

Pengembangan Alat Peraga Miniatur Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pada Mata Kuliah Praktik Pembangkit Tenaga Listrik

Zahra Dwi Nur Rahmawati¹, Nurhening Yuniarti¹
¹ Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

Abstrak— Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mendeskripsikan alat peraga miniatur Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) berbasis energi angin dan surya yang praktis untuk pembelajaran praktik pembangkit tenaga listrik, mengetahui kelayakannya, serta mengukur kebermanfaatannya dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap konsep integrasi energi terbarukan. Metode yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan pendekatan ADDIE. Subjek penelitian terdiri atas ahli media, ahli materi, mahasiswa, dan dosen Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta. Data diperoleh melalui observasi, angket, *pretest*, dan *posttest*, serta dianalisis secara deskriptif. Hasil Instrumen dinyatakan valid ($r > 0,312$) dan reliabel ($\alpha = 0,933$; “Sangat Tinggi”), alat peraga dan buku panduan berhasil dikembangkan dengan tingkat kelayakan “Sangat Layak” secara materi (81%) dan “Layak” secara media (74%). Pengguna memberikan respon “Sangat Baik”, dengan peningkatan pemahaman dari 77% menjadi 92%.

Kata Kunci: pembangkit, PLTH, *renewable energi*

Abstract— *This study aims to develop and describe a practical miniature teaching aid of a Hybrid Power Plant (PLTH) based on wind and solar energy for use in electrical power plant practicum learning, assess its feasibility, and evaluate its effectiveness in improving students' understanding of renewable energy integration. The research employed a Research and Development (R&D) method using the ADDIE model. The subjects included media experts, content experts, students, and lecturers from the Electrical Engineering Education Department at Universitas Negeri Yogyakarta. Data were collected through observation, questionnaires, pretests, and posttests, and analyzed descriptively. The results The instrument validity ranged from 0.404 to 0.682 ($r\text{-table} = 0.312$), and reliability was “Very High” with a Cronbach’s Alpha of 0.933, the teaching aid and accompanying guidebook were successfully developed, with feasibility ratings of “Very Feasible” for content (81%) and “Feasible” for media (74%). Student responses were “Very Positive,” and understanding improved from 77% in the pretest to 92% in the posttest.*

Keywords: Power plant, PLTH, *renewable energy*

Article submitted 2025-06-20.

Resubmitted 2000-06-21.

Final acceptance 2000-06-23.

Final version published as submitted by the authors.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution Share Alike 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



Corresponding Author:

Zahra Dwi Nur Rahmawati,
Universitas Negeri Yogyakarta,
Karang Malang, Yogyakarta.
Email: zahradwi.2021@student.uny.co.id

1 Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan peradaban, kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat. Ketergantungan pada sumber energi fosil yang semakin menipis akan memberi dampak buruk terhadap lingkungan menjadi masalah yang memerlukan solusi tepat. Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, banyak mahasiswa di perguruan tinggi yang belum memahami konsep dari integrasi sumber energi terbarukan[1]. Penyebab permasalahan ini dimulai dari mahasiswa yang bosan dengan cara penyampaian materi oleh dosen dan sering

mengabaikan dosen ketika sedang dilakukan pembelajaran teori tentang sumber energi terbarukan di ruang kelas, sehingga berdampak pada hasil akademis yang tidak memuaskan. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan antara kebutuhan pendidikan dan pemahaman mahasiswa terhadap sumber energi terbarukan[2].

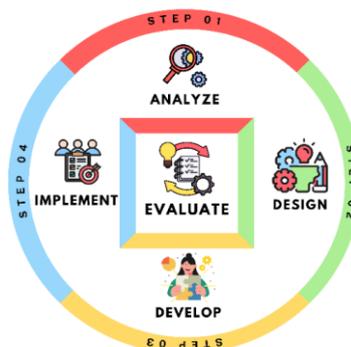
Mahasiswa seharusnya dapat memahami serta menguasai konsep-konsep penting yang ada dalam energi terbarukan, dalam hal ini integrasi sumber energi bayu dan surya. Institusi pendidikan tinggi seharusnya juga mampu memberikan pengalaman belajar yang interaktif dan aplikatif, sehingga mahasiswa tidak hanya paham akan teori yang disampaikan, tetapi juga paham dan dapat menerapkannya dalam praktik. Harapannya, mahasiswa dapat mengatasi tantangan yang akan dihadapi dalam masa transisi menuju energi yang ramah lingkungan[3]. Oleh karena itu, pengenalan sumber energi terbarukan melalui media yang menarik dan interaktif sangat penting. Solusi dari kesenjangan antara pendidikan dan pemahaman mahasiswa mengenai integrasi sumber energi terbarukan adalah, perlu adanya pendekatan pembelajaran yang lebih interaktif. Pendekatan pembelajaran yang dapat digunakan salah satunya adalah metode pembelajaran berbasis proyek[4].

Metode ini membuat mahasiswa aktif terlibat langsung ketika dilakukan pembelajaran praktik di kelas, sehingga dapat dengan mudah memahami dan menerapkan konsep yang dipelajari dengan praktis. Pengembangan media pembelajaran berupa alat peraga perlu dilakukan untuk memfasilitasi mahasiswa dalam memahami konsep-konsep energi terbarukan secara praktis. Pengembangan alat peraga miniatur pembangkit listrik tenaga hibrida (PLTH) sangat membantu mahasiswa untuk belajar dan berlatih tentang integrasi sumber energi bayu dan sumber energi surya dengan cara yang lebih menarik dan interaktif. Penggunaan alat peraga yang tepat dapat meningkatkan motivasi belajar mahasiswa serta pemahaman materi yang diajarkan [5].

Pengembangan alat peraga miniatur pembangkit listrik tenaga hibrida (PLTH) yang mengintegrasikan dua atau lebih dari sumber energi dapat menjadi solusi untuk permasalahan yang ada [6]. Alat peraga miniatur pembangkit listrik tenaga hibrida (PLTH) dengan penggabungan sumber energi bayu dan sumber energi surya yang dikemas dalam skala kecil dapat membantu mahasiswa dalam memahami konsep aplikasi pembangkit listrik secara praktis. Penelitian ini mengusulkan perancangan alat peraga miniatur yang dibuat secara praktis sesuai kebutuhan kurikulum dan perkembangan teknologi terkini. Penggunaan metode penelitian *research and development* (R&D) dalam penelitian ini dipastikan dapat memenuhi kebutuhan pembelajaran praktik yang ada. Melalui penelitian ini, diharapkan mahasiswa dapat lebih memahami konsep-konsep pembangkit listrik menggunakan sumber energi terbarukan dan mampu menerapkannya dalam konteks yang lebih luas, serta berkontribusi pada pengembangan energi berkelanjutan di masa depan[13].

2 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian pengembangan *Research and Development* (R&D) dengan orientasi pada produk. Pengembangan miniatur alat peraga dan modul pembelajaran yang dikembangkan menggunakan model pengembangan ADDIE (*Analyze, Design, Development, Implementation, Evaluation*) [7]. Gambar 1 menunjukkan langkah-langkah pengembangan model pendekatan ADDIE[8].



Gambar 1. Pengembangan ADDIE

Analisis

Tahap analisis pada penelitian yaitu dilakukan observasi dan wawancara untuk mengidentifikasi kebutuhan praktik Pembangkit Tenaga Listrik di ruang Lices Universitas Negeri Yogyakarta, termasuk kebutuhan media pembelajaran miniatur PLTH yang menggabungkan sumber energi angin dan surya, serta modul pendukung.

Perancangan

Tahap perancangan mencakup perancangan miniatur alat peraga dan buku panduan. Prosedur yang dilakukan dalam perancangan alat peraga meliputi:

- a. Menentukan komponen apa saja yang akan digunakan
- b. Merancang konsep desain miniatur alat peraga yang praktis
- c. Merancang sketsa kasar secara 3D yang menggambarkan tata letak komponen di dalam miniatur alat peraga beserta jobsheet yang memuat materi, prosedur, alat, bahan, dan ruang untuk mencatat hasil praktikum.

Selain itu, tahap perancangan untuk buku panduan dimulai dengan menentukan format dan struktur buku panduan dan dilanjutkan dengan perancangan jobsheet.

Pengembangan

Tahap pengembangan alat peraga dilakukan dengan pengadaan komponen, perakitan miniatur alat peraga, serta pengujian awal untuk memastikan sistem bekerja dengan baik. Tahap pengembangan buku panduan diawali dengan penulisan materi serta penggunaan ilustrasi, diagram, dan gambar dilakukan berdasarkan rancangan yang telah dibuat. Modul yang sudah jadi akan diuji kelayakannya oleh ahli materi. Langkah terakhir adalah revisi dan *editing* untuk memastikan bahwa konten bebas dari kesalahan dan sesuai dengan tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan.

Implementasi

Tahap Implementasi melibatkan penggunaan miniatur alat peraga dan modul pada mata kuliah Praktik Pembangkit Tenaga Listrik. Prosedur yang dilakukan tahap implementasi pada alat peraga meliputi:

- a. Menyusun rencana pelaksanaan praktik yang mencakup penggunaan miniatur alat peraga dalam pembelajaran.
- b. Melaksanakan sesi praktik di mana mahasiswa dapat berinteraksi langsung dengan alat peraga, memahami cara kerja, dan melakukan eksperimen.
- c. Mengumpulkan umpan balik dari mahasiswa mengenai pengalaman mereka dalam menggunakan alat peraga.

Tahap implementasi dilakukan dengan memperkenalkan alat peraga dan buku panduan kepada mahasiswa melalui sesi orientasi, diikuti praktik langsung menggunakan buku panduan dan *jobsheet*. Modul pembelajaran ini sebelumnya diuji oleh para ahli dan dinyatakan layak untuk digunakan.

Evaluasi

Tahap Evaluasi mencakup pengumpulan umpan balik mahasiswa dan dosen, analisis pretest dan posttest, serta analisis efektivitas media dan modul untuk mendukung pemahaman mahasiswa.

2.1 Analisis Data

Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan tiga metode pengumpulan data: (1) observasi non sistematis untuk menilai interaksi mahasiswa dengan alat peraga dan aspek afektif mereka, (2) angket *Zoho Form* untuk mengumpulkan umpan balik dari mahasiswa, ahli media, dan ahli materi, serta (3) *pretest* dan *posttest* untuk mengukur peningkatan pengetahuan kognitif dan psikomotorik mahasiswa sebelum dan sesudah menggunakan alat peraga.

Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan menggunakan instrumen *Zoho Form* yang memuat instrumen materi dan media pembelajaran dengan empat pilihan jawaban: 1 (tidak layak) hingga 4 (sangat layak). Kriteria kelayakan media pembelajaran ditunjukkan pada Tabel 1[9].

Tabel 1. Kriteria Kelayakan Media Pembelajaran

Kriteria Kelayakan Media Pembelajaran	
Kategori Penilaian	Interval Nilai
Sangat Layak	$Mi + (1,5 \times Sbi) \leq S \leq Smax$
Layak	$Mi < S \leq Mi + (1,5 \times Sbi)$
Kurang Layak	$Mi - (1,5 \times Sbi) < S \leq Mi$
Tidak Layak	$Smin < S \leq Mi - (1,5 \times Sbi)$

$$\text{Persentase kelayakan (\%)} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimal}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Analisis pretest dan posttest menggunakan statistik deskriptif untuk melihat peningkatan pemahaman mahasiswa. Nilai pretest dan posttest dikonversi menjadi huruf sesuai Tabel 2[9], dengan persentase ketuntasan:

$$\left(\text{Persentase Ketuntasan (P)} = \frac{\text{jumlah peserta didik yang tuntas}}{\text{jumlah seluruh peserta didik}} \times 100\% \right) \dots\dots\dots (2)$$

Tabel 2. Kategori Nilai Pretest dan Posttest

Skala Nilai	Kategori	Bobot Nilai
0 – 40	E	0,00
41 – 55	D	1,00
60 – 66	C	2,00
61 – 65	C+	2,33
66 – 70	B-	2,67
71 – 75	B	3,00
76 – 80	B+	3,33
81 – 85	A-	3,67
86 – 100	A	4,00

Unjuk kerja alat peraga dinilai melalui angket dengan skala *likert* (1-4) oleh ahli media. Kebermanfaatan alat diukur menggunakan angket *likert* (1-4) dari mahasiswa dengan analisis: menetapkan kelas interval, rentang skor, *mean*, deviasi standar, dan kategorisasi hasil[11].

3 Hasil dan Pembahasan

Uraian hasil penerapan dengan model ADDIE dalam Pengembangan Alat Peraga Miniatur Listrik Tenaga *Hybrid* dan modul pendukung alat peraga miniatur PLTH yang merupakan buku panduan, terdiri dari lima langkah yaitu Analisis (*Analyze*), Desain (*Design*), Pengembangan (*Development*), Implementasi (*Implementation*), dan Evaluasi (*Evaluation*)[12].

Hasil Tahap Analisis

Analisis Modul Pendukung (Buku Panduan)

Hasil analisis kebutuhan pembelajaran yang dibutuhkan melalui observasi pada mata kuliah Pembangkit Tenaga Listrik, menunjukkan keinginan mahasiswa untuk lebih memahami konsep dasar mengenai pembangkit listrik terbarukan, khususnya Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH), karena banyak di antara mereka yang mengalami kesulitan dalam menghubungkan teori dengan praktik. Mereka juga menyatakan perlunya panduan praktikum yang lebih sistematis dan mudah dipahami dengan harapan modul pelengkap alat peraga yang akan dikembangkan dapat memenuhi ekspektasi mereka, termasuk adanya modul yang interaktif, *labsheet* yang praktis, dan umpan balik untuk menilai pemahaman mereka. Berdasarkan hasil analisis ini, sebaiknya disusun buku panduan pendukung alat peraga miniatur PLTH yang terstruktur dengan baik, menyertakan ilustrasi dari rangkaian alat peraga sesuai *labsheet*, serta menciptakan modul yang menarik untuk meningkatkan motivasi dan keterlibatan mahasiswa dalam proses pembelajaran[15].

Analisis Alat Peraga

Berdasarkan hasil analisis terhadap Rencana Pembelajaran Semester (RPS), bahwa RPS telah mencakup pembelajaran Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) secara terpisah. Hasil wawancara dengan mahasiswa dan dosen pengampu juga menunjukkan bahwa media praktik yang tersedia belum mampu memfasilitasi mahasiswa dalam mempelajari konsep *hybrid* sistem secara optimal. Mengacu hal tersebut, pengembangan alat peraga berskala kecil yang dilengkapi dengan penggabungan sistem *hybrid* (surya-bayu) sebagai media pembelajaran praktik pembangkit tenaga listrik, diharapkan dapat mempermudah pelaksanaan praktik di dalam ruang kelas dan meningkatkan pemahaman mahasiswa tentang sumber energi terbarukan[14].

3.1 Hasil Tahap Perancangan

Perancangan Modul Pendukung (Buku Panduan)

Tahap perancangan produk dikembangkan berupa buku panduan yang berisi *labsheet* untuk praktik mahasiswa menggunakan alat peraga miniatur PLTH. Buku panduan ini disusun sebagai pendamping alat peraga miniatur PLTH dalam pelaksanaan praktikum, sekaligus memfasilitasi mahasiswa memahami konsep pembangkit listrik tenaga surya, tenaga bayu, dan integrasi keduanya dalam sistem *hybrid*. Tahapan yang dilakukan dalam perancangan modul yaitu:

- Garis besar isi buku panduan
- Format penulisan buku panduan
- Struktur buku panduan

Perancangan Alat Peraga

Perancangan miniatur alat peraga menggunakan berbagai komponen untuk menciptakan alat yang interaktif dan edukatif dalam mendemonstrasikan prinsip-prinsip energi terbarukan. Berikut merupakan rincian komponen utama yang digunakan dalam perancangan alat peraga:

- a. *Solar Cell Panel Photovoltaic*
- b. Generator DC 6 Volt
- c. Baterai Li-Ion
- d. *Light Emitting Diode (LED)*
- e. Adaptor DC 6 Volt
- f. Arduino Uno
- g. Modul Sensor *Light Dependent Resistor (LDR)*
- h. Modul sensor arus INA219

3.2 Hasil Tahap Pengembangan

Hasil pengembangan buku panduan dilakukan dalam dua tahap, desain keseluruhan buku dibuat menggunakan *software Canva*, sedangkan penggabungan isi dan desain dilakukan dengan *software Microsoft Word* yang dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Pembuatan desain buku panduan



Gambar 3. Pembuatan desain buku panduan

Pengembangan Alat Peraga

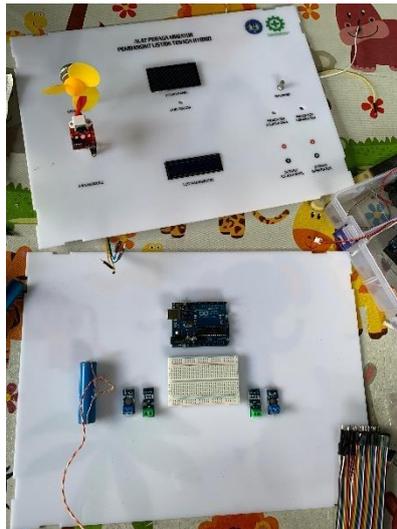
Hasil pengembangan alat peraga miniatur PLTH pada tahap ini, telah dilakukan perakitan alat sesuai dengan desain yang direncanakan dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Pengadaan komponen alat
- b. Perakitan alat
- c. Pemasangan kabel alat
- d. Pengujian alat

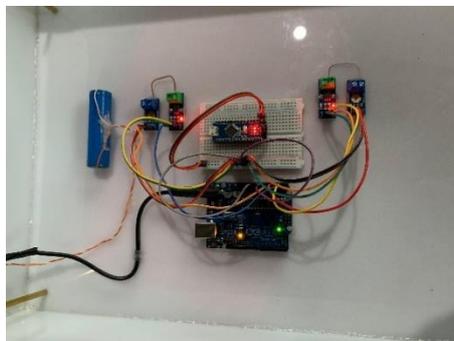
Tahapan pengembangan Alat Peraga dapat dilihat pada Gambar 4, 5, dan 6.



Gambar 4. Tahap pengadaan komponen alat peraga



Gambar 5. Perakitan komponen alat peraga miniatur PLTH



Gambar 6. Pengkabelan komponen alat peraga miniatur PLTH

3.3 Hasil Tahap Implementasi

Implementasi Modul Pendukung (Buku Panduan)

Langkah awal implementasi, diadakan sesi orientasi untuk memperkenalkan mahasiswa kepada buku panduan dan *jobsheet*, serta memberikan penjelasan mengenai cara penggunaannya yang benar. Setelah sesi orientasi, mahasiswa akan mendapatkan bimbingan langsung dalam menggunakan buku panduan dan *jobsheet* saat melaksanakan praktik. Pendampingan bertujuan untuk memastikan bahwa mahasiswa dapat memahami dan menerapkan teori yang telah mereka pelajari dalam praktik.

Implementasi Alat Peraga

Implementasi alat peraga dilakukan dengan uji coba alat yang digunakan untuk mengumpulkan umpan balik dari mahasiswa dan dosen/instruktur mengenai pengalaman dalam menggunakan alat peraga. Pengujian ini dilaksanakan dengan responden satu dosen pengampu dan empat puluh mahasiswa program studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas, Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

3.4 Hasil Tahap Evaluasi

Evaluasi Modul Pendukung (Buku Panduan)

Umpan balik pada tahap ini dikumpulkan dari mahasiswa dan dosen/instruktur, untuk memperoleh pandangan yang menyeluruh mengenai penggunaan kedua sumber belajar tersebut. Data yang dikumpulkan dari umpan balik dan hasil evaluasi akan dianalisis secara mendalam untuk mengidentifikasi butir-butir instrumen yang perlu diperbaiki atau ditingkatkan.

Evaluasi Alat Peraga

Tahap evaluasi dilakukan dengan metode evaluasi formatif untuk mengukur pemahaman mahasiswa tentang konsep Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* setelah menggunakan alat peraga. Umpan balik dari responden dosen diperoleh dari *hardfile* angket penilaian responden, sedangkan responden mahasiswa dikumpulkan melalui *zoho form*.

3.5 Hasil Analisis Data

Analisis Data Penilaian Ahli Media

Tabel 3. Kriteria Penilaian Ahli Media

Kriteria Penilaian	Tampilan Alat Peraga (<i>Trainerkit</i>)	Keselamatan Alat Peraga (<i>Trainerkit</i>)	Total
Sangat Layak	$46 < X \leq 56$	$6.5 < X \leq 8$	$52 < X \leq 64$
Layak	$35 < X \leq 46$	$5 < X \leq 6.5$	$40 < X \leq 52$
Cukup Layak	$25 < X \leq 35$	$3.5 < X \leq 5$	$28 < X \leq 40$
Kurang Layak	$14 < X \leq 25$	$2 < X \leq 3.5$	$16 < X \leq 28$

Tabel 4. Hasil Penilaian Ahli Media

Keterangan	Tampilan Alat Peraga (<i>Trainerkit</i>)	Keselamatan Alat Peraga (<i>Trainerkit</i>)	Total
Skor Maksimal	56	8	64
Skor Minimal	14	2	16
Skor Ahli 1	40	6	46
Skor Ahli 2	43	6	49
Rerata Skor	41.5	6	47.5

Berdasarkan hasil penilaian dari dua ahli media pada Tabel 4, *trainerkit* berada pada kategori “Layak” baik dalam tampilan, keselamatan, maupun total skor keseluruhan dengan rata-rata skor 47,5. Hal ini menunjukkan bahwa alat peraga sudah dapat digunakan untuk mendukung proses pembelajaran dengan baik.

Analisis Data Penilaian Ahli Materi

Tabel 5. Kriteria Penilaian Ahli Materi

Kriteria Penilaian	Tampilan Alat Peraga (<i>Trainerkit</i>)	Keselamatan Alat Peraga (<i>Trainerkit</i>)	Total
Sangat Layak	$52 < X \leq 64$	$39 < X \leq 36$	$80 < X \leq 100$
Layak	$40 < X \leq 52$	$23 < X \leq 39$	$63 < X \leq 80$
Cukup Layak	$28 < X \leq 40$	$16 < X \leq 23$	$44 < X \leq 63$
Kurang Layak	$16 < X \leq 28$	$9 < X \leq 16$	$25 < X \leq 44$

Tabel 6. Hasil Penilaian Ahli Materi

Keterangan	Tampilan Alat Peraga (Trainerkit)	Keselamatan Alat Peraga (Trainerkit)	Total
Skor Maksimal	64	36	100
Skor Minimal	16	9	25
Skor Ahli 1	54	32	86
Skor Ahli 2	48	28	76
Rerata Skor	51	30	81

Berdasarkan hasil penilaian kedua ahli materi pada Tabel 6, *trainerkit* dinilai “Sangat Layak” dengan skor rata-rata 81. Tampilan alat peraga berada pada kategori “Layak”, sementara aspek keselamatan dinilai “Sangat Layak”. *Trainerkit* ini memenuhi kriteria penggunaan dalam pembelajaran

Analisis Data penilaian pengguna

Tabel 7. Kriteria Penilaian Respon Pengguna

Tampilan	Kemudahan Penggunaan	Kemudahan Pengamatan
$9.8 < X \leq 12$	$9.8 < X \leq 12$	$9.8 < X \leq 12$
$7.5 < X \leq 9.8$	$7.5 < X \leq 9.8$	$7.5 < X \leq 9.8$
$5.3 < X \leq 7.5$	$5.3 < X \leq 7.5$	$5.3 < X \leq 7.5$
$3 < X \leq 5.3$	$3 < X \leq 5.3$	$3 < X \leq 5.3$
K3	Relevansi Materi	Daya Tarik
$9.8 < X \leq 12$	$9.8 < X \leq 12$	$9.8 < X \leq 12$
$7.5 < X \leq 9.8$	$7.5 < X \leq 9.8$	$7.5 < X \leq 9.8$
$5.3 < X \leq 7.5$	$5.3 < X \leq 7.5$	$5.3 < X \leq 7.5$
$3 < X \leq 5.3$	$3 < X \leq 5.3$	$3 < X \leq 5.3$
Kualitas Teknis	Kebermanfaatan	Total
$9.8 < X \leq 12$	$13 < X \leq 16$	$81.3 < X \leq 102.3$
$7.5 < X \leq 9.8$	$10 < X \leq 62.5$	$62.5 < X \leq 81.3$
$5.3 < X \leq 7.5$	$7 < X \leq 10$	$43.8 < X \leq 62.5$
$3 < X \leq 5.3$	$4 < X \leq 7$	$25 < X \leq 43.8$

Tabel 8. Hasil Penilaian Respon Pengguna

Ket	Tampilan	Kemudahan Penggunaan	K3	Relevansi Materi	Daya Tarik	Kualitas Teknis	Kebermanfaatan	Total
Skor Max	12	12	12	12	12	12	16	100
Skor Min	3	3	3	3	3	3	4	25
Rerata Skor	11	11	11	11	11	11	14	90,48

Berdasarkan hasil penilaian respon pengguna pada Tabel 8, semua aspek *trainerkit* mulai dari tampilan, kemudahan penggunaan, kemudahan pengamatan, K3, relevansi materi, daya tarik, kualitas teknis, hingga kebermanfaatan berada dalam kategori “Sangat Layak”. *Trainerkit* ini dinilai sangat layak digunakan dalam pembelajaran dengan total skor rata-rata 90,48.

3.6 Pembahasan

Penggunaan alat peraga miniatur PLTH terbukti berhasil meningkatkan pemahaman mahasiswa secara signifikan. Hal ini terlihat dari peningkatan nilai rata-rata mahasiswa dari 77% pada pretest menjadi 92% pada posttest, dengan kenaikan sebesar 15%. Penelitian ini memperlihatkan bahwa mahasiswa lebih memahami materi praktik pembangkit tenaga listrik setelah menggunakan alat peraga, dan alat tersebut berhasil mengurangi kesenjangan pemahaman antar mahasiswa. Sejalan dengan hal tersebut, Syarif menyatakan bahwa penggunaan alat peraga yang tepat dapat meningkatkan motivasi belajar mahasiswa serta pemahaman materi yang diajarkan [18]. Penelitian ini juga mendukung pernyataan bahwa keterlibatan mahasiswa secara aktif melalui praktik akan memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna dan aplikatif. Hal ini menjadi solusi terhadap kondisi mahasiswa yang merasa bosan dan kurang tertarik terhadap materi energi terbarukan yang disampaikan secara teoritis oleh dosen di kelas [19].

Validasi dari ahli materi dan media yang menunjukkan alat peraga miniatur PLTH masuk kategori “Sangat Layak” dan “Layak” menjadi bukti bahwa alat ini dirancang sesuai dengan kebutuhan mahasiswa dan mendukung kurikulum yang berlaku. Nilai kelayakan sebesar 81% dari ahli materi dan 75% dari ahli media menunjukkan bahwa alat ini memenuhi aspek kualitas materi, kualitas pembelajaran, tampilan, dan keselamatan, yang semuanya sangat penting dalam proses pembelajaran praktik. Hal ini menunjukkan bahwa mahasiswa dapat melihat bagaimana integrasi kedua sumber energi dan konversi energi kinetik menjadi energi listrik melalui media yang konkret seperti alat peraga miniatur PLTH [17].

Selain itu, hasil tanggapan mahasiswa yang sangat positif terhadap alat peraga, dengan persentase keseluruhan 90,5% yang menunjukkan bahwa alat ini efektif digunakan dalam pembelajaran. Mahasiswa merasa alat ini mudah digunakan, aman, relevan dengan materi, menarik, dan sangat membantu dalam memahami konsep pembangkit tenaga listrik. Hal ini membuktikan bahwa media pembelajaran yang interaktif dan aplikatif sangat diperlukan untuk menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik [20]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa alat peraga dapat meningkatkan pemahaman konsep dalam pembelajaran fisika, semakin menguatkan temuan penelitian pada pembelajaran praktik pembangkit tenaga listrik di Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta bahwa hasil penelitian ini memberikan kontribusi baru yang relevan dan signifikan [10]. Pengembangan alat peraga miniatur PLTH tidak hanya menjadi solusi atas keterbatasan media pembelajaran, tetapi juga menjawab tantangan pendidikan tinggi dalam menghasilkan lulusan yang memiliki pemahaman dan keterampilan sesuai dengan kebutuhan industri energi terbarukan [19]. Penelitian ini dilakukan sesuai dengan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 tentang pentingnya pendidikan tinggi dalam memberikan keterampilan relevan yang dapat diterapkan dalam dunia kerja [16].

3.7 Kajian Produk Akhir

Hasil validasi buku panduan alat peraga miniatur PLTH menunjukkan bahwa pada aspek kualitas materi diperoleh skor kelayakan sebesar 80% dan pada aspek kualitas pembelajaran diperoleh skor kelayakan sebesar 83%, sehingga secara keseluruhan buku panduan ini dinyatakan layak dengan rata-rata skor kelayakan 81%. Sementara itu, validasi kelayakan alat peraga miniatur PLTH pada mata kuliah Praktik Pembangkit Tenaga Listrik yang dilakukan oleh ahli media menunjukkan bahwa pada aspek tampilan alat peraga diperoleh skor kelayakan sebesar 74% dan pada aspek keselamatan alat peraga diperoleh skor kelayakan sebesar 75%, sehingga secara keseluruhan alat peraga miniatur PLTH dinyatakan layak digunakan dengan skor rata-rata 74%. Penelitian ini juga mengungkapkan beberapa keterbatasan pada alat peraga miniatur PLTH yang perlu diperhatikan ke depannya, yaitu tegangan keluaran yang dihasilkan masih relatif rendah serta tampilan data pada layar LCD yang sering berubah terlalu cepat, sehingga mahasiswa kesulitan dalam mencatat atau memahami data yang ditampilkan secara optimal.

4 Simpulan dan Saran

4.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan yang telah dilakukan mengenai alat peraga miniatur Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) pada mata kuliah Praktik Pembangkit Tenaga Listrik, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut: Penelitian ini telah berhasil merancang dan mengembangkan alat peraga miniatur PLTH berbasis energi terbarukan, yaitu sumber energi bayu dan surya. Alat peraga ini dirancang menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan pendekatan model ADDIE yang meliputi tahap Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, dan Evaluasi. Hasil dari penelitian ini adalah satu unit alat peraga

miniatur PLTH yang sesuai untuk digunakan sebagai media pembelajaran praktik pembangkit tenaga listrik. Selain itu, juga dilengkapi satu unit buku panduan pendamping alat peraga miniatur PLTH yang berisi labsheet untuk pembelajaran praktik mata kuliah Praktik Pembangkit Tenaga Listrik.

Berdasarkan hasil analisis validitas, instrumen dinyatakan valid ($r > 0,312$) dan reliabel ($\alpha = 0,933$ dengan kategori "Sangat Tinggi"). Hasil analisis kelayakan ahli materi dan ahli media, miniatur PLTH dinyatakan "Sangat Layak" dari segi materi dan "Layak" dari segi media untuk digunakan dalam pembelajaran praktik Pembangkit Tenaga Listrik. Aspek kelayakan materi yang diuji mendapatkan rata-rata persentase pada aspek kualitas materi sebesar 80%, aspek kualitas pembelajaran sebesar 81%, dan total persentase kelayakan materi sebesar 81%. Aspek kelayakan media yang diuji mendapatkan rata-rata persentase pada aspek tampilan alat peraga sebesar 74%, aspek keselamatan alat peraga sebesar 75%, dan total persentase kelayakan media sebesar 75%.

Penggunaan alat peraga miniatur PLTH pada mata kuliah Praktik Pembangkit Tenaga Listrik terbukti mendapat respon "Sangat Baik" dengan total persentase 90,5% dan bermanfaat dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap konsep integrasi sumber energi listrik terbarukan. Hal ini terlihat dari hasil analisis *pretest* dan *posttest* yang telah dilakukan oleh mahasiswa. Rata-rata nilai *pretest* mahasiswa sebesar 77% meningkat menjadi 92% pada *posttest*, dengan peningkatan sebesar 15%.

4.2 Keterbatasan Penelitian

Pengembangan alat peraga miniatur Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH) masih terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan, diantaranya:

- 1 Tegangan output yang dihasilkan pada alat peraga miniatur Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH) cenderung rendah.
- 2 Pembacaan data pada layar LCD sering kali berganti terlalu cepat, sehingga mahasiswa tidak memiliki waktu yang memadai untuk mencatat atau memahami informasi yang ditampilkan.

2.1 Saran

Alat peraga miniatur PLTH yang dikembangkan sudah layak digunakan, namun masih terdapat beberapa keterbatasan yang perlu disempurnakan agar alat peraga dapat dioperasikan secara optimal. Keterbatasan yang perlu tindak lanjut untuk peneliti selanjutnya agar optimal digunakan sebagai media pembelajaran memerlukan pengembangan sebagai berikut.

1. Memperbesar ukuran panel surya dan generator untuk meningkatkan daya keluaran sehingga performa alat peraga menjadi lebih optimal dan representatif.
2. Menambahkan fitur *touch pad* tampilan data pada layar, sehingga memudahkan pencatatan dan pemahaman dengan memperlambat pergantian informasi.
3. Menambahkan variasi beban dalam alat peraga, tidak hanya menggunakan LED, tetapi juga beban lain seperti mini blower, agar terlihat pengaruh berbagai beban terhadap sistem secara lebih luas.
4. Mengembangkan inovasi baru yang dapat meningkatkan performa alat peraga, seperti integrasi IoT dan fitur interaktif yang dapat meningkatkan pengalaman belajar.

5. Referensi

- [1] S. Samsurizal, S. Azzahra, C. Christiono, M. Fikri, H. Azis, and A. Yogiarto, "Prototype Pembelajaran Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan Berbasis Energi Surya," *TERANG*, vol. 4, no. 1, 2021, doi: 10.33322/terang.v4i1.1278.
- [2] A. D. Nugroho, M. S. Alim, S. Sundari, and G. R. Soekarno, "Kebijakan Dekarbonisasi Sistem Energi Indonesia pada Sektor Energi Terbarukan," *CAKRAWALA*, vol. 17, no. 2, 2023, doi: 10.32781/cakrawala.v17i2.539.
- [3] L. Lubna, S. Sudarti, and Y. Yushardi, "POTENSI ENERGI SURYA FOTOVOLTAIK SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF," *Pelita : Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah*, vol. 21, no. 1, 2021, doi: 10.33592/pelita.v21i1.1269.
- [4] R. Agtiani Putri, M. Murtadlo, and W. Wagino, "Model Pembelajaran Project Based Learning Untuk Meningkatkan Keterampilan Vokasional Siswa Inklusi," *Jurnal Konseling Pendidikan Islam*, vol. 4, no. 1, 2023, doi: 10.32806/jkpi.v4i1.323.
- [5] K. R. Saputra, I. P. S. Arsa, and I. G. Ratnaya, "Pengembangan Media Pembelajaran Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Mata Kuliah Pembangkit Listrik di Program Studi S1 Pendidikan Teknik Elektro," *Jurnal Pendidikan Teknik ...*, vol. 9, no. 3, pp. 193–202, 2020.

- [6] Z. Tharo, S. Anisah, and F. Rahman, “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) Surya-Bayu Sebagai Media Pembelajaran,” vol. 1, no. 1, pp. 169–182, 2024.
- [7] N. Yuniarti and I. W. Aji, *Modul Pembelajaran Pembangkit Tenaga Listrik*. Yogyakarta, 2019.
- [8] N. Yuniarti and dkk, *Media Pembelajaran Vokasional*, 1st ed. Yogyakarta: UNY Press, 2024.
- [9] I. Djatmiko, *Strategi Penulisan skripsi Tesis & Disertasi Bidang Pendidikan*, 1st ed., vol. 11, no. 1. Yogyakarta: UNY Press, 2019.
- [10] Kementerian Pendidikan Kebudayaan Riset dan Teknologi, *Buku Peraturan Akademik*. Yogyakarta: UNY Press, 2023.
- [11] E. Hertanto, “Perbedaan Skala Likert Lima Skala Dengan Skala Likert Empat Skala,” *Jurnal Metodologi Penelitian*, no. September, 2017.
- [12] W. W. Lee and D. L. Owens, “Multimedia-Based Instructional Design computer based training and,” *J Chem Inf Model*, vol. 53, no. 9, 2004.
- [13] A. A. Gde Ekayana, “Pengembangan Modul Pembelajaran Mata Kuliah Internet Of Things,” *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, vol. 16, no. 2, 2019, doi: 10.23887/jptk-undiksha.v16i2.17594.
- [14] Asyhar R, *Kreatif Mengembangkan Media Pembelajaran*, 1st ed. Jakarta: Gaung Persada Press, 2011.
- [15] H. Pagarra, A. Syawaluddin, W. Krismanto, and Sayidiman, *Media Pembelajaran*. 2022.
- [16] E. Julita and Sofino, “Penggunaan Metode Pembelajaran Variatif Dalam Pembelajaran Warga Belajar Paket C,” *JOLL (JUNE 2022) Journal of Lifelong Learning*, vol. 5, no. 1, pp. 1–6, 2022.
- [17] J. E. Wismaya, “Pengembangan Media Pembelajaran Tiga Dimensi (Miniatur Kincir Air Pembangkit Listrik) untuk Materi Kelas IV Tema 2 Selalu Berhemat Energi,” 2018.
- [18] S. Putrianingsih, A. Muchasan, and M. Syarif, “Peran Perencanaan Pembelajaran Terhadap Kualitas Pengajaran,” *Inovatif*, vol. 7, no. 1, pp. 206–231, 2021.
- [19] H. S. Abdilah, “Pengembangan Miniatur Pembangkit Listrik Tenaga Air Sebagai Media Pembelajaran Fisika Sekolah,” vol. IV, pp. 77–80, 2015.
- [20] Delfiyana and M. Syahrul, “Uji Kerja Pembangkit Listrik Hibryd Tenaga Surya Dan Bayu Tipe Vawt Cross-Flow Untuk Penerangan,” 2022.

6. Biografi Penulis

Zahra Dwi Nur Rahmawati adalah mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Elektro angkatan tahun 2021 di Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Beberapa prestasi yang pernah dijuarainya di bidang non-akademis pada ajang pemilihan Duta Kabupaten Sleman yaitu Duta Kesehatan Sleman tahun 2019 dan Duta Kependudukan Sleman tahun 2021. Pengalaman profesional yang dimiliki dalam bidang teknik mencakup magang sebagai tim *engineering* di PT BMB Export, tim produksi di PT Qumicon Indonesia, serta tim operator di PLTH Pantai Baru. Keahliannya dalam bidang ketenagalistrikan meliputi pemrograman, instalasi kelistrikan, dan pendidikan teknik. (email: zahradwi.2021@student.uny.ac.id).

Prof. Dr. phil. Nurhening Yuniarti, S. Pd., M. T. adalah dosen tetap di Program Studi Pendidikan Teknik Elektro sejak 2002. Jabatan yang dipegang saat ini sebagai Ketua Departemen Pendidikan Teknik Elektro periode 2025 – 2030. Ranting ilmu yang ditekuni adalah Media Pembelajaran Vokasional. Beberapa penelitian dan karya tulis ilmiah telah dihasilkan khususnya terkait dengan pengembangan media pembelajaran, pendidikan vokasional, dan energi terbarukan. Selain itu juga menjadi narasumber dalam beberapa kegiatan di pendidikan vokasional. (email: nurhening@uny.ac.id).