet of Things* (IoT) pada materi kualitas air. Berikut siklus ADDIE menurut Branch (2009):



Gambar 1. Siklus ADDIE

Tahap awal dalam penelitian ini adalah analisis kebutuhan yang meliputi analisis kurikulum, materi kualitas air, serta hasil wawancara dengan dosen pengampu untuk mengidentifikasi permasalahan pembelajaran. Selanjutnya, tahap kedua yaitu desain dilakukan dengan merancang modul pembelajaran berbasis *Internet of Things* (IoT). Modul ini dikembangkan dengan pendekatan *Project Based Learning* (PjBL) untuk mendorong keterlibatan aktif mahasiswa. Struktur modul mencakup sampul, kata pengantar, daftar isi, pendahuluan, pengenalan perangkat alat monitoring, pengenalan software arduino IDE, tujuan pembelajaran, manfaat, kompetensi, materi, kegiatan proyek, dan penutup. Selain itu, modul dirancang secara interaktif dengan menyertakan ilustrasi serta media pendukung berupa video yang dapat diakses melalui tautan maupun barcode, sehingga diharapkan mampu memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik, kontekstual, dan berbasis teknologi guna meningkatkan kreativitas mahasiswa

Tahap ketiga yaitu tahap pengembangan merupakan proses penyusunan konten modul pembelajaran berbasis IoT sesuai dengan desain yang telah dirancang. Pada tahap ini, modul dikembangkan menjadi prototipe dalam bentuk bahan ajar cetak yang memuat seluruh komponen pembelajaran termasuk materi kualitas air dan aktivitas berbasis proyek. Prototipe modul kemudian diuji melalui proses validasi oleh ahli materi dan ahli media untuk menilai kesesuaian isi, kejelasan penyajian, serta kualitas tampilan. Selanjutnya, tahap evaluasi dilakukan secara berkelanjutan pada setiap tahapan, mulai dari analisis, desain, hingga pengembangan, dengan tujuan untuk memastikan kualitas modul serta ketercapaian tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan.

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi wawancara dan angket.

Wawancara digunakan pada tahap analisis kebutuhan untuk memperoleh informasi terkait kondisi pembelajaran, sedangkan angket digunakan untuk mengumpulkan data hasil validasi modul oleh ahli materi dan ahli media. Angket validasi ahli materi mencakup aspek kelayakan isi, penyajian, dan bahasa, sedangkan angket validasi ahli media meliputi aspek desain modul, interaktivitas, kemudahan penggunaan, dan aksesibilitas perangkat. Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode spiral dan analisis deskriptif kuantitatif. Metode spiral digunakan untuk menganalisis data hasil wawancara pada tahap analisis kebutuhan, sedangkan analisis deskriptif kuantitatif digunakan untuk mengolah data hasil validasi ahli materi dan ahli media dengan menghitung persentase skor untuk menentukan tingkat kelayakan modul. Untuk mengolah data hasil validasi dengan menghitung persentase skor menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor Maksimal}} \times 100\%$$

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode spiral dan analisis deskriptif kuantitatif. Metode spiral digunakan untuk menganalisis data hasil wawancara pada tahap analisis kebutuhan, sedangkan analisis deskriptif kuantitatif digunakan untuk mengolah data hasil validasi ahli materi dan ahli media dengan menghitung persentase skor untuk menentukan tingkat kelayakan modul. Kriteria validitas modul ditetapkan berdasarkan persentase, yaitu 0–20% (tidak valid), 21–40% (kurang valid), 41–60% (cukup valid), 61–80% (valid), dan 81–100% (sangat valid) (Anggraini & Nelmira, 2023). Analisis ini bertujuan untuk memastikan bahwa modul pembelajaran berbasis *Internet of Things* (IoT) pada materi kualitas air layak digunakan dalam meningkatkan kreativitas mahasiswa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan pada tahap awal dilakukan melalui analisis kurikulum dan materi yang berfokus pada capaian serta tujuan pembelajaran pada mata kuliah Fisika Lingkungan, khususnya materi kualitas air. Analisis ini bertujuan untuk memastikan bahwa modul yang dikembangkan sesuai dengan tuntutan pembelajaran yang berlaku. Selanjutnya, analisis materi dilakukan untuk mengkaji kedalaman dan keluasan konsep kualitas air, meliputi parameter fisik dan kimia seperti suhu, pH, dan *Total Dissolved Solids* (TDS), sehingga modul dapat disesuaikan dengan tingkat pemahaman mahasiswa. Pengumpulan data pada tahap ini dilakukan melalui studi pustaka dengan memanfaatkan berbagai sumber tertulis, seperti buku, artikel ilmiah, prosiding, serta dokumen kurikulum yang relevan dengan pengembangan modul pembelajaran berbasis IoT.

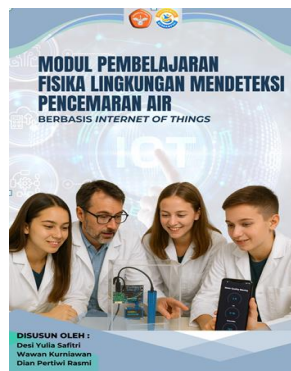
Analisis kebutuhan pada tahap kedua yaitu wawancara dengan dosen pengampu mata kuliah fisika lingkungan Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jambi dengan metode spiral menggunakan lembar wawancara semi terstruktur yang mencakup beberapa indikator, seperti pemahaman mahasiswa, metode pembelajaran dan media yang digunakan, pemanfaatan teknologi, kendala yang dihadapi, respon mahasiswa, serta harapan terhadap pengembangan pembelajaran. Adapun hasil analisis kebutuhan dengan metode spiral sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Wawancara dengan metode spiral

Tahap	Aktivitas	Kategori Utama
Pengumpulan Data	Wawancara dengan dosen	Pemahaman mahasiswa masih bersifat teoritis
Organisasi Data	Mengelompokkan data berdasarkan indikator wawancara	Metode pembelajaran dan media yang digunakan
Membaca dan Mengurai Data	Mengidentifikasi pola terkait kendala dan penggunaan teknologi	Keterbatasan praktikum dan penggunaan teknologi IoT
Interpretasi dan Refleksi	Menyimpulkan kebutuhan pembelajaran dan arah pengembangan modul	Kebutuhan modul berbasis IoT untuk meningkatkan kreativitas

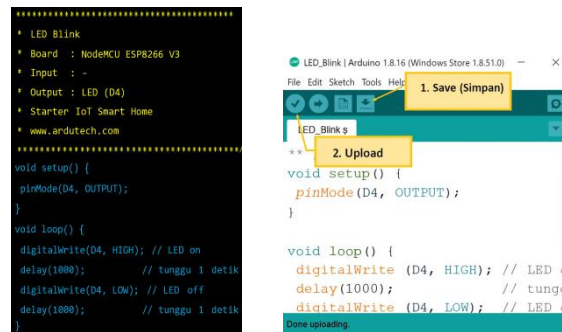
Deskripsi Modul Pembelajaran

Hasil penelitian menghasilkan modul pembelajaran berbasis Internet of Things (IoT) pada materi kualitas air yang dirancang untuk meningkatkan kreativitas mahasiswa. Modul disusun secara sistematis dengan mengintegrasikan pendekatan Project Based Learning (PjBL) serta memuat komponen modul. Berikut hasil sampul modul yang bisa dilihat dibawah ini:

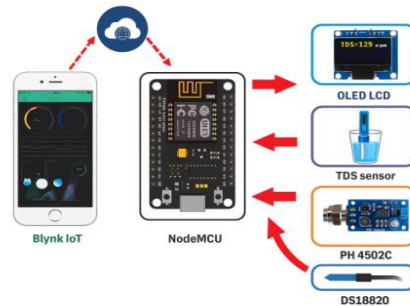


Gambar 2. Sampul Modul

Pada bagian sampul modul ditampilkan identitas modul yang meliputi judul, nama penulis, serta ilustrasi yang merepresentasikan materi kualitas air. Desain sampul dibuat menarik dengan perpaduan warna yang seimbang serta visual yang menggambarkan penggunaan teknologi dalam pemantauan kualitas air. Modul ini diperuntukkan bagi mahasiswa pada mata kuliah Fisika Lingkungan. Isi modul disusun secara sistematis yang terdiri atas pendahuluan, pengenalan teknologi IoT, pengenalan alat monitoring, pengenalan software arduino IDE, tujuan pembelajaran, manfaat, kompetensi yang dicapai, materi utama, kegiatan proyek, serta penutup. Materi yang disajikan berkaitan dengan parameter kualitas air seperti suhu, pH, dan *Total Dissolved Solids* (TDS) yang dikaitkan dengan kondisi lingkungan nyata. Selain itu, modul mengintegrasikan penggunaan alat monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) melalui kegiatan proyek yang memungkinkan mahasiswa melakukan pengukuran dan analisis data secara langsung.



Gambar 3. Pemrograman Arduino IDE



Gambar 4. Visualisasi IoT

Berdasarkan Gambar 3 ditampilkan proses pemrograman sistem menggunakan Arduino IDE yang berfungsi untuk mengatur kerja mikrokontroler dalam membaca data dari sensor dan mengirimkannya ke platform digital. Program yang dibuat berisi perintah untuk menginisialisasi pin, membaca data sensor seperti suhu dan Total Dissolved Solids (TDS), serta mengirimkan data tersebut secara real-time. Pemrograman ini menjadi dasar dalam pengoperasian alat monitoring kualitas air berbasis IoT. Selanjutnya, pada Gambar 4 ditunjukkan visualisasi sistem IoT yang terdiri dari mikrokontroler NodeMCU, sensor suhu, sensor pH, dan sensor TDS yang terhubung dengan aplikasi Blynk. Sistem ini memungkinkan data kualitas air ditampilkan secara langsung pada perangkat pengguna.

Dalam pembelajaran, mahasiswa diminta melakukan pengukuran dan analisis data secara mandiri melalui kegiatan proyek, sehingga dapat memahami konsep kualitas air secara kontekstual. Pemanfaatan sistem ini tidak hanya meningkatkan pemahaman, tetapi juga mendorong kreativitas mahasiswa dalam mengeksplorasi dan menyelesaikan permasalahan berbasis teknologi.

Validitas Modul Pembelajaran dengan model PjBL

Hasil validasi modul pembelajaran berbasis *Internet of Things* (IoT) pada materi kualitas air dilakukan oleh tiga orang dosen ahli dan memperoleh kriteria sangat valid. Penilaian mencakup aspek kelayakan isi, kelayakan penyajian, dan kelayakan bahasa. Aspek kelayakan isi meliputi kesesuaian materi dengan capaian pembelajaran, keakuratan, dan kemutakhiran materi, serta kemampuan modul dalam mendorong kreativitas dan pemecahan masalah. Aspek penyajian mencakup sistematika penyusunan, kelengkapan komponen, serta keruntutan alur penyajian. Sedangkan aspek bahasa meliputi penggunaan bahasa yang komunikatif, interaktif, dan sesuai kaidah.

Penilaian validasi media pada modul dilakukan berdasarkan aspek utama, yaitu kelayakan isi. Aspek kelayakan isi mencakup kesesuaian komponen modul dengan tujuan

pembelajaran, keseimbangan penggunaan teks dan grafis, kemenarikan tata letak, pemilihan warna yang tepat, serta keserasian antara teks dan ilustrasi. Selain itu, aspek ini juga menilai kemampuan modul dalam menyampaikan informasi secara jelas, membantu pengembangan pengetahuan, serta menumbuhkan rasa ingin tahu mahasiswa. Hasil validasi dapat dilihat dibawah ini:

Tabel 2. Hasil validasi modul oleh ahli materi

Aspek yang Dinilai	Ahli 1 (%)	Ahli 2 (%)	Rata-rata (%)	Kriteria
Kelayakan Isi	92	100	96	Sangat Valid
Kelayakan Penyajian	92	100	96	Sangat Valid
Kelayakan Bahasa	92	100	96	Sangat Valid
Rata-rata			96	Sangat Valid

Berdasarkan Tabel 2 hasil validasi oleh ahli materi menunjukkan bahwa modul pembelajaran berbasis *Internet of Things* (IoT) pada materi kualitas air memperoleh rata-rata sebesar 96% dengan kriteria sangat valid. Hal ini menunjukkan bahwa modul telah memenuhi aspek kelayakan isi, penyajian, dan bahasa dengan baik. Materi yang disajikan dinilai sesuai, sistematis, serta menggunakan bahasa yang komunikatif sehingga mudah dipahami.

Tabel 3. Hasil validasi modul oleh ahli media

Aspek yang Dinilai	Ahli 1 (%)	Ahli 2 (%)	Rata-rata (%)	Kriteria
Kelayakan Media	91	94	93	Sangat Valid
Rata-rata			93	Sangat Valid

Berdasarkan Tabel 3 hasil validasi oleh ahli media menunjukkan bahwa modul memperoleh rata-rata sebesar 93% dengan kriteria sangat valid. Hal ini menunjukkan bahwa modul memiliki tampilan yang menarik, penggunaan ilustrasi yang sesuai, serta penyajian yang sistematis dan mudah dipahami. Dengan demikian, modul dinyatakan layak digunakan sebagai media pembelajaran dan mampu mendukung pembelajaran yang interaktif serta meningkatkan kreativitas mahasiswa.

SIMPULAN

Penelitian ini menggunakan model pengembangan ADDIE yang menghasilkan bahan ajar berupa modul pembelajaran berbasis *Internet of Things* (IoT) pada materi kualitas air, dengan menggunakan model *Project Based Learning* (PjBL) untuk meningkatkan kreativitas mahasiswa. Dapat disimpulkan bahwa modul yang dikembangkan memperoleh penilaian sangat valid dari para ahli. Hasil validasi oleh ahli media menunjukkan rata-rata sebesar 93% dengan kategori sangat valid, sedangkan validasi oleh ahli materi memperoleh rata-rata sebesar 96% dengan kategori sangat valid. Secara keseluruhan, modul pembelajaran berbasis IoT yang dikembangkan dinyatakan layak digunakan dalam pembelajaran Fisika Lingkungan serta berpotensi dalam meningkatkan kreativitas mahasiswa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada seluruh pihak-pihak yang telah banyak membantu sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, S., & Nelmira, W. (2023). Validitas Media E-Modul Pembuatan Gaun Pesta untuk Siswa Kelas XI di SMKN 3 Kota Solok. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(1), 1168–1172. <https://doi.org/10.31004/jptam.v7i1.5403>
- Atik, nur baeti, & Mulyani, N. (2022). Pengembangan Bahan Ajar Modul Dalam Pembelajaran. *Jurnal Kependidikan*, 7(2), 19–27. <file:///C:/Users/ASUS/Downloads/1097-Article Text-3401-1-10-20230117.pdf>
- Azizah, I., Tamam, B., Wahyuni, E. A., Wulandari, A. Y. R., & Yasir, M. (2023). Pengembangan E-Modul Ipa Berbantuan Flip Pdf Professional Pada Konsep Pencemaran Air. *Natural Science Education Research*, 6(1), 129–136. <https://doi.org/10.21107/nser.v6i1.16262>
- Bani, K.N., Falasifah, F.Iskandar, S. (2025). Strategi Pengembangan Pembelajaran Abad Ke-21 : *JlIP Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 8(1), 109–116.
- Branch, R. M. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. Springer.
- Damayanti Nababan, Alisia Klara Marpaung, & Angeli Koresy. (2023). Strategi Pembelajaran Project Based Learning (Pjbl). *Jurnal Pendidikan Sosial dan Humaniora*, 2(2), 706–719. <https://publisherqu.com/index.php/pediaqu>
- Dwiki Darmawan, Nuris Syamsiyah, Alqina Abqariyah Alhasna, & Abdul Wafi. (2025). Telaah Pustaka Peran Literasi Digital dalam Membangun Daya Pikir Kritis Mahasiswa Masa Kini. *Jejak digital: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1(4), 1195–1205. <https://doi.org/10.63822/k8qjdp29>
- Fadila, W. A., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2023). Permasalahan Kualitas Air Permukaan Sebagai Sumber Kehidupan Dalam Menjaga Kelestarian Lingkungan. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 419–427. <https://doi.org/10.37478/optika.v7i2.3338>
- Febrianti, F., Adi Wibowo, S., & Vendyansyah, N. (2021). IMPLEMENTASI IoT(Internet Of Things) Monitoring Kualitas Air Dan Sistem Administrasi Pada Pengelola Air Bersih Skala Kecil. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 5(1), 171–178. <https://doi.org/10.36040/jati.v5i1.3249>
- Hariato, R., Fausi, M., Umam, K., & Rizqiyati, Z. (2025). Internet of Things (IoT) Untuk Pembelajaran Sains Kontekstual Pada Calon Guru Sains. *SAP (Susunan Artikel Pendidikan)*, 10(1), 152–162.
- Henukh, A., Rochintaniawati, D., Setiawan, A., Irva, A. I., & Aini, R. Q. (2024). Environmental Physics Learning: Implementation and Assessment in Higher Education. *Physics Education Journal (KPEJ)*, 7(2), 269–279.
- Humayra, N. S., Ananti, H. F., Norlia, N., & Murdianingsih, A. (2025). Integrasi Teori Pembelajaran Bahasa untuk Penguatan Pembelajaran Abad ke-21 dalam Konteks Pendidikan Bahasa Indonesia. *Jurnal Penelitian Inovatif*, 5(1), 577–588. <https://doi.org/10.54082/jupin.549>
- Khoir, Q. (2024). Smart Classrooms: Mengintegrasikan IoT dan AI untuk Pembelajaran yang Lebih Interaktif dan Terukur. *Andragogi: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 4(1), 1–10. <https://doi.org/10.31538/adrg.v4i1.1301>
- Mardia, A., & Sundara, V. Y. (2020). Pengembangan Modul Program Linier Berbasis Pembelajaran Mandiri. *Edumatica: Jurnal Pendidikan Matematika*, 10(01), 9–18. <https://doi.org/10.22437/edumatica.v10i01.9090>
- Nurhamidah, S., & Nurachadijat, K. (2023). Project Based Learning dalam Meningkatkan Kemandirian Belajar Siswa. *Jurnal Inovasi, Evaluasi dan Pengembangan Pembelajaran (JIEPP)*, 3(2), 42–50. <https://doi.org/10.54371/jiepp.v3i2.272>
- Prasetya, irnin A. D. A. Y. B. B. R. (2025). Desain Teknologi IoT Dalam Pembelajaran IPA untuk Meningkatkan Kesadaran Lingkungan. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Fisika*, 6(2), 102–107.

- Riska, N., Rosmilawati, I., Juansah, D. E., Sultan, U., Tirtayasa, A., Kunci:, K., & Buatan, K. (2025). Integrasi Teknologi Ai Dalam Pembelajaran Adaptif Untuk Meningkatkan Keterampilan Abad 21 Di Sekolah Dasar. *Jurnal Inovasi dan Teknologi Pendidikan JURINOTEP*, 4(1), 180–198. <https://doi.org/10.46306/jurinotep.v3i1>
- Riyadi1, S., Munip2, A., Junaidi3, A., Buaja4, T., Shaddiq5, S., Nining, & Andriani6. (2025). Systematic Literature Review: Penerapan Model Project Based Learning (pjBL) Untuk Meningkatkan Kemampuan Berfikir Kreatif Mahasiswa. *Jurnal Inovasi Strategi dan Model Pembelajaran*, 6(0), 167–186.
- Salsabila, P., & Arwani, A. (2025). Integrasi Teknologi Digital dalam Pengembangan Sistem Akuntansi Modern. *Journal of Sharia Economics, Banking and Accounting*, 2(2), 214–223. <https://doi.org/10.52620/jseba.v2i2.210>
- Wulandari, W. T., Mayub, A., & Johan, H. (2022). Pengembangan E-Modul Berbasis Analisis Parameter Fisis Air Sungai untuk Meningkatkan Literasi Lingkungan Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan IPA Veteran*, 6(2), 103–115. <http://e-journal.ivet.ac.id/index.php/jipva>