



NOZEL

Jurnal Pendidikan Teknik

Mesin



Jurnal Homepage:
<https://jurnal.uns.ac.id/nozel>

Pengembangan E-Modul Konversi Minyak Jelantah menjadi Biodiesel pada Mata Kuliah Energi Baru dan Terbarukan Universitas Sebelas Maret

Satria Hari Markana¹, Danar Susilo Wijayanto²

¹Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret

Corresponding e-mail: danarsw@staff.uns.ac.id

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh meningkatnya kebutuhan bahan ajar inovatif pada mata kuliah Energi Baru dan Terbarukan (EBT) yang mampu mengintegrasikan pembelajaran teori, praktik, dan penyelesaian masalah nyata secara sistematis. Meskipun pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel telah banyak dikaji sebagai solusi pengurangan limbah dan pengembangan energi terbarukan, belum tersedia e-modul berbasis Project-Based Learning (PjBL) yang secara khusus dirancang untuk mendukung pembelajaran konversi minyak jelantah menjadi biodiesel pada pendidikan teknik. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan e-modul konversi minyak jelantah menjadi biodiesel berbasis PjBL serta menguji tingkat kelayakannya sebagai bahan ajar pendukung pada mata kuliah EBT. Penelitian menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model pengembangan 4-D yang meliputi tahap define, design, development, dan disseminate. Subjek penelitian terdiri atas ahli materi, ahli media, dan mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mesin FKIP Universitas Sebelas Maret angkatan 2022 pada uji coba kelompok kecil. Data dikumpulkan menggunakan kuesioner dan dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-modul memperoleh tingkat kelayakan sebesar 97,78% dari ahli materi, 84,44% dari ahli media, dan 89,73% dari respons pengguna dengan kategori sangat layak. Novelty penelitian ini terletak pada pengembangan e-modul berbasis PjBL yang mengintegrasikan konsep energi terbarukan, pengolahan limbah minyak jelantah, dan aktivitas proyek pembuatan biodiesel dalam satu perangkat pembelajaran digital interaktif. Dengan demikian, e-modul yang dikembangkan layak digunakan sebagai bahan ajar pendukung pada mata kuliah Energi Baru dan Terbarukan.

Keywords: e-modul, Project-Based Learning, minyak jelantah, biodiesel, energi baru dan terbarukan.

A. PENDAHULUAN

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 tahun 2012 merumuskan pendidikan tinggi merupakan upaya yang dilakukan secara sadar dan terencana guna menciptakan suasana serta proses pembelajaran yang memungkinkan peserta didik aktif mengembangkan potensi dirinya. Melalui pendidikan tinggi, mahasiswa diharapkan mampu memiliki kekuatan spiritual keagamaan, pengendalian diri, kepribadian yang baik, kecerdasan, akhlak mulia, serta keterampilan yang dibutuhkan bagi diri sendiri, masyarakat, bangsa, dan negara. Sarana dan prasarana pendidikan merupakan salah satu aspek dari Delapan Standar Nasional Pendidikan sebagai sarana pendukung untuk memastikan proses Kegiatan Belajar Mengajar (KBM) di sekolah berjalan dengan lancar.

Dalam konteks tersebut, sarana pembelajaran mencakup alat atau objek yang dimanfaatkan sebagai media sekaligus bahan ajar dalam menunjang proses pembelajaran (Fatmawati et al., 2019 p.116). Setiap media pembelajaran merupakan sarana yang digunakan untuk mendukung tercapainya tujuan pembelajaran. Di tengah perkembangan teknologi yang semakin pesat serta tantangan global yang semakin kompleks, dunia pendidikan dituntut untuk mampu membekali siswa dengan keterampilan yang tidak hanya terbatas pada pengetahuan akademik. Oleh karena itu, Project-Based Learning (PjBL) hadir sebagai salah satu metode pembelajaran inovatif yang mampu menjawab kebutuhan tersebut (Sumilat et al., 2023 p.3981).

Program Studi Pendidikan Teknik Mesin (PTM) merupakan jenjang pendidikan tinggi tingkat sarjana (S1) di Fakultas KIP Universitas Sebelas Maret Surakarta. Prodi PTM terdapat mata kuliah EBT yang mempelajari pengenalan, prinsip-prinsip dasar, serta aplikasi dalam kehidupan sehari-hari mengenai EBT. Energi Baru dan Terbarukan merupakan sumber energi yang berasal dari alam dan dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan. Selain itu, EBT juga menjadi salah satu solusi dalam mengurangi dampak buruk akibat peningkatan suhu bumi dan perubahan iklim. Salah satu metode pembelajarannya adalah pembelajaran berbasis proyek. Pembelajaran berbasis masalah pada dasarnya merupakan proses pembelajaran yang berlandaskan pada berbagai permasalahan yang muncul dalam kehidupan sehari-hari sebagai bahan utama dalam kegiatan belajar (Waldopo, 2022 p.357). Model *PjBL* merupakan salah satu model pembelajaran yang dalam prosesnya memanfaatkan proyek sebagai inti kegiatan pembelajaran (Pantiwati & Permana, 2020 p.9).

Minyak jelantah adalah minyak goreng yang digunakan secara berkali-kali. Limbah ini masih sering banyak dibuang sembarangan. Minyak jelantah adalah salah satu sumber pencemaran lingkungan yang dihasilkan oleh rumah tangga (Umiatin et al., 2022 p.1590). Limbah ini masih sering banyak dibuang sembarangan. Jika tidak ditangani dengan tepat, limbah ini dapat menimbulkan pencemaran terhadap tanah dan air. Di sisi lain, minyak jelantah bisa menjadi manfaat jika ditangani dengan tepat. Biodiesel yang berasal dari minyak nabati dapat diproduksi melalui proses transesterifikasi (Kapuji et al., 2008 p.2).

Indonesia sudah menghadapi jeratan krisis energi. Ketergantungan yang tinggi terhadap minyak bumi berisiko bagi keberlanjutan sumber daya. Hal ini mendorong pengembangan energi terbarukan dan bahan bakar ramah lingkungan dari biomassa, seperti biodiesel atau ester metil asam lemak (FAME), karena bersifat ramah lingkungan, dapat terurai secara hayati, layak secara teknis, menurunkan emisi gas rumah kaca, dan netral karbon (Alahmar et al., 2025 p.1). Negara perlu mulai memanfaatkan energi baru terbarukan sejak dini sebagai upaya untuk mengatasi krisis yang telah berdampak pada jutaan rumah tangga maupun sektor industri. Biodiesel dipresentasikan sebagai alternatif yang menjanjikan bagi solar biasa, baik saat ini maupun di masa depan, seiring dengan terus menurunnya pasokan bahan bakar fosil (Daryono et al., 2025 p.14). Langkah awal sekaligus paling penting untuk mewujudkan tujuan tersebut adalah memberikan pendidikan kepada mahasiswa mengenai energi baru terbarukan, baik dari sisi teori maupun praktik (Prasaja M et al., 2020 p.357). Sayangnya, topik ini masih jarang diintegrasikan secara optimal dalam proses pembelajaran di perguruan tinggi. Modul atau materi pengajaran yang secara khusus membahas perubahan minyak jelantah menjadi biodiesel dengan pendekatan yang kontekstual dan berdasarkan pengalaman langsung masih sangat kurang. Hal ini menyebabkan adanya perbedaan antara situasi yang diinginkan dan kenyataan yang ada. Sebaiknya, mahasiswa tidak hanya memahami konsep Energi Baru Terbarukan (EBT), tetapi juga dapat menerapkannya melalui praktik langsung dalam kehidupan sehari-hari.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka alat konversi dari minyak jelantah menjadi biodiesel akan digunakan sebagai media pada modul pembelajaran pemanfaatan limbah menjadi energi terbarukan. Jika penyampaian materi hanya dilakukan melalui pembelajaran langsung, maka peserta didik akan kurang terbiasa berpikir kritis dalam memahami dan mengingat materi yang telah diberikan (Dewi, 2020, p.5). Oleh karena itu pengembangan *e-modul* menggunakan model pembelajaran PjBL tersebut akan menjadi

solusi yang potensial. Topik ini bukan hanya penting dari segi ilmiah, tetapi juga memiliki aplikasi praktis dan mendukung tujuan pendidikan dalam membentuk mahasiswa yang kreatif, dan peduli lingkungan. Modul ini akan membantu mahasiswa dalam menerapkan pengetahuan secara langsung dan melatih kemampuan memecahkan masalah melalui praktik sederhana.

Pada pelaksanaan praktik konversi minyak jelantah menjadi biodiesel, mahasiswa melaksanakan pembelajaran teori dan melakukan praktik pengolahan minyak jelantah menjadi biodiesel dengan alat konversi yang telah dirancang bangun. Pembelajaran teori dan praktik dirapikan ke dalam bentuk *e-modul*. Mata kuliah EBT tergolong mata kuliah yang relatif baru, sehingga ketersediaan perangkat pembelajaran yang komprehensif dan terfokus pada pemanfaatan energi baru dan terbarukan masih terbatas. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan media dan modul pembelajaran yang mampu menunjang pelaksanaan pembelajaran secara efektif dan terarah.

B. METODE

Penelitian ini menerapkan metode Penelitian dan Pengembangan (R&D) yang bertujuan untuk menghasilkan serta mengembangkan suatu produk berupa e-modul berbasis proyek pada materi konversi minyak jelantah menjadi biodiesel dalam mata kuliah Energi Baru dan Terbarukan (EBT). Pada dasarnya, setiap kegiatan penelitian dan pengembangan dilakukan untuk menghasilkan produk yang lebih mudah digunakan, lebih ekonomis, serta lebih efektif dan efisien sesuai dengan tingkat kegunaan atau manfaat produk tersebut (Fahrurrozi & Mohzana, 2020 p.1). Model pengembangan yang diterapkan dalam penelitian ini adalah model 4-D yang mencakup tahap *define*, *design*, *development*, dan *disseminate*. Model ini dipilih karena sistematis dan sesuai untuk pengembangan media pembelajaran yang berorientasi pada validitas dan kepraktisan. Model 4-D merupakan model desain pembelajaran yang dimulai dari tahap *define*, sehingga proses pengembangan perangkat dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan karakteristik mahasiswa, serta tujuan pembelajaran yang ingin dicapai. Dengan demikian, perangkat yang dikembangkan menjadi lebih sesuai untuk digunakan oleh mahasiswa yang akan mengikuti proses pembelajaran tersebut (Nur, 2012 p.74). Penelitian ini dilaksanakan di kampus V JPTK FKIP UNS yang beralamat Jl. Ahmad Yani No.200 Pabelan, Kab. Sukoharjo.

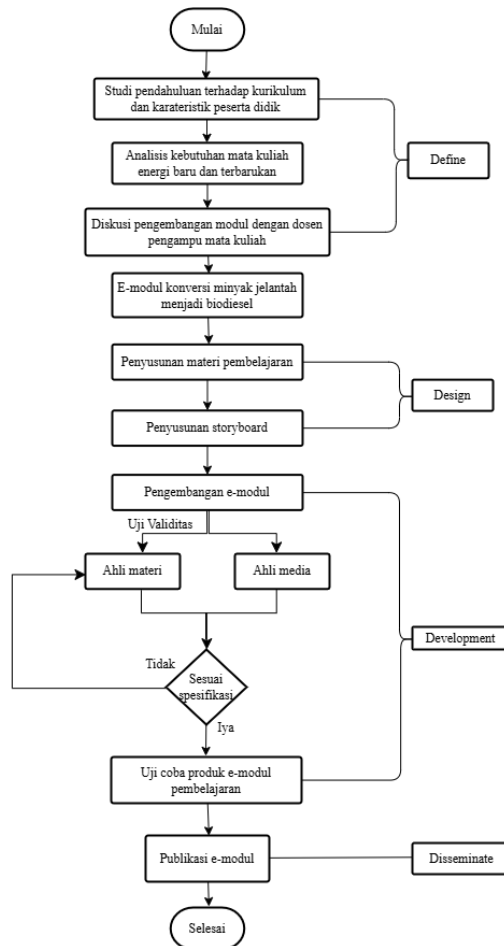
Subjek penelitian ini melibatkan beberapa pihak sesuai dengan tahapan pengembangan yang dilakukan. Subjek analisis kebutuhan adalah dosen pengampu mata

kuliah energi baru dan terbarukan yang berperan sebagai sumber informasi utama terkait kebutuhan pembelajaran dan karakteristik materi. Subjek dalam validasi modul terdiri atas ahli materi dan ahli media, sedangkan validasi ahli materi dilaksanakan oleh dosen pengampu mata kuliah EBT Program Studi PTM FKIP Universitas Sebelas Maret. Sementara itu, validasi ahli media dilaksanakan oleh dosen pengampu mata kuliah media pembelajaran pada Program Studi PTM FKIP Universitas Sebelas Maret. Mahasiswa angkatan 2022 dipilih sebagai subjek uji coba kelas kecil dalam pengembangan e-modul berbasis proyek, dengan jumlah responden sebanyak 10 orang. Pemilihan mahasiswa angkatan 2022 dilakukan secara *purposive sampling*, dengan pertimbangan bahwa mahasiswa tersebut telah menempuh mata kuliah EBT. Kondisi ini memungkinkan mahasiswa memberikan umpan balik serta penilaian yang objektif dan kritis terhadap kelayakan e-modul yang dikembangkan, karena mereka telah memperoleh pemahaman materi secara formal dalam proses pembelajaran sebelumnya.

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan kuesioner yang diberikan kepada validator ahli materi dan ahli media. Kuesioner validasi digunakan untuk menilai tingkat kelayakan *e-modul* yang telah dikembangkan dari aspek media dan materi pembelajaran. Pada tahap uji coba produk, kuesioner diberikan kepada kelompok kecil mahasiswa sebagai pengguna untuk memperoleh umpan balik serta evaluasi akhir terhadap kualitas dan kelayakan *e-modul* yang dikembangkan.

Penilaian oleh ahli materi mengacu pada kisi-kisi instrumen yang disusun oleh peneliti berdasarkan beberapa aspek, meliputi aspek kelayakan isi, aspek kebahasaan, aspek penyajian, dan aspek kegrafikan. Sementara itu, penilaian dari ahli media dilakukan dengan memperhatikan aspek format, organisasi, daya tarik, bentuk dan ukuran huruf, ruang atau spasi kosong, serta konsistensi. Hasil penilaian para ahli tersebut digunakan sebagai acuan dalam melakukan revisi dan penyempurnaan *e-modul* sebelum diuji coba kepada mahasiswa. Adapun penilaian pada tahap uji coba pengguna mencakup beberapa aspek, yaitu aspek tampilan *e-modul*, aspek penyajian materi, serta manfaat penggunaan *e-modul* dalam mendukung proses pembelajaran.

Alur penelitian pengembangan e-modul konversi minyak jelantah menjadi biodiesel berbasis Project-Based Learning (PjBL) menggunakan model 4-D dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahap Alur Pengembangan

Tahap *define* dilakukan melalui studi pendahuluan terhadap kurikulum, karakteristik mahasiswa, analisis kebutuhan mata kuliah Energi Baru dan Terbarukan, serta diskusi dengan dosen pengampu mata kuliah. Tahap *design* meliputi perancangan e-modul, penyusunan materi pembelajaran, dan pembuatan storyboard. Tahap *development* dilakukan melalui proses pengembangan e-modul serta validasi oleh ahli materi dan ahli media untuk memastikan kesesuaian produk dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Selanjutnya, tahap *disseminate* dilakukan melalui uji coba produk pada kelompok kecil mahasiswa dan publikasi e-modul yang telah dinyatakan layak digunakan.

Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian dan pengembangan ini adalah analisis deskriptif kuantitatif. Seluruh data yang diperoleh dari hasil validasi ahli dan uji coba kelas kecil diolah dan dianalisis untuk menentukan tingkat kelayakan *e-modul* yang dikembangkan. Sebelum digunakan dalam proses pengumpulan data, instrumen penelitian terlebih dahulu diuji validitas isi (*content validity*) melalui penilaian oleh ahli

materi dan ahli media. Validitas instrumen dilakukan untuk memastikan bahwa setiap butir pernyataan telah sesuai dengan indikator penilaian, tujuan penelitian, serta aspek kelayakan e-modul yang dikembangkan. Hasil validasi dari para ahli digunakan sebagai dasar perbaikan dan penyempurnaan instrumen agar layak digunakan dalam proses penelitian.

A. PETUNJUK

- Ibu diminta memberi tanda cek (✓) pada kolom skor sesuai tingkat kesesuaian setiap butir:
5 = Sangat Setuju | 4 = Setuju | 3 = Netral | 2 = Tidak Setuju | 1 = Sangat Tidak Setuju
- Untuk memberi revisi, Ibu dapat langsung menuliskan pada kolom keterangan sesuai dengan indikator yang perlu direvisi.
- Lingkari pada hasil validasi sesuai dengan jumlah skor, YA : > 60 | TIDAK : < 60

B. PENILAIAN INSTRUMEN

NO	ASPEK	INDIKATOR	SKOR					KETERANGAN
			1	2	3	4	5	
1	Kelayakan Isi	Materi yang disajikan sesuai dengan capaian pembelajaran mata kuliah (CPM/K) yang telah ditetapkan.						
2		Materi dilengkapi dengan contoh atau keterangan yang memadai untuk membantu pemahaman.						
3		Seluruh konsep yang disampaikan benar secara ilmiah dan tidak menimbulkan miskonsepsi.						
4		Isi materi telah mengikuti perkembangan terbaru dalam ilmu pengetahuan dan teknologi.						
5		Materi mampu mendorong pengembangan keterampilan peserta didik sesuai tujuan pembelajaran.						
6		Materi disajikan secara jelas, terstruktur, dan mudah diikuti oleh pengguna.						
7	Kebahasaan	Bahasa yang digunakan sesuai kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar.						
8		Tulisan mudah dibaca, jelas, dan memiliki struktur kalimat yang efektif.						
9		Kalimat dan penjelasan mudah dipahami tanpa menimbulkan makna ganda.						

NO	ASPEK	INDIKATOR	SKOR					KETERANGAN
			1	2	3	4	5	
10		Bahasa mampu memperjelas konsep materi sehingga tidak menimbulkan penafsiran keliru.						
11		Istilah ilmiah digunakan secara tepat dan konsisten sesuai standar keilmuan.						
12	Penyajian	Materi disusun secara kronologis dan runtut sehingga alur penyampaian mudah diikuti.						
13		Setiap langkah atau prosedur dijelaskan secara sistematis dan tidak membingungkan.						
14		Gambar atau ilustrasi mendukung pemahaman materi dan ditempatkan secara tepat.						
15	Kegrafikan	Jenis dan ukuran font digunakan secara konsisten serta mudah dibaca.						
16		Tata letak halaman tertata rapi, proporsional, dan tidak memuncuk elemen visual.						
17		Ilustrasi dan gambar memiliki resolusi baik serta relevan dengan materi.						
18		Desain keseluruhan menarik, profesional, dan mendukung kenyamanan membaca.						
Hasil Validasi							YA	TIDAK

Sukoharjo,..... 2025

Riina Syivarulli, S.Pd., M.Pd.
NIP. 199609272024062001

Gambar 2. Validitas Instrumen Ahli Materi

A. PETUNJUK

1. Bapak diminta memberi tanda cek (✓) pada kolom skor sesuai tingkat kesesuaian setiap butir:
5 = Sangat Setuju | 4 = Setuju | 3 = Netral | 2 = Tidak Setuju | 1 = Sangat Tidak Setuju
2. Untuk memberi revisi, Bapak dapat langsung menuliskan pada kolom keterangan sesuai dengan indikator yang perlu direvisi.

B. PENILAIAN INSTRUMEN

NO	ASPEK	INDIKATOR	SKOR					KETERANGAN
			1	2	3	4	5	
1	Format	Format kolom disusun secara tepat dan konsisten.						
2		Ukuran kertas sesuai standar dan digunakan secara seragam.						
3		Format penulisan seperti margin, penomoran, dan paragraf mengikuti kaidah yang benar.						
4	Organisasi	Konsep materi disajikan dengan jelas sehingga mudah dipahami.						
5		Keruntutan bab tersusun logis dan mendukung alur pemahaman.						
6		Teks dan gambar ditampilkan secara tepat, saling mendukung, dan tidak saling mengganggu.						
7	Daya Tarik	Desain sampul media terpapil menarik .						
8		Desain sampul bersifat informatif dan menggambarkan isi materi.						
9		Desain sampul proporsional dan memanfaatkan elemen visual secara efektif.						
10	Bentuk dan Ukuran Huruf	Penulisan jenis huruf mudah dibaca.						
11		Ukuran huruf sesuai dengan kebutuhan penyajian materi.						
12		Gaya huruf yang digunakan secara konsisten.						
13		Spasi antarbaris digunakan secara proporsional.						

NO	ASPEK	INDIKATOR	SKOR					KETERANGAN
			1	2	3	4	5	
14	Ruang (Spasi Kosong)	Spasi antarparagraf ditata dengan baik untuk kenyamanan membaca.						
15		Ruang kosong dimanfaatkan untuk menciptakan tampilan yang seimbang.						
16	Konsistensi	Bentuk dan gaya huruf digunakan secara konsisten pada seluruh bagian.						
17		Pola penyetakan seperti heading, penomoran, dan perataan teks diterapkan secara seragam.						
18		Penggunaan kata, istilah, dan struktur kalimat konsisten di seluruh dokumen.						

Sukoharjo,..... 2025

Ngatou Rohman, S.Pd., M.Pd.
NIP.198007012005011001

Gambar 3. Validitas Instrumen Ahli Media

A. PETUNJUK

1. Anda diminta memberi tanda cek (✓) pada kolom skor sesuai tingkat kesesuaian setiap butir:
5 = Sangat Setuju | 4 = Setuju | 3 = Netral | 2 = Tidak Setuju | 1 = Sangat Tidak Setuju
2. Untuk memberi revisi, Anda dapat langsung menuliskan pada kolom keterangan sesuai dengan indikator yang perlu direvisi.

B. PENILAIAN INSTRUMEN

NO	ASPEK	INDIKATOR	SKOR					KETERANGAN
			1	2	3	4	5	
1	Tampilan	Teks pada modul ditampilkan dengan jelas dan mudah dibaca.						
2		Gambar yang digunakan memiliki kualitas visual yang jelas.						
3		Gambar disajikan secara efektif untuk mendukung pemahaman materi.						
4		Gambar yang ditampilkan menarik dan tidak membosankan.						
5		Gambar yang digunakan sesuai dan relevan dengan materi yang disajikan.						
6	Penyajian Materi	Modul dapat diaplikasikan dengan baik pada mata kuliah terkait.						
7		Materi dalam modul sesuai dengan Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK).						
8		Materi disajikan secara sistematis dan terstruktur.						
9	Manfaat	Penyajian materi memudahkan mahasiswa dalam memahami isi pembelajaran.						
10		stilah yang digunakan jelas, tepat, dan mudah dipahami.						
11		Modul menyediakan membantu deleat proses belajar menjadi .						
12		Modul menumbuhkan ketertarikan mahasiswa untuk menggunakan bahan ajar.						

NO	ASPEK	INDIKATOR	SKOR					KETERANGAN
			1	2	3	4	5	
13		Modul mendorong motivasi mahasiswa untuk mempelajari materi lebih lanjut.						
14		Modul mendukung penyajiannya menjadi (self instruction) .						
15		Materi yang disajikan menarik dan meningkatkan minat belajar mahasiswa.						

Sukoharjo,..... 2025

Gambar 4. Validitas Instrumen Pengguna

Data yang diperoleh dari angket validasi ahli materi, ahli media, dan uji coba pengguna dianalisis menggunakan skala Likert dengan rentang nilai 1–5. Skala ini dimanfaatkan untuk menilai tingkat kesesuaian, kejelasan, dan kualitas *e-modul* berdasarkan indikator yang telah ditetapkan. Butir jawaban pada skala *likert* yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Skala *Likert*

No.	Keterangan	Skor
1.	Sangat Setuju	5
2.	Setuju	4
3.	Netral	3
4.	Tidak Setuju	2
5.	Sangat Tidak Setuju	1

Data yang diperoleh dari angket validasi ahli materi, ahli media, serta respons pengguna dianalisis menggunakan teknik analisis deskriptif kuantitatif dengan cara menghitung nilai rata-rata (*mean*) dari seluruh indikator penilaian. Analisis tersebut dilakukan untuk mengetahui tingkat kelayakan e-modul yang dikembangkan berdasarkan hasil penilaian para ahli dan pengguna. Adapun rumus yang digunakan dalam menghitung skor rata-rata adalah sebagai berikut:

$$\bar{X} : \frac{\sum X}{N}$$

Keterangan:

\bar{X} : Rata-rata skor penilaian

$\sum X$: Jumlah skor yang diperoleh

N : Jumlah penilai

Perhitungan persentasi hasil kelayakan menggunakan rumus

$$\text{Hasil} : \frac{\text{Total skor}}{\text{Skor Maksimum}} 100\%$$

Kriteria presentase instrumen menurut (Ernawati & Sukardiyono, 2017, p.207), dengan skala 1-5 seperti pada Tabel 2:

Tabel 2 Kategori Kelayakan

Presentase	Kriteria
$1 \leq \text{skor} \leq 20$	Sangat Tidak Layak
$21 \leq \text{skor} \leq 40$	Tidak Layak
$41 \leq \text{skor} \leq 60$	Cukup Layak
$61 \leq \text{skor} \leq 80$	Layak
$81 \leq \text{skor} \leq 100$	Sangat Layak

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Penelitian pengembangan ini menghasilkan modul elektronik (*e-modul*) konversi minyak jelantah menjadi biodiesel yang dikembangkan menggunakan model 4-D, meliputi tahap *define, design, development, dan disseminate*. Pada tahap *define* (analisis kebutuhan), diperoleh temuan bahwa mata kuliah EBT masih memerlukan perangkat pembelajaran yang mampu mengintegrasikan pembelajaran teori dan praktik berbasis proyek. Subjek analisis kebutuhan ditujukan kepada mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mesin FKIP Universitas Sebelas Maret angkatan 2022, mengingat mata kuliah EBT merupakan mata kuliah pilihan semester 6 pada Kurikulum 2021 dan tergolong mata kuliah baru. Konsep pembelajaran yang dirancang menekankan pada pembelajaran teori bertahap yang dilanjutkan dengan kegiatan praktikum dan pelaporan hasil. Materi yang dikembangkan meliputi pengenalan energi baru dan terbarukan, pengolahan biodiesel, komponen mesin pengolah biodiesel, pelaksanaan praktikum konversi minyak jelantah, serta pelaporan praktikum, dengan tolak ukur pencapaian CPMK mata kuliah EBT.

Pada tahap *design* (perancangan), dilakukan penyusunan uji kompetensi pada setiap bab teori, pemilihan media pembelajaran berupa *e-modul*, penentuan format modul dalam bentuk *file PDF*, serta perancangan draf awal *e-modul*. Struktur *e-modul* terdiri atas sampul, daftar isi, petunjuk penggunaan, Bab I Energi Baru dan Terbarukan, Bab II Pengolahan Biodiesel, Bab III Komponen Mesin “BULUK”, Bab IV Pelaksanaan

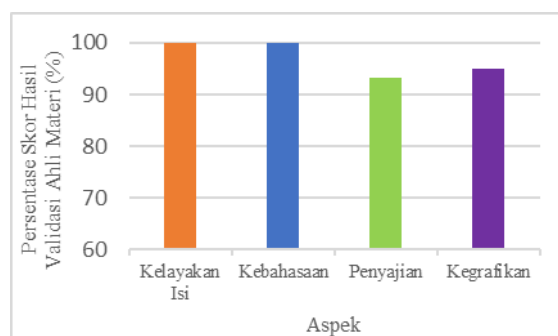
Praktikum Konversi Minyak Jelantah dengan Metode Transesterifikasi, Bab V Pelaporan Praktikum, glosarium, dan daftar pustaka. Draf *e-modul* selanjutnya dikonsultasikan kepada dosen pembimbing sebelum diuji kelayakannya.

Tahap *development* (pengembangan) meliputi validasi ahli materi, validasi ahli media, dan uji coba respons pengguna.

Untuk validasi ahli materi dilakukan oleh dosen pengampu mata kuliah EBT Prodi PTM FKIP UNS. Hasil validasi seperti pada Tabel 3 dan Gambar 1.

Tabel 3 Validasi Ahli Materi

Aspek	Skor hasil	Skor target	Persentase (%)
Kelayakan Isi	30	30	100
Kebahasaan	25	25	100
Penyajian	14	15	93,33
Kegrafikan	19	20	95
Total	88	90	97,78



Gambar 2. Hasil Uji Validasi Ahli Materi

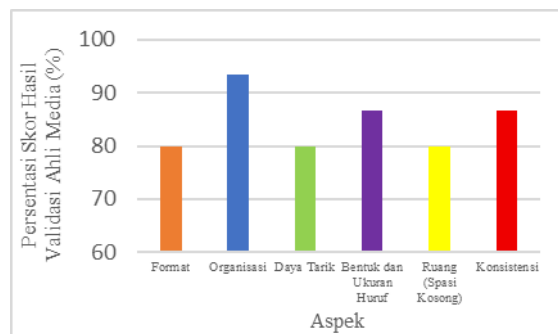
224

Untuk validasi ahli media dilakukan oleh dosen pengampu mata kuliah media pembelajaran Program Studi PTM FKIP UNS. Tabel 4 dan Gambar 2 merupakan hasil uji validasi ahli media.

Tabel 4 Validasi Ahli Media

Aspek	Skor hasil	Skor target	Persentase (%)
-------	------------	-------------	----------------

Format	12	15	80
Organisasi	14	15	93,33
Daya Tarik	12	15	80
Bentuk dan Ukuran Huruf	13	15	86,67
Ruang (Spasi Kosong)	12	15	80
Konsistensi	13	15	86,67
Total	76	90	84,44

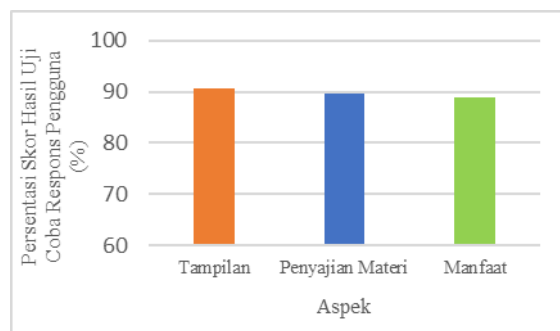


Gambar 3. Hasil Uji Validasi Ahli Media

Untuk uji coba dilakukan pada mahasiswa Prodi PTM FKIP UNS angkatan tahun 2022 dengan jumlah 10 mahasiswa memperoleh hasil uji coba respons pengguna seperti Tabel 5 dan Gambar 3.

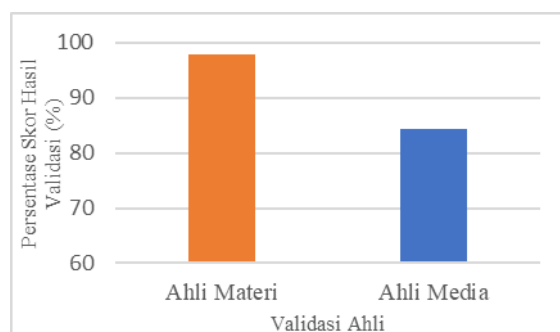
Tabel 5 Hasil Uji Coba Respons Pengguna

Aspek	Skor hasil	Skor target	Persentase (%)
Tampilan	227	250	90,8
Penyajian Materi	224	250	89,6
Manfaat	222	250	88,8
Total	673	750	89,73

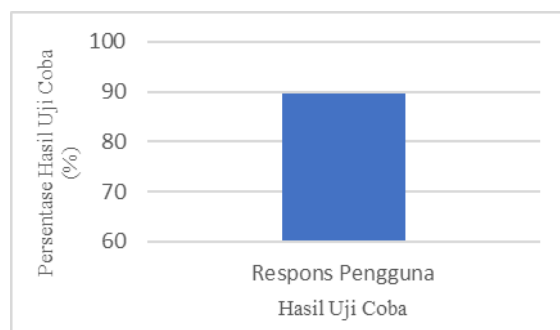


Gambar 4. Hasil Uji Coba Respons Pengguna

Hasil uji validasi ahli materi menunjukkan bahwa *e-modul* yang dikembangkan memperoleh skor sebesar 97,78% dengan kategori sangat layak. Selanjutnya, hasil uji validasi ahli media memperoleh skor sebesar 84,44% yang juga termasuk dalam kategori sangat layak. Sementara itu, hasil uji coba pengguna menunjukkan skor sebesar 89,73% dengan kategori sangat layak, yang menandakan bahwa *e-modul* dapat diterima dengan baik oleh mahasiswa sebagai pengguna. Hasil pengujian validasi ahli media disajikan pada Gambar 4, sedangkan hasil uji coba pengguna ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Uji Validasi Ahli



Gambar 6. Hasil Uji Coba Respons Pengguna

Pada tahap *disseminate*, *e-modul* diserahkan ke Program Studi PTM FKIP Universitas Sebelas Maret untuk digunakan pada mata kuliah energi baru dan terbarukan, yang menandakan bahwa *e-modul* layak digunakan sebagai media pembelajaran.

Penelitian yang dilakukan Rohim et al. (2024) memiliki kesamaan dengan penelitian ini, yaitu sama-sama mengembangkan e-modul pada mata kuliah Energi Baru dan Terbarukan menggunakan model pengembangan 4-D. Selain itu, kedua penelitian juga melibatkan validasi ahli materi, ahli media, serta uji coba kepada mahasiswa sebagai pengguna. Namun, penelitian ini memiliki perbedaan pada fokus materi dan pendekatan pembelajaran yang diterapkan. Penelitian Rohim et al. berfokus pada materi panel surya dengan *solar tracker single axis*, sedangkan penelitian ini mengembangkan e-modul konversi minyak jelantah menjadi biodiesel yang dikaitkan dengan pemanfaatan limbah sebagai sumber energi alternatif. Selain itu, penelitian ini secara khusus mengintegrasikan pendekatan Project-Based Learning (PjBL) melalui kegiatan praktikum konversi minyak jelantah dan pelaporan hasil proyek, sehingga mahasiswa tidak hanya mempelajari konsep energi terbarukan, tetapi juga memperoleh pengalaman belajar kontekstual berbasis proyek. Dari aspek hasil kelayakan, e-modul yang dikembangkan pada penelitian ini memperoleh persentase validasi ahli materi sebesar 97,78%, validasi ahli media sebesar 84,44%, dan respons pengguna sebesar 89,73%, yang menunjukkan bahwa e-modul memiliki tingkat kelayakan sangat tinggi sebagai media pembelajaran pada mata kuliah EBT.

Secara pedagogis, e-modul yang dikembangkan memiliki keunggulan karena menerapkan pendekatan *Project-Based Learning* (PjBL) yang mendorong mahasiswa belajar secara aktif melalui kegiatan proyek nyata berupa konversi minyak jelantah menjadi biodiesel. Penerapan PjBL memungkinkan mahasiswa tidak hanya memahami konsep energi baru dan terbarukan secara teoritis, tetapi juga mengembangkan keterampilan praktik, pemecahan masalah, berpikir kritis, dan kemampuan kolaboratif melalui kegiatan praktikum dan pelaporan hasil proyek. Struktur materi yang disusun secara bertahap dari konsep dasar hingga pelaksanaan praktikum membantu mahasiswa membangun pemahaman secara sistematis dan kontekstual. Selain itu, penggunaan e-modul dalam format digital memberikan fleksibilitas belajar karena dapat diakses kapan saja dan mendukung pembelajaran mandiri mahasiswa. Integrasi antara materi teori, prosedur praktikum, ilustrasi komponen mesin biodiesel, serta evaluasi pembelajaran menjadikan e-modul lebih interaktif dan relevan dengan kebutuhan pembelajaran pada mata kuliah Energi Baru dan Terbarukan.

D. PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan penelitian pengembangan *e-modul* yang telah dilaksanakan, dapat ditarik beberapa simpulan sebagai berikut:

1. Pengembangan e-modul konversi minyak jelantah menjadi biodiesel pada mata kuliah Energi Baru dan Terbarukan (EBT) Program Studi PTM FKIP Universitas Sebelas Maret dilakukan dengan menggunakan model pengembangan 4-D yang terdiri atas tahap *Define* (pendefinisian), *Design* (perancangan), *Development* (pengembangan), dan *Disseminate* (penyebaran).
2. Kelayakan e-modul konversi minyak jelantah menjadi biodiesel pada mata kuliah EB Program Studi Pendidikan Teknik Mesin FKIP Universitas Sebelas Maret dinyatakan sangat layak berdasarkan hasil uji kelayakan, yaitu:
 - a. Hasil uji kelayakan oleh ahli materi menunjukkan tingkat kelayakan sebesar 97,78% dengan kategori sangat layak.
 - b. Hasil uji kelayakan oleh ahli media memperoleh tingkat kelayakan sebesar 84,44% yang termasuk dalam kategori sangat layak.
 - c. Penilaian respons pengguna menunjukkan tingkat kelayakan sebesar 89,73% dengan kategori sangat layak.
3. *E-modul* yang dikembangkan memiliki implikasi pedagogis dalam mendukung pembelajaran berbasis proyek pada mata kuliah Energi Baru dan Terbarukan. Integrasi materi teori, kegiatan praktikum, dan pelaporan proyek dalam *e-modul* dapat membantu mahasiswa memahami konsep energi terbarukan secara lebih kontekstual serta meningkatkan keterampilan praktik, pemecahan masalah, dan pembelajaran mandiri mahasiswa.
4. Penelitian ini masih memiliki keterbatasan, yaitu uji coba produk hanya dilakukan pada kelompok kecil dengan jumlah responden terbatas dan belum mengukur efektivitas *e-modul* terhadap peningkatan hasil belajar mahasiswa secara langsung. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan uji efektivitas pada skala yang lebih luas serta mengembangkan e-modul dengan fitur interaktif yang lebih beragam.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian pengembangan yang telah dilakukan, penulis mengemukakan beberapa saran sebagai berikut:

1. Dosen pengampu mata kuliah dapat menggunakan *e-modul* sebagai perangkat ajar yang dapat mendukung capaian pembelajaran.
2. *E-modul* yang dikembangkan dapat divariasikan dengan media pembelajaran lain yang lebih interaktif selain format *file PDF*, seperti *flipbook*, *HTML*, *augmented reality (AR)*, dan media interaktif lainnya.
3. Uji coba *e-modul* pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan pada skala yang lebih luas dengan jumlah responden yang lebih besar, serta dilengkapi fitur interaktif tambahan.
4. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji efektivitas penggunaan *e-modul* terhadap peningkatan hasil belajar mahasiswa melalui desain penelitian eksperimen atau kuasi-eksperimen.

DAFTAR PUSTAKA

- Alahmar, N. M., Izyan, N., Wan, B., & Toemen, S. (2025). Efficient biodiesel production from waste cooking oil using a bifunctional Ce / Mn / γ -Al₂O₃ catalysts. *Scientific Reports*, 1–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-024-82845-2>
- Daryono, E. D., Widi, I. K. A., & Purnomo, Y. (2025). The Effective Process of Waste Cooking Oil Biodiesel Production by Interesterification with Reaction using Curcumin Biocatalyst. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6, 14–22. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.333086>
- Dewi, D. T. (2020). Penerapan Problem Based Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Pendidikan Ekonomi Undiksha*, 12(1), 1. <https://doi.org/10.23887/jjpe.v12i1.25317>
- Ernawati, I., & Sukardiyono, T. (2017). Uji Kelayakan Media Pembelajaran Interaktif pada Mata Pelajaran Administrasi Server. *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)* Volume, 2(2), 204–210. <https://doi.org/https://doi.org/10.21831/elinvo.v2i2.17315>
- Fahrurrozi, M., & Mohzana. (2020). *Pengembangan Perangkat Pembelajaran: Tinjauan Teoretis dan Praktek*. Universitas Hamzanwadi Press.
- Fatmawati, N., Mappincara, A., & Habibah, S. (2019). Pemanfaatan dan Pemeliharaan Sarana dan Prasarana Pendidikan. *Jurnal Ilmu Pendidikan, Keguruan, dan Pembelajaran*, 3(2), 115–121. <https://doi.org/10.26858/pembelajar.v3i2.9799>
- Kapuji, A., Hadi, S., & Arifin, Z. (2008). Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah. *Jurnal Chemtech Teknik KIMia Universitas Serang Jaya*, 2(1), 1–6.

- Nur, S. (2012). Pengaruh Pembelajaran Model 4D terhadap Hasil Belajar Mahasiswa Program Studi PPKn Universitas Al Asyariah Mandar. *Jurnal Papatuzdu*, 4(1), 72–87.
- Pantiwati, Y., & Permana, F. H. (2020). Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Proyek untuk Meningkatkan Pemahaman dan Kualitas Media Pembelajaran Buatan Mahasiswa. *Bioedukasi: Jurnal Pendidikan Biologi*, 13(1), 9–14. <https://doi.org/10.20961/bioedukasi-uns.v13i1.39917>
- Prasaja M, B. K., Edifikar, W., & Abdullah, T. (2020). Pendidikan dan Pelatihan Energi Baru Terbarukan (EBT) di Tingkat Universitas di Indonesia. *JE-Unisla*, 5(2), 353. <https://doi.org/10.30736/je.v5i2.455>
- Rohim, F. F. N., Wijayanto, D. S., & Saputra, T. W. (2024). Pengembangan e-Modul Panel Surya dengan Solar Tracker Single Axis pada Mata Kuliah Energi Baru dan Terbarukan Universitas Sebelas Maret. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik dan Kejuruan*, 17(1), 49–56. <https://doi.org/10.20961/jiptek.v17i1.79284>
- Sumilat, J. M., Ilam, D., Pangemanan, M. V., Mangantibe, A. C. M., Mukuan, E. B., & Kumontoy, N. (2023). Analisis Implementasi Model PjBL (Project Based Learning) di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 7(6), 3980–3988. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v7i6.6557>
- Umiatin, U., Nugrahaningsih, T. H., Hermin, F., Rahayu, S., & Rahim, N. I. A. (2022). Daur Ulang Minyak Jelantah sebagai Upaya Mewujudkan Eco Green Society. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, 2(6), 1589–1594. <https://doi.org/10.54082/jamsi.480>
- Waldopo. (2022). Pembelajaran Berbasis Masalah, Sebuah Strategi Pembelajaran untuk Menyiapkan Kemandirian Peserta Didik. *Jurnal Teknodik*, 353–363. <https://doi.org/10.32550/teknodik.vi0.35>