

Desain Modul Ajar Energi Alternatif Berbasis Project-Based Learning Dengan Alat Peraga Turbin Air Pelton

Ibrahim Husaini^{1*}, Muhammad Rizal Fachri¹

¹Prodi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Tarbiyah Dan Keguruan, Universitas Islam Ar-Raniry, Indonesia

*Corresponding Author: ibrahimhusaini13122000.com

Abstract—This study aims to design a teaching module based on Project-Based Learning (PjBL) in the topic of alternative energy, with a focus on utilizing a Pelton water turbine teaching aid as a learning medium. The background of this research lies in the importance of mastering renewable energy concepts and practical skills for students in addressing energy crises and promoting environmental sustainability. The module is designed to encourage active, collaborative, and project-based learning that integrates theoretical knowledge with hands-on practice through experiments using the Pelton turbine teaching aid. The development process of the module includes needs analysis, content design, feasibility testing, and performance evaluation in a laboratory context. The results show that the module enhances students' understanding of renewable energy concepts, technical skills, and positive scientific attitudes. This module is expected to serve as an applicable learning innovation that supports students' competencies in the field of Electrical Engineering Education.

Keywords: Teaching Module, Alternative Energy, Project-Based Learning, Pelton Water Turbine, Teaching Aid, Technical Education

I. PENDAHULUAN

Pendidikan adalah aspek penting dalam pembangunan suatu negara [1]. Salah satu elemen penting dalam pendidikan adalah penggunaan media pembelajaran yang efektif untuk membantu Mahasiswa memahami materi pelajaran. Salah satu masalah yang ditemukan masih terbatasnya penggunaan media pembelajaran berbasis digital, bahkan masih tergolong tradisional [2]. Kondisi ini juga berefek pada banyak siswa yang mengalami kendala materi pada mata kuliah *renewable energy*. Hal ini disebabkan kurangnya pemahaman sehingga menyebabkan rendahnya hasil belajar khususnya pada bidang Turbin Air Pelton, Mahasiswa sekarang lebih memahami suatu pembelajaran dengan metode Project Based-Learning dikarenakan mahasiswa langsung mempraktikkan Bagaimana cara kerja suatu proyek tersebut.

Krisis energi global dan dampak lingkungan dari penggunaan energi fosil mendorong pengembangan energi alternatif yang ramah lingkungan [3]. Energi air merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang potensial, terutama di Indonesia yang memiliki banyak sumber daya air. Salah satu teknologi yang digunakan untuk memanfaatkan energi air adalah turbin air Pelton, yang mampu mengubah energi kinetik air bertekanan tinggi menjadi energi listrik secara efisien.

Namun, pembelajaran mengenai energi terbarukan di lingkungan pendidikan, khususnya pendidikan teknik, masih cenderung teoritis dan minim praktik. Kurangnya pendekatan pembelajaran yang aplikatif menyebabkan pemahaman siswa terhadap konsep energi alternatif menjadi kurang mendalam [4].

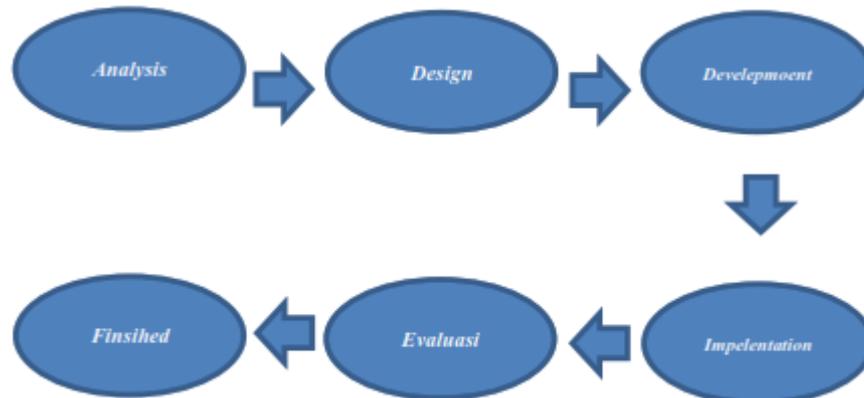
Project-Based Learning (PjBL) menjadi pendekatan yang relevan untuk mengatasi masalah ini, karena mendorong siswa aktif dalam merancang dan mengimplementasikan proyek nyata [5]. Melalui proyek pembuatan alat peraga turbin air Pelton, siswa tidak hanya memahami teori konversi energi, tetapi juga memperoleh pengalaman praktis dan keterampilan teknis.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan modul ajar berbasis PjBL yang terintegrasi dengan alat peraga turbin air Pelton untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan siswa. Inovasi ini diharapkan dapat menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik dalam pembelajaran energi alternatif.

(suara), citra (gambar) dan video.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) yang bertujuan untuk menghasilkan modul ajar pada topik energi alternatif, khususnya energi air, yang terintegrasi dengan pendekatan *Project-Based Learning* (PjBL) dan menggunakan alat peraga turbin air Pelton[6]. Model pengembangan yang digunakan adalah model ADDIE (*Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, Evaluasi*) seperti ditunjukkan pada gambar [7].



Gambar. 1. Tahapan Penelitian

A. Analisis kebutuhan

dilakukan melalui observasi langsung terhadap proses pembelajaran mata kuliah Energi Baru dan Terbarukan, wawancara dengan dosen pengampu, kajian kurikulum, serta telaah terhadap media dan bahan ajar yang telah digunakan sebelumnya. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi kendala dan kebutuhan dalam pengembangan modul yang mampu mengintegrasikan praktik langsung melalui proyek pembuatan turbin air Pelton.

B. Desain

dilakukan dengan menyusun komponen isi modul secara sistematis berdasarkan capaian pembelajaran, indikator, dan tujuan pembelajaran. Selain itu, dibuat pula struktur kegiatan proyek yang mendukung keterampilan abad 21 serta layout modul yang menarik untuk meningkatkan motivasi mahasiswa dalam belajar dan bereksperimen secara langsung[8].

C. Pengembangan

mencakup proses validasi oleh ahli materi dan ahli media. Selain itu, dilakukan juga uji coba awal oleh mahasiswa untuk mengidentifikasi kekurangan dalam isi, struktur, maupun penyajian modul, sehingga dapat dilakukan revisi sebelum digunakan secara lebih luas[9].

D. Implementasi

yaitu tahap penyampaian modul yang telah divalidasi kepada mahasiswa Pendidikan Teknik Elektro UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Dalam tahap ini, mahasiswa mengikuti kegiatan pembelajaran berbasis proyek menggunakan alat peraga turbin air Pelton dan memberikan umpan balik melalui angket responden[10].

E. Evaluasi

dilakukan untuk menguji kelayakan modul yang dikembangkan berdasarkan data dari hasil validasi ahli serta tanggapan dari mahasiswa. Evaluasi dilakukan secara formatif di setiap tahap dan sumatif pada tahap akhir guna memastikan kualitas modul secara menyeluruh.

Instrumen penelitian yang digunakan dalam pengembangan Modul Ajar Energi Listrik Alternatif Menggunakan Alat Peraga Turbin Air Pelton terdiri dari lembar validasi ahli (materi, media, dan bahasa) serta angket tanggapan mahasiswa. Seluruh instrumen dikembangkan dengan pendekatan kuantitatif menggunakan skala Likert lima poin dan dilengkapi ruang komentar kualitatif untuk masukan terbuka.

1. Lembar Validasi Ahli

Lembar validasi digunakan untuk menilai kelayakan modul dari tiga aspek utama:

- a. Ahli Materi: mengevaluasi kedalaman dan ketepatan konsep, kesesuaian isi dengan capaian pembelajaran, keterkaitan dengan kurikulum, dan keterpaduan materi dalam konteks energi alternatif berbasis turbin Pelton.
 - b. Ahli Media: menilai aspek visual dan desain tampilan modul, mencakup tata letak, grafis, konsistensi format, keterbacaan visual, serta daya tarik bagi mahasiswa.
 - c. Ahli Bahasa: memeriksa kesesuaian penggunaan bahasa dengan kaidah Bahasa Indonesia yang baik dan benar, kejelasan kalimat, keterpahaman narasi, serta konsistensi gaya bahasa.
- Validator masing-masing diminta memberikan skor serta komentar pada setiap indikator penilaian, yang akan dijadikan dasar untuk merevisi dan menyempurnakan modul [11].

2. Angket Tanggapan Mahasiswa

Instrumen ini diberikan kepada mahasiswa sebagai pengguna langsung modul. Tujuannya adalah untuk memperoleh tanggapan terhadap beberapa aspek berikut:

- a. Isi Materi (relevansi, kelengkapan, dan keterkaitan dengan praktik)
- b. Desain Modul (tata letak, visual, kemudahan digunakan)
- c. Keterpahaman (bahasa, penjelasan, instruksi percobaan)
- d. Kebermanfaatan (nilai praktis dalam pembelajaran dan eksperimen)

Respon mahasiswa dikumpulkan menggunakan angket skala Likert dan dianalisis secara deskriptif kuantitatif [12].

Subjek penelitian terdiri dari 10 mahasiswa semester IV Program Studi Pendidikan Teknik Elektro pada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, UIN Ar-Raniry. Mereka dipilih karena telah menempuh mata kuliah dasar kelistrikan dan energi, serta berada pada tingkat studi yang tepat untuk mengevaluasi kejelasan dan kebermanfaatan modul dari sisi pengguna.

Skala Penilaian (Likert) Penilaian dari para ahli dan mahasiswa dilakukan menggunakan skala berikut:

Tabel 1. Skala Penilaian.

Skor	Kategori	Interpretasi
5	Sangat Layak	Aspek sangat layak, tidak memerlukan revisi
4	Layak	Layak dengan revisi kecil
3	Cukup Layak	Cukup layak, revisi sedang diperlukan
2	Kurang Layak	Kurang layak, memerlukan revisi besar
1	Tidak Layak	Tidak layak, harus dikembangkan ulang

Teknik Analisis Data Analisis data dilakukan secara kuantitatif deskriptif dengan menggunakan rumus:

(1) Skor Validasi:

$$V = \frac{f}{n} \times 100\% \quad (1)$$

V = Skor validasi

f = Skor yang diperoleh

n = Skor maksimum

(2) Skor Tanggapan Mahasiswa:

$$P = \frac{F}{N} \times 100\% \quad (2)$$

P = Persentase

F = Skor yang diperoleh

N = Skor maksimum

- a. Skor yang diperoleh: jumlah total nilai dari seluruh indikator yang diberikan oleh validator atau mahasiswa.
 - b. Skor maksimal: jumlah indikator dikalikan dengan skor tertinggi (misal: jumlah item \times 5).
- Temuan validasi ahli diklasifikasikan berdasarkan 5 proporsi jawaban yang ditampilkan pada Tabel 2 [13].
Interpretasi Hasil Validasi:

Tabel 2. Rentang Persentase Kelayakan

Rentang Persentase	Kategori Kelayakan
81 – 100%	Sangat Layak
61 – 80%	Layak
41 – 60%	Cukup Layak
21 – 40%	Kurang Layak
0 – 20%	Tidak Layak

Tujuan dari analisis data adalah untuk:

- Menilai tingkat kelayakan modul secara objektif dari sisi isi, tampilan, dan bahasa.
- Mengidentifikasi aspek-aspek yang perlu disempurnakan.
- Menyempurnakan modul agar layak digunakan secara luas dalam pembelajaran teknik elektro, khususnya pada topik energi terbarukan dan turbin Pelton.
- Menjamin modul memenuhi standar pedagogik dan kebahasaan akademik.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis

Observasi langsung dilakukan di Program Studi Pendidikan Teknik Elektro pada tanggal 15 Mei 2025, termasuk wawancara dengan dosen pengampu mata kuliah Energi Baru dan Terbarukan. Hasil observasi menunjukkan bahwa belum tersedia modul ajar khusus yang terintegrasi dengan pendekatan Project-Based Learning (PjBL) serta pemanfaatan alat peraga berupa turbin air Pelton. Mahasiswa cenderung menerima materi secara teoritis tanpa keterlibatan aktif dalam proyek riil yang dapat meningkatkan pemahaman dan keterampilan teknis mereka dalam memanfaatkan energi alternatif, khususnya energi air.

B. Desain

Tahap desain dimulai dengan mengumpulkan referensi berupa artikel ilmiah, buku ajar, dan dokumen kurikulum terkait pembelajaran energi terbarukan, khususnya energi air. Modul ajar dirancang agar sesuai dengan prinsip pembelajaran berbasis proyek (Project-Based Learning), dengan struktur yang mencakup: identitas modul, capaian pembelajaran, indikator, tujuan pembelajaran, langkah-langkah kegiatan berbasis proyek, serta rubrik penilaian[14]. Modul juga dilengkapi dengan panduan penggunaan alat peraga turbin air Pelton buatan mahasiswa, yang bertujuan agar peserta didik dapat belajar secara aktif dan kontekstual melalui praktik langsung.

C. Pengembangan

Pengembangan modul mencakup proses validasi oleh ahli materi, ahli media, dan ahli bahasa. Hasil validasi menunjukkan bahwa dari segi media, modul memperoleh skor kelayakan sebesar 76,6%, yang menunjukkan bahwa modul cukup layak namun masih perlu penguatan visual dan interaktivitas media. Dari sisi isi materi, diperoleh skor 86%, menandakan bahwa materi sesuai dengan kompetensi yang ditargetkan, relevan dengan tujuan pembelajaran, dan mendukung keterampilan abad 21. Validasi media menunjukkan skor 64% dan termasuk kategori layak, dengan tampilan visual menarik dan media pendukung yang relevan. Beberapa saran teknis mencakup peningkatan kualitas gambar dan penambahan caption untuk memperjelas informasi. Validasi bahasa menunjukkan skor 80%, termasuk kategori sangat layak, dengan beberapa saran teknis untuk penyempurnaan tata bahasa dan penyampaian instruksi dalam modul.

Tabel 3. Hasil Validasi Ahli Materi

No.	Aspek yang Dinilai	Pernyataan	Skor (1–5)*
1	Kesesuaian Materi dengan Capaian Pembelajaran	Materi telah sesuai dengan capaian pembelajaran pada mata kuliah terkait energi listrik alternatif.	5
2	Kedalaman Konsep Energi Alternatif	Penjelasan tentang energi listrik alternatif disampaikan secara mendalam dan ilmiah.	4
3	Kejelasan Konsep Turbin Air Pelton	Materi menjelaskan prinsip kerja dan fungsi turbin Pelton secara jelas dan akurat.	4
4	Keterkaitan Materi dengan Praktik Lapangan	Materi mengaitkan teori dengan implementasi alat peraga di dunia nyata atau dalam eksperimen.	4
5	Kesesuaian Materi dengan Tingkat Mahasiswa	Penyajian materi disesuaikan dengan tingkat kemampuan dan pemahaman mahasiswa Pendidikan Teknik Elektro.	5

No.	Aspek yang Dinilai	Pernyataan	Skor (1–5)*
6	Keakuratan Data dan Informasi	Data, gambar, dan informasi teknis yang ditampilkan dalam modul bebas dari kesalahan ilmiah.	4
7	Kelengkapan Materi	Materi mencakup komponen penting seperti teori dasar, komponen alat, prosedur kerja, dan analisis hasil.	5
8	Kontekstualisasi dengan Isu Energi Terkini	Materi mengaitkan penggunaan energi alternatif dengan isu-isu global seperti krisis energi atau energi hijau.	4
9	Bahasa dan Istilah Teknik	Penggunaan bahasa dan istilah teknik mudah dipahami serta konsisten dalam seluruh modul.	4
10	Relevansi Materi dengan Tujuan Pembelajaran	Setiap bagian materi mendukung tercapainya tujuan pembelajaran secara langsung dan terukur.	4
Jumlah Skor			43
Persentase			86%

Tabel 4. Hasil Validasi Ahli media

No.	Aspek yang Dinilai	Pernyataan	Skor (1–5)*
1	Tampilan Visual Modul	Desain modul menarik, proporsional, dan sesuai dengan karakter mahasiswa Pendidikan Teknik Elektro.	3
2	Kejelasan Gambar dan Ilustrasi	Gambar alat peraga (turbin Pelton) dan ilustrasi lain ditampilkan dengan jelas dan informatif.	4
3	Konsistensi Desain	Tata letak, ikon, font, dan elemen visual konsisten di seluruh bagian modul.	3
4	Keterpaduan Teks dan Media	Penempatan teks, gambar, dan diagram mendukung pemahaman materi dengan baik.	4
5	Warna dan Font	Pemilihan warna dan jenis huruf mendukung kenyamanan membaca dan keterbacaan.	4
6	Kesesuaian Format Media	Format penyajian media (modul cetak/digital) sesuai dengan tujuan dan kondisi pengguna.	3
7	Daya Tarik Visual	Media mampu menarik perhatian dan minat mahasiswa untuk mempelajari materi.	2
8	Kejelasan Diagram/Skema Teknik	Diagram dan skema teknik turbin Pelton mudah dipahami dan bebas dari ambiguitas.	1
9	Fungsi Ilustrasi Pendukung	Ilustrasi dan visual lainnya benar-benar mendukung proses belajar, bukan sekadar hiasan.	4
10	Kesesuaian Media dengan Tujuan Pembelajaran	Media mendukung pencapaian tujuan pembelajaran secara efektif dan efisien.	4
Jumlah Skor			32
Persentase			64%

Tabel 5. Hasil Validasi Ahli Bahasa

No.	Aspek yang Dinilai	Pernyataan	Skor (1-5)*
1	Ketepatan Tata Bahasa	Penggunaan tata bahasa (struktur kalimat) sudah sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia yang baik dan benar.	4
2	Kejelasan Kalimat	Kalimat yang digunakan jelas, tidak berbelit-belit, dan mudah dipahami.	4
3	Kesesuaian Istilah	Istilah teknis (misal: turbin Pelton, energi alternatif) digunakan secara tepat dan konsisten.	4
4	Konsistensi Ejaan	Ejaan mengikuti Pedoman Umum Ejaan Bahasa Indonesia (PUEBI) secara konsisten.	4
5	Penggunaan Tanda Baca	Tanda baca digunakan dengan tepat untuk mendukung kejelasan informasi.	4
6	Keterbacaan Teks	Tingkat keterbacaan sesuai dengan kemampuan mahasiswa, tidak terlalu sederhana atau rumit.	4
7	Keefektifan Paragraf	Setiap paragraf memiliki satu ide pokok dan dikembangkan secara logis.	4
8	Kesesuaian Gaya Bahasa	Gaya bahasa akademik tetapi tetap komunikatif dan tidak kaku.	4
9	Keutuhan Makna	Tidak terdapat kalimat atau paragraf yang ambigu atau membingungkan.	4
10	Keselarasan Bahasa dan Visual	Bahasa selaras dengan ilustrasi, tabel, dan gambar yang disajikan dalam modul.	4
Jumlah Skor			40
Persentase			80%

D. Implementasi

Modul ajar diimplementasikan pada mahasiswa semester IV dalam bentuk kegiatan proyek pembuatan dan pengujian turbin air Pelton sederhana. Respon mahasiswa terhadap penggunaan modul ini ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 6. Hasil Tanggapan Responden Mahasiswa

Aspek	No.	Pernyataan	1	2	3	4	5
A. Kejelasan Materi	1	Materi dalam modul disusun secara sistematis dan mudah dipahami.	0	1	1	3	5
	2	Penjelasan konsep energi alternatif dan turbin air Pelton mudah dimengerti.	0	1	1	5	3
	3	Bahasa yang digunakan sesuai dengan tingkat kemampuan mahasiswa.	0	0	2	8	0
B. Kemudahan Penggunaan	4	Modul mudah digunakan secara mandiri tanpa pendamping.	0	0	3	4	3
	5	Petunjuk penggunaan alat peraga turbin air Pelton dalam modul jelas dan ringkas.	0	0	1	5	4
	6	Modul mendukung proses belajar secara bertahap dan tidak membingungkan.	0	0	1	4	5
C. Daya Tarik Tampilan	7	Tampilan modul menarik dan mendorong minat untuk membaca lebih lanjut.	0	0	2	3	5
	8	Gambar dan ilustrasi yang digunakan sesuai dengan materi pembelajaran.	0	0	1	2	7
	9	Tata letak dan desain halaman modul nyaman dilihat dan tidak membosankan.	0	0	3	5	2

Aspek	No.	Pernyataan	1	2	3	4	5
D. Desain Kegiatan Proyek	10	Proyek pembuatan turbin air Pelton sesuai dengan materi yang diajarkan.	0	0	0	8	2
	11	Langkah-langkah kegiatan proyek dijelaskan dengan runtut dan jelas.	0	0	3	7	0
	12	Proyek mendorong mahasiswa untuk berpikir kritis dan menyelesaikan masalah.	0	0	1	3	6
Jumlah Frekuensi			0	2	19	57	42
jumlah Skor			0	4	57	228	210
Jumlah Total Skor			499				
persentase			83%				

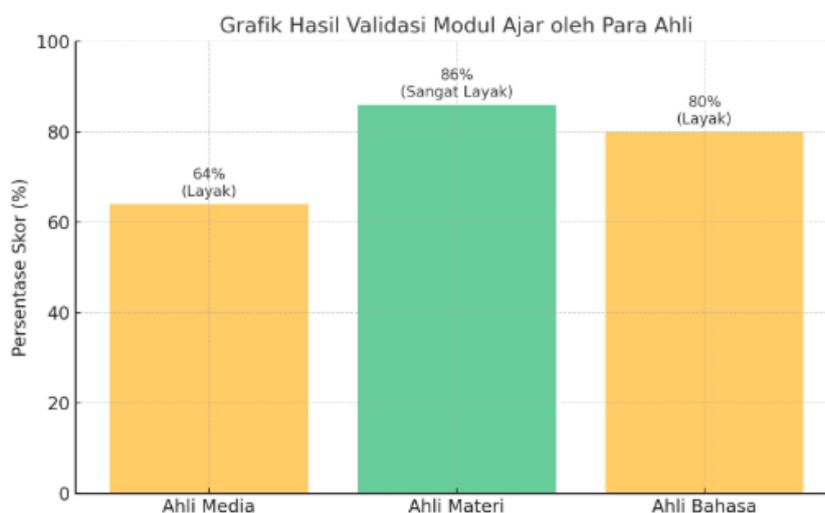
E. Pembahasan Hasil Penelitian

Peneliti merancang media pembelajaran berupa modul ajar berbasis *Project-Based Learning* (PjBL) pada topik energi alternatif dengan menggunakan alat peraga turbin air Pelton. Modul ini disusun secara sistematis dan menarik, mencakup komponen utama seperti materi pembelajaran, latihan soal dan pembahasan, serta aktivitas kuis yang dirancang untuk mendorong keterlibatan aktif mahasiswa [15][16]. Materi utama yang disajikan berjudul “Energi Listrik Alternatif Menggunakan Turbin Air Pelton” dan dikembangkan untuk meningkatkan pemahaman konseptual serta keterampilan praktis mahasiswa. Modul ini dapat digunakan secara mandiri tanpa memerlukan koneksi internet, sehingga sangat sesuai untuk pembelajaran dalam kondisi terbatas. Penyebaran modul dilakukan dalam bentuk cetak maupun file digital (PDF) yang dibagikan kepada mahasiswa untuk diakses melalui perangkat masing-masing.

1. Hasil Validasi Modul Ajar

Untuk mengetahui kelayakan dari modul ajar ini agar dapat dimanfaatkan oleh mahasiswa, peneliti menggunakan instrumen validasi yang terdiri dari validasi media, materi, dan bahasa. Peneliti meminta kritik dan saran dari para dosen yang ahli di bidangnya untuk menilai kelayakan modul.

Berdasarkan grafik pada Gambar 2, hasil validasi dari ahli media menunjukkan skor sebesar 64%, yang termasuk dalam kategori Layak. Hasil ini menunjukkan bahwa modul sangat baik dari segi kelayakan desain, keterbacaan, dan kesesuaian dengan tujuan pembelajaran. Validasi dari ahli materi memberikan skor sebesar 86%, yang termasuk dalam kategori Sangat Layak, menunjukkan bahwa isi materi dalam modul telah sesuai dengan kompetensi yang diharapkan. Sementara itu, validasi dari ahli bahasa memperoleh skor sebesar 80%, yang menunjukkan bahwa penggunaan kata, frasa, dan struktur kalimat dalam modul dapat dipahami dengan baik oleh mahasiswa. Grafik hasil validasi para ahli dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.

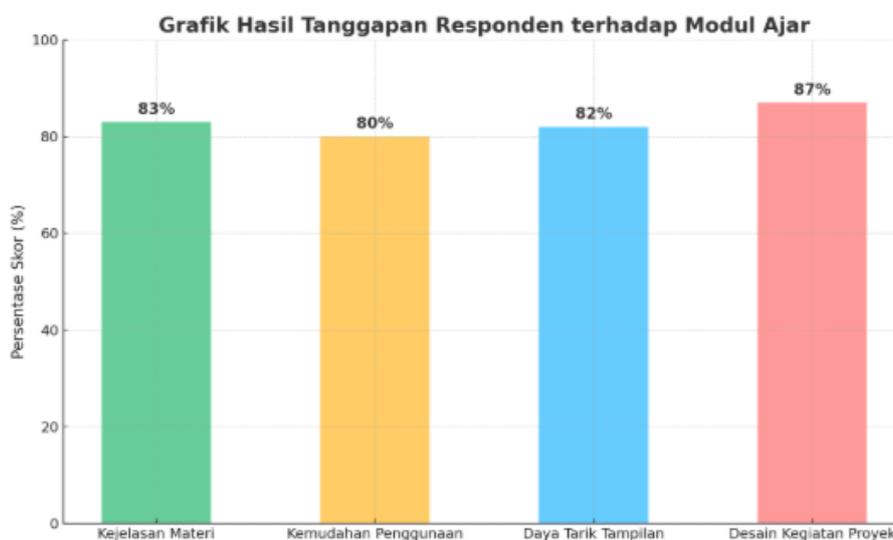


Gambar. 2. Grafik Hasil Validasi Para Ahli

2. Hasil Tanggapan Responden

Hasil tanggapan responden terhadap modul ajar Energi Alternatif Berbasis Project-Based Learning dengan Alat Peraga Turbin Air Pelton menunjukkan bahwa modul ini memperoleh persentase kelayakan sebesar 83%, yang termasuk dalam kategori Sangat Layak. Berdasarkan data kuantitatif, sebagian besar responden memberikan penilaian pada skala 4 dan 5, dengan total frekuensi masing-masing sebanyak 57 dan 42. Hal ini mengindikasikan bahwa mayoritas mahasiswa menilai modul ini sangat baik dari segi isi, kemudahan penggunaan, daya tarik tampilan, serta kejelasan kegiatan proyek yang ditawarkan. Komponen Desain Kegiatan Proyek, seperti kesesuaian proyek dengan materi, runtutan langkah kerja, serta dorongan berpikir kritis, mendapatkan apresiasi tinggi dari responden, yang mencerminkan keberhasilan pendekatan Project-Based Learning dalam meningkatkan partisipasi aktif mahasiswa. Berikut dapat dilihat pada gambar 3.

Selain itu, pada aspek Kejelasan Materi dan Kemudahan Penggunaan, mahasiswa merasa bahwa isi modul disusun secara sistematis, mudah dipahami, dan dapat digunakan secara mandiri. Petunjuk penggunaan alat peraga turbin air Pelton juga dinilai jelas dan mendukung pemahaman. Dari aspek Daya Tarik Tampilan, ilustrasi dan desain visual dalam modul dinilai menarik dan mampu meningkatkan minat baca. Dengan skor total 499 dari maksimal 600, dapat disimpulkan bahwa modul ini sangat potensial untuk digunakan sebagai media pembelajaran dalam mata kuliah terkait energi listrik alternatif, karena telah memenuhi aspek pedagogis, teknis, dan estetis sesuai harapan pengguna.



Gambar. 3. Grafik Hasil Tanggapan Responden

IV. PENUTUP

Sepanjang proses pengembangan modul ajar Energi Alternatif berbasis Project-Based Learning dengan alat peraga turbin air Pelton, evaluasi dilakukan secara menyeluruh pada setiap tahap. Hasil validasi dari para ahli menunjukkan produk dikembangkan valid dan layak untuk diterapkan dalam proses pembelajaran, dengan beberapa saran perbaikan yang telah diterapkan secara optimal untuk meningkatkan kualitas modul. Validasi dilakukan melalui perbaikan bertahap sesuai masukan dari ahli materi, media, dan bahasa. Sementara itu, tanggapan dari mahasiswa sebagai responden pada fase implementasi memperoleh skor kelayakan berada dalam kategori “Sangat Layak” tanpa adanya saran tambahan untuk revisi.

REFERENSI

- [1] F. Julhamdani, Karman, H. Nugraha, and E. Trianti, “Relevansi manusia dengan pendidikan,” *Jurnal Kajian Islam dan Sosial Keagamaan*, vol. 1, no. 2, pp. 76–83, 2024.
- [2] M. Yanti and M. R. Fachri, “Pengembangan aplikasi Smart Apps Creator pada materi instalasi motor listrik dasar,” *JUPITER (Jurnal Pendidikan Teknik Elektro)*, vol. 37, 2025.
- [3] M. A. Abdelkareem, K. Elsaid, et al., “A critical review on environmental impacts of renewable energy systems and mitigation strategies: Wind, hydro, biomass and geothermal,” *Science of The Total Environment*, vol. 766, p. 144505, pp. 1–25, 2021.
- [4] I. Samsudin, R. R. Purnomo, and Darmayanti, *Buku Panduan Guru Dasar-Dasar Teknik Energi Terbarukan: SMK MAK Kelas X (BSE)*, p. 346, 2023.

- [5] R. Roslina, W. Liliawati, and L. Hasanah, "Project-based learning with STEM approach to alternative energy material as effective learning to improve problem-solving skills," *Phenomenon*, vol. 13, no. 2, pp. 145–156, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.21580/phen.2023.13.2.16609>
- [6] Al Qindi, "Rancang bangun miniatur energi alternatif menggunakan turbin Pelton sebagai media ajar mata kuliah renewable energy," *Skripsi*, UIN Ar Raniry Banda Aceh, pp. abstrak–bab 1, 2025.
- [7] L. Chang and M. J. B. Z. Abidin, "Instructional design of classroom instructional skills based on the ADDIE model," *Technium Social Sciences Journal*, vol. 55, no. 1, pp. 167–178, 2024.
- [8] F. Nikmah, M. Muzdalifah, and A. Retnanto, "Implementasi pembelajaran IPAS terintegrasi keterampilan abad 21 dalam kurikulum merdeka," *Dawuh Guru: Jurnal Pendidikan MI/SD*, vol. 4, no. 2, pp. 129–146, 2024.
- [9] B. A. Anhar, F. Muslim, and R. Kurniadi, "Pengembangan bahan ajar e-modul berbasis Canva pada mata kuliah media pembelajaran dan TIK," *Journal on Teacher Education*, vol. 5, no. 4, pp. –39, 2023.
- [10] A. Trianto, et al., "Pembangkit listrik tenaga pikohidro menggunakan turbin Pelton," *INTEKNA*, vol. 25, no. 1, pp. 21–29, 2025.
- [11] R. Alawiyah, et al., *Inspirasi Dunia: Jurnal Riset Pendidikan dan Bahasa*, vol. 4, no. 1, pp. 174–181, 2025.
- [12] S. Sarto, "Pengembangan modul pembelajaran," *Journal on Teacher Education*, vol. 5, no. 4, pp. –39, 2023
- [13] T. Andani, "Analisis validasi media pembelajaran e-book berbasis Flip Pdf Professional pada materi gelombang bunyi di SMA," *Jurnal Kumparan Fisika*, vol. 4, no. 3, pp. 213–220, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.33369/jkf.4.3.213-220>
- [14] N. Syakila and Hidayati, "Design of physics learning module integrated with problem-based learning model on renewable energy material class X MA," *Journal of Innovative Physics Teaching*, vol. 2, no. 2, pp. 135–147, 2024.
- [15] J. Iryani, E. Hafid, and A. Ahmad, "Media pembelajaran dalam prespektif hadis," *PIJAR: Jurnal Pendidikan dan Pengajaran*, vol. 1, no. 2, pp. 225–234, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.58540/pijar.v1i2.216>
- [16] N. R. Ummah, S. Sugeng, and S. Safrudiannur, "Kajian kontekstual soal latihan pada buku teks matematika Indonesia, Malaysia, dan Singapura untuk jenjang SMP pada materi bentuk aljabar," *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan*, 2024.