



DEVELOPMENT OF DIGITAL MODULES FOR ELECTRIC MOTORCYCLE TECHNOLOGY IN VOCATIONAL HIGH SCHOOLS (SMK)

Randy Aditya Januar^{1*}, Wahid Munawar², Sriyono³, Syifa Kawakib Nurul Afiah

Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri, Universitas Pendidikan Indonesia^{1,2,3}
Science Education Department, Firat University, Turkiye⁴
Jl. Dr. Setiabudhi No. 229 Bandung 40154
Randyaditya2006229@upi.edu*; wahidmunawar@upi.edu; sriyono@upi.edu;
syifakawakib@gmail.com

ABSTRACT/ABSTRAK

The development of electric vehicle technology requires competent human resources in the automotive field; however, learning activities in Vocational High Schools (SMK), particularly in Motorcycle Engineering programs, are still dominated by conventional motorcycle technology, resulting in limited learning materials related to electric motorcycles. This study aims to develop a digital module on electric motorcycle technology as a supporting learning material for vocational education. This research employed a Research and Development approach using the 4D model, which consists of define, design, development, and disseminate stages. The define stage involved analyzing learning needs and student characteristics. The design stage focused on structuring the content and visual layout of the digital module. The development stage included module creation and validation by subject matter experts and media experts, while the disseminate stage was conducted through limited trials and the collection of user responses. Research instruments consisted of expert validation sheets and user response questionnaires, and the data were analyzed descriptively. The results indicate that the developed digital module achieved a feasible to very feasible category based on expert evaluations and received positive responses from users. Therefore, the digital module on electric motorcycle technology is suitable for use as a supporting learning material in vocational high schools and is relevant to the current development of automotive electric technology, contributing to the improvement of vocational learning quality.

Perkembangan teknologi kendaraan listrik menuntut kesiapan sumber daya manusia di bidang otomotif, sementara pembelajaran di Sekolah Menengah Kejuruan Kompetensi Keahlian Teknik Sepeda Motor masih didominasi materi sepeda motor konvensional sehingga bahan ajar teknologi sepeda motor listrik terbatas. Penelitian ini bertujuan mengembangkan modul digital teknologi sepeda motor listrik sebagai bahan ajar pendukung pembelajaran di SMK. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan dengan model 4D yang meliputi tahap define, design, development, dan disseminate. Tahap define dilakukan melalui

ARTICLE INFO

Article History:

Submitted/Received
20 Jan 2026

First Revised
22 Jan 2026

Accepted
05 Feb 2026

Online Date
14 Feb 2026

Publication Date
14 Jun 2026

Keywords:

digital module; electric motorcycle; 4D model; vocational high school; learning material.

Kata kunci:

modul digital; sepeda motor listrik; model 4D; SMK; bahan ajar.

analisis kebutuhan pembelajaran dan karakteristik murid, tahap design melalui perancangan struktur serta tampilan modul digital, tahap development melalui pengembangan modul disertai validasi ahli materi dan ahli media, sedangkan tahap disseminate dilakukan melalui uji coba terbatas dan pengumpulan respon pengguna. Instrumen penelitian meliputi lembar validasi ahli dan angket respon pengguna, sedangkan data dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan modul digital yang dikembangkan memperoleh kategori layak hingga sangat layak berdasarkan penilaian ahli materi dan ahli media serta mendapatkan respon positif dari pengguna. Dengan demikian, modul digital teknologi sepeda motor listrik layak digunakan sebagai bahan ajar pendukung pembelajaran di SMK dan relevan dengan perkembangan teknologi otomotif. Pengembangan ini diharapkan mendukung kesiapan lulusan SMK menghadapi kebutuhan industri otomotif listrik nasional dan global secara berkelanjutan serta peningkatan kualitas pembelajaran vokasi kejuruan.

1. PENDAHULUAN

Transisi energi pada sektor transportasi didorong oleh kebutuhan untuk meningkatkan efisiensi energi dan menurunkan emisi gas buang dari kendaraan berbasis mesin pembakaran dalam (IEA, 2022). Kendaraan bermotor listrik berbasis baterai (KBLBB) menjadi solusi teknis yang menjanjikan karena memiliki efisiensi konversi energi yang tinggi, tidak menghasilkan emisi langsung saat operasi, serta memungkinkan integrasi dengan sumber energi terbarukan melalui sistem penyimpanan baterai (Chan, 2007; Hawkins dkk., 2013; Luo dkk., 2015). Pengembangan kendaraan listrik dari perspektif rekayasa mencakup perancangan sistem tenaga, manajemen energi, karakteristik baterai, dan pemilihan motor listrik yang tepat, yang secara langsung memengaruhi efisiensi dan performa kendaraan (Ehsani dkk., 2018).

Di Indonesia, sepeda motor merupakan moda transportasi utama masyarakat, sehingga percepatan adopsi sepeda motor listrik menjadi langkah strategis. Minat masyarakat terhadap sepeda motor listrik didorong oleh efisiensi biaya kepemilikan dan rendahnya biaya operasional, serta kesadaran terhadap pengurangan emisi dan polusi suara (IESR, 2022). Peningkatan adopsi sepeda motor listrik tersebut menuntut kesiapan sumber daya manusia yang kompeten, khususnya dalam aspek perawatan dan layanan purnajual.

Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), khususnya pada Konsentrasi Keahlian Teknik Sepeda Motor (TSM), memiliki peran penting dalam menyiapkan tenaga kerja terampil di bidang otomotif. Namun, pembelajaran TSM saat ini masih didominasi oleh teknologi kendaraan konvensional, sementara materi teknologi kendaraan listrik belum terintegrasi secara sistematis. Kondisi ini menimbulkan kesenjangan kompetensi antara lulusan SMK dan kebutuhan industri otomotif yang terus berkembang (Widodo dkk., 2020; Putra dkk., 2021).

Keterbatasan bahan ajar yang relevan menjadi salah satu faktor utama penyebab kesenjangan tersebut. Modul pembelajaran yang secara khusus membahas aspek teknis sepeda motor listrik pada jenjang SMK masih sangat terbatas, padahal sepeda motor listrik memiliki karakteristik teknis dan aspek keselamatan kerja yang berbeda dibandingkan kendaraan konvensional. Di sisi lain, penggunaan modul cetak konvensional dinilai kurang efektif dalam menyajikan materi teknis yang kompleks dan berisiko tinggi secara kontekstual dan visual (Prastowo, 2015; Arsyad, 2017).

Oleh karena itu, pengembangan modul digital dipandang sebagai solusi yang tepat karena mampu menyajikan materi secara lebih interaktif, mudah diakses, serta fleksibel dalam pembaruan konten. Modul digital yang dirancang secara sistematis diharapkan dapat

mendukung pemahaman konsep teknologi sepeda motor listrik, sekaligus menanamkan kesadaran keselamatan kerja sesuai standar industri. Berdasarkan kebutuhan tersebut, penelitian ini dilakukan dengan judul “Pembuatan Modul Digital Teknologi Sepeda Motor Listrik di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK)”.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan *pendekatan Research and Development (R&D)* yang bertujuan untuk mengembangkan serta menilai kelayakan modul digital teknologi sepeda motor listrik sebagai bahan ajar di Sekolah Menengah Kejuruan (Sugiyono, 2019). Model pengembangan yang digunakan adalah model 4D yang dikemukakan oleh Thiagarajan dan Semmel (1974), yang terdiri atas empat tahap utama, yaitu *define*, *design*, *develop*, dan *disseminate*.

Tahap *define* dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran dan permasalahan yang dihadapi dalam proses pembelajaran Teknik Sepeda Motor (TSM). Analisis yang dilakukan meliputi analisis awal kondisi pembelajaran, analisis karakteristik peserta didik, analisis kurikulum, serta analisis materi pembelajaran yang relevan dengan perkembangan teknologi sepeda motor listrik (Sugiyono, 2019). Tahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa produk yang dikembangkan sesuai dengan kebutuhan pembelajaran dan konteks pendidikan vokasi (Widodo dkk., 2020).

Tahap *design* difokuskan pada perancangan modul digital sebagai prototipe awal. Kegiatan pada tahap ini meliputi penyusunan struktur modul, penentuan tujuan pembelajaran, perancangan konten materi, serta desain tampilan media pembelajaran digital (Arsyad, 2017). Materi dalam modul disusun mencakup konsep dasar sepeda motor listrik, sistem penggerak motor listrik, baterai dan *Battery Management System (BMS)*, serta aspek keselamatan dan kesehatan kerja (K3) sesuai karakteristik teknologi kendaraan listrik (Ehsani dkk., 2018). Perancangan modul mempertimbangkan prinsip pembelajaran mandiri dan karakteristik peserta didik SMK (Smaldino dkk., 2019).

Tahap *develop* bertujuan untuk menghasilkan modul digital yang layak digunakan melalui proses validasi dan revisi. Modul yang telah dirancang divalidasi oleh ahli materi dan ahli media untuk menilai kesesuaian isi, keakuratan konsep, sistematika penyajian, serta kualitas tampilan media (Sugiyono, 2019). Data hasil validasi dianalisis menggunakan metode *Content Validity Ratio (CVR)* dan *Content Validity Index (CVI)* untuk menentukan tingkat validitas modul secara kuantitatif (Lawshe, 1975). Masukan dari

para validator digunakan sebagai dasar perbaikan modul hingga memenuhi kriteria kelayakan sebagai bahan ajar (Arsyad, 2017).

Tahap *disseminate* dilakukan secara terbatas dengan mengimplementasikan modul digital kepada peserta didik SMK untuk memperoleh respon pengguna. Penyebarluasan terbatas bertujuan untuk menilai kepraktisan dan keterterimaan modul dalam konteks pembelajaran nyata (Thiagarajan dkk., 1974). Respon peserta didik dikumpulkan melalui angket yang mencakup aspek kemudahan penggunaan, kejelasan materi, dan ketertarikan terhadap tampilan modul (Putri dkk., 2019).

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh peserta didik SMK pada Konsentrasi Keahlian Teknik Sepeda Motor yang mengikuti pembelajaran teknologi otomotif. Sampel penelitian ditentukan menggunakan teknik sampling terbatas, yaitu peserta didik kelas yang menjadi subjek uji coba modul digital. Teknik ini digunakan karena penelitian pengembangan berfokus pada uji kelayakan produk, bukan generalisasi populasi secara luas (Sugiyono, 2019).

Teknik pengumpulan data meliputi lembar validasi ahli dan angket respon peserta didik. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kuantitatif untuk menentukan tingkat validitas dan kepraktisan modul digital sebagai bahan ajar pendukung pembelajaran di SMK (Sugiyono, 2019).

3. HASIL PENELITIAN

a) Validasi ahli

Aktivitas ini dilakukan untuk menilai kelayakan modul digital teknologi sepeda motor listrik dari aspek isi dan media. Analisis validitas isi dilakukan menggunakan metode *Content Validity Ratio* (CVR) dan *Content Validity Index* (CVI) berdasarkan penilaian para validator terhadap setiap indikator pada instrumen penilaian.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa seluruh butir penilaian memiliki nilai CVR yang berada di atas nilai kritis minimum sesuai dengan jumlah validator yang terlibat, sehingga setiap indikator dinyatakan valid. Kriteria nilai kritis CVR yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Hasil CVR Ahli Materi

No Butir	Jumlah Ahli Setuju	Jumlah Ahli	Nilai	Kategori
1	3	3	1,00	Sangat Valid
2	3	3	1,00	Sangat Valid
3	3	3	1,00	Sangat Valid
4	3	3	1,00	Sangat Valid
5	3	3	1,00	Sangat Valid
6	3	3	1,00	Sangat Valid
7	3	3	1,00	Sangat Valid
8	3	3	1,00	Sangat Valid
9	3	3	1,00	Sangat Valid
10	3	3	1,00	Sangat Valid
11	3	3	1,00	Sangat Valid
12	3	3	1,00	Sangat Valid
13	3	3	1,00	Sangat Valid
14	3	3	1,00	Sangat Valid
15	3	3	1,00	Sangat Valid
16	3	3	1,00	Sangat Valid
17	3	3	1,00	Sangat Valid
18	3	3	1,00	Sangat Valid
19	3	3	1,00	Sangat Valid
20	3	3	1,00	Sangat Valid
21	3	3	1,00	Sangat Valid
22	3	3	1,00	Sangat Valid
23	3	3	1,00	Sangat Valid
24	3	3	1,00	Sangat Valid
25	3	3	1,00	Sangat Valid
26	3	3	1,00	Sangat Valid
27	3	3	1,00	Sangat Valid
28	3	3	1,00	Sangat Valid
29	3	3	1,00	Sangat Valid
30	3	3	1,00	Sangat Valid
31	3	3	1,00	Sangat Valid
Rata Rata			1,00	Sangat Valid

Tabel 2. Hasil CVR Ahli Media

No Butir	Hasil Validasi						Nilai	Kategori
	Ahli 1		Ahli 2		Ahli 3			
	Y	T	Y	T	Y	T		
1	1		1		1		1	Sangat Valid
2	1		1			0	0,66	Belum Valid
3	1		1		1		1	Sangat Valid
4	1		1		1		1	Sangat Valid
5	1		1		1		1	Sangat Valid
6	1		1		1		1	Sangat Valid
7	1		1			0	0,66	Belum Valid
8	1		1		1		1	Sangat Valid

No Butir	Hasil Validasi						Nilai	Kategori
	Ahli 1		Ahli 2		Ahli 3			
	Y	T	Y	T	Y	T		
9	1		1		1		1	Sangat Valid
10	1		1		1		1	Sangat Valid
11	1		1			0	0,66	Belum Valid
12	1		1		1		1	Sangat Valid
13	1		1		1		1	Sangat Valid
14	1		1		1		1	Sangat Valid
15	1		1		1		1	Sangat Valid
16	1		1		1		1	Sangat Valid
17	1		1		1		1	Sangat Valid
18	1		1		1		1	Sangat Valid
19	1		1		1		1	Sangat Valid
20	1		1		1		1	Sangat Valid
21	1		1		1		1	Sangat Valid
22	1		1			0	0,66	Belum Valid
23	1		1		1		1	Sangat Valid

Selain itu, tingkat validitas keseluruhan modul ditentukan menggunakan nilai CVI. Interpretasi nilai CVI mengacu pada kriteria yang disajikan pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Hasil CVI Materi

JUMLAH BUTIR	TOTAL CVR	NILAI CVI	KATEGORI
31	31,00	1,00	Sangat Valid

Tabel 4. Hasil CVI Media

JUMLAH BUTIR	TOTAL CVR	NILAI CVI	KATEGORI
23	21,64	0,94	Valid

Berdasarkan hasil perhitungan CVI, modul digital teknologi sepeda motor listrik berada pada kategori valid, yang menunjukkan bahwa isi materi dan desain media telah sesuai dengan tujuan pembelajaran serta kompetensi keahlian Teknik Sepeda Motor di SMK.

b) Pengembangan Produk Akhir

Pengembangan produk akhir dilakukan berdasarkan hasil validasi ahli materi dan ahli media. Revisi modul difokuskan pada penyempurnaan kejelasan materi, penyesuaian istilah teknis, perbaikan sistematika penyajian, serta optimalisasi tampilan visual agar lebih

mudah dipahami oleh peserta didik SMK. Proses revisi ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas modul baik dari sisi akademik maupun keterbacaan sebagai bahan ajar digital.

- Revisi 1 (warna *layout* modul):



Gambar 1. Revisi Warna *Layout*

- Revisi 2 (daftar isi) :

DAFTAR ISI		GLOSARIUM	
DAFTAR ISI	2	GLOSARIUM	79
PENDAHULUAN	4	Daftar Pustaka	83
A. Latar Belakang	4		
B. Deskripsi Modul	5		
C. Informasi Umum	5		
D. Capaian Pembelajaran dan Tujuan Pembelajaran	6		
E. Pemahaman Bermakna	9		
F. Pertanyaan Pemantik	9		
G. Pertanyaan Pembelajaran	9		
H. Kegiatan Pembelajaran	10		
I. Asesmen	13		
J. Pembelajaran Pengayaan dan Remedial	13		
K. Refleksi	17		
LAMPIRAN	18		
MATERI / BAHAN BACAAN	19		
I. Sejarah Sepeda Motor Listrik	19		
II. Sepeda Motor Listrik	23		
III. Komponen Utama Sepeda Motor Listrik	25		
IV. Cara Kerja Kendaraan Listrik	44		
V. Perawatan dan Perbaikan Sepeda Motor Listrik	46		
Media Pembelajaran PowerPoint	53		
VERSI PEMBELAJARAN PERISIKAN DAN PERAWATAN SEPEDA MOTOR LISTRIK	58		
Lembar Kerja Peserta Diklat	59		
Lembar Observasi	64		
STRUMEN TES	65		
ASESMEN	74		

Gambar 2. Revisi Daftar Isi

- Revisi 3 (isi materi) :



Gambar 3. Revisi Materi

Produk akhir yang dihasilkan berupa modul digital teknologi sepeda motor listrik yang telah memenuhi kriteria kelayakan isi, kelayakan media, serta kesesuaian dengan karakteristik pembelajaran vokasi. Modul akhir dirancang untuk mendukung pembelajaran mandiri dan terstruktur, serta memfasilitasi pemahaman konsep teknologi sepeda motor listrik secara aman dan kontekstual, untuk selengkapnya bisa diamati dalam tautan berikut: <https://heyzine.com/flip-book/16fab62182.html> .

c) Respon Pengguna

Respon pengguna dalam penelitian ini diperoleh melalui angket yang diberikan kepada murid setelah menggunakan modul digital teknologi sepeda motor listrik. Angket respon pengguna digunakan sebagai instrumen untuk mengetahui tanggapan murid terhadap modul yang dikembangkan.

Aspek yang diukur dalam angket respon pengguna meliputi kemudahan penggunaan modul, kejelasan penyajian materi, tampilan modul, serta manfaat modul sebagai sumber belajar. Setiap pernyataan disusun menggunakan skala penilaian untuk memudahkan murid dalam memberikan tanggapan secara objektif sesuai dengan pengalaman mereka selama menggunakan modul digital.

Data respon pengguna yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai bahan evaluasi untuk menilai keterterapan modul digital dalam pembelajaran serta sebagai dasar pertimbangan dalam penyempurnaan modul. Untuk selengkapnya bisa diamati dalam tabel 5.

Tabel 5. Persentase Respon Pengguna

NO	Pernyataan	Responden	Skor	Persentase	Kategori
1	Tampilan modul menarik dan tidak membosankan	30	30	100%	Sangat Baik
2	Warna, gambar, dan desain membuat saya tertarik belajar	30	30	100%	Sangat Baik
3	Modul digital lebih menarik dibanding buku cetak	30	30	100%	Sangat Baik
4	Flipbook membuat saya ingin membuka halaman berikutnya	30	26	87%	Sangat Baik
5	Tombol next/prev mudah digunakan	30	29	97%	Sangat Baik
6	Saya tidak bingung saat berpindah halaman	30	28	93%	Sangat Baik
7	Modul mudah dibuka melalui HP/laptop	30	30	100%	Sangat Baik
8	Modul dapat digunakan tanpa bantuan orang lain	30	30	100%	Sangat Baik
9	Petunjuk penggunaan modul mudah dipahami	30	30	100%	Sangat Baik
10	Tulisan mudah dibaca pada layar	30	29	97%	Sangat Baik
11	Ukuran huruf sesuai dan jelas	30	30	100%	Sangat Baik
12	Gambar/diagram mudah dipahami	30	30	100%	Sangat Baik
13	Tabel dan ilustrasi membantu memahami materi	30	28	0,93	Sangat Baik
14	Bahasa yang digunakan mudah dimengerti	30	30	100%	Sangat Baik
15	Materi dijelaskan secara runtut	30	29	97%	Sangat Baik
16	Penjelasan mudah dipahami	30	30	100%	Sangat Baik
17	Contoh sesuai dengan teknologi sepeda motor listrik.	30	28	93%	Sangat Baik
18	Contoh membantu saya memahami materi	30	30	100%	Sangat Baik
19	Materi membantu memahami praktik di bengkel	30	30	100%	Sangat Baik
20	Terdapat aktivitas/latihan yang menarik	30	29	97%	Sangat Baik
21	Modul membuat saya	30	30	100%	Sangat Baik

NO	Pernyataan	Responden	Skor	Persentase	Kategori
22	lebih fokus belajar Modul membantu memahami teknologi sepeda motor listrik	30	30	100%	Sangat Baik
23	Modul bermanfaat untuk persiapan praktik	30	29	97%	Sangat Baik
24	Modul membantu belajar lebih cepat dan efektif	30	29	97%	Sangat Baik
25	Modul dapat digunakan kapan saja dan di mana saja	30	29	97%	Sangat Baik
26	Saya lebih tertarik mempelajari sepeda motor listrik	30	30	100%	Sangat Baik
27	Saya ingin mempelajari materi lanjutan menggunakan modul ini	30	30	100%	Sangat Baik
28	Modul sesuai dengan kebutuhan pembelajaran saya	30	30	100%	Sangat Baik
29	Modul layak digunakan pada pembelajaran di SMK	30	30	100%	Sangat Baik
TOTAL		Rata-Rata persentase		Kategori	
		98%		Sangat Baik	

Berdasarkan hasil analisis deskriptif kuantitatif pada Tabel 4.5, modul teknologi sepeda motor listrik memperoleh respon pengguna dengan kategori sangat baik. Seluruh butir pernyataan memiliki nilai rata-rata antara 87% hingga 100% dengan persentase respon positif sebesar 98%–100%, yang menunjukkan bahwa pengguna menilai modul ini menarik, mudah dipahami, serta disajikan secara sistematis. Aspek tampilan, keterbacaan, pemahaman materi, dan keselamatan kerja dinilai sangat baik oleh responden. Dengan demikian, modul teknologi sepeda motor listrik dinyatakan layak digunakan sebagai media pembelajaran.

4. PEMBAHASAN

Pembahasan ini mengkaji kesesuaian antara hasil penelitian dan landasan teoretis pada setiap tahapan pengembangan modul digital teknologi sepeda motor listrik menggunakan model 4D (*define, design, develop, dan disseminate*).

a. Tahap *Define*

Secara teoretis, tahap *define* bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran, karakteristik peserta didik, serta kesesuaian materi agar produk yang dikembangkan relevan dengan konteks pembelajaran (Thiagarajan dkk., 1974; Nengsih dkk., 2024). Hasil penelitian menunjukkan adanya kesenjangan antara materi pembelajaran yang tersedia di SMK, yang masih didominasi teknologi sepeda motor konvensional, dengan kebutuhan pembelajaran teknologi sepeda motor listrik. Temuan ini sejalan dengan teori modul pembelajaran yang menekankan pentingnya pengembangan bahan ajar berbasis kebutuhan nyata dan perkembangan teknologi (Wahyuningtyas, 2021; Herawati dkk., 2022).

b. Tahap *Design*

Tahap *design* secara teoretis menekankan perancangan struktur modul, penyajian materi, dan tampilan visual agar modul bersifat *self instructional* dan *user friendly* (Herawati dkk., 2022). Hasil penelitian menunjukkan bahwa modul digital dirancang secara sistematis dan dilengkapi ilustrasi visual untuk memperjelas konsep teknis. Pemilihan format digital berbasis *flipbook* mendukung teori media pembelajaran yang menyatakan bahwa tampilan interaktif dan navigasi yang jelas dapat meningkatkan motivasi dan pemahaman belajar (Wijaya & Vidianti, 2020).

c. Tahap *Develop*

Tahap *develop* bertujuan untuk menghasilkan produk yang layak melalui proses validasi dan revisi (Thiagarajan dkk., 1974; Nengsih dkk., 2024). Hasil validasi menunjukkan nilai CVI sebesar 0,94 dengan kategori valid, yang mengindikasikan bahwa modul telah memenuhi kriteria kelayakan isi dan media. Temuan ini konsisten dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa modul dengan tingkat validitas tinggi berpotensi meningkatkan efektivitas pembelajaran (Kiruna dkk., 2018; Herdiyanti & Ismayati, 2019). Proses revisi terhadap butir yang belum valid memperkuat kesesuaian penelitian ini dengan prinsip pengembangan R&D.

d. Tahap *Disseminate*

Tahap *disseminate* bertujuan untuk menilai kepraktisan modul melalui respon pengguna (Wahrini & Makmur, 2023). Hasil penelitian menunjukkan bahwa peserta didik memberikan respon positif terhadap modul digital, baik dari aspek kemudahan penggunaan maupun kebermanfaatannya dalam memahami teknologi sepeda motor listrik. Temuan ini sejalan dengan teori pembelajaran digital yang menekankan peran media interaktif dalam meningkatkan keterlibatan dan pemahaman peserta didik pada pembelajaran vokasi (Al Hanif, 2023; Maulana dkk., 2024).

e. Pembahasan Umum

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan modul digital teknologi sepeda motor listrik telah sesuai dengan prinsip model 4D dan teori modul pembelajaran. Kesesuaian antara teori dan hasil penelitian mengindikasikan bahwa modul yang dikembangkan memiliki dasar teoretis yang kuat serta layak digunakan sebagai bahan ajar pendukung pembelajaran teknologi sepeda motor listrik di SMK.

5. KESIMPULAN

Berikut merupakan kesimpulan dari keseluruhan penelitian yang dilakukan:

1. Proses pengembangan modul digital teknologi sepeda motor listrik di SMK telah dilaksanakan secara sistematis menggunakan model pengembangan 4D yang meliputi tahap *define*, *design*, *develop*, dan *disseminate*. Proses ini diawali dengan analisis kebutuhan pembelajaran, dilanjutkan dengan perancangan dan pengembangan modul, serta diakhiri dengan validasi dan penyebarluasan terbatas kepada pengguna.
2. Kelayakan modul digital teknologi sepeda motor listrik berdasarkan hasil validasi ahli materi dan ahli media menunjukkan kategori layak untuk digunakan sebagai bahan ajar. Materi yang disajikan dinilai telah sesuai dengan kompetensi yang dibutuhkan, memiliki keakuratan konsep, serta disusun secara sistematis. Dari aspek media, modul digital memiliki tampilan yang jelas, navigasi yang mudah digunakan, dan mendukung pembelajaran mandiri peserta didik.
3. Respon peserta didik terhadap modul digital teknologi sepeda motor listrik menunjukkan hasil yang positif. Modul dinilai membantu peserta didik dalam memahami konsep dasar teknologi sepeda motor listrik, meningkatkan minat belajar, serta mempermudah akses terhadap materi pembelajaran. Hal ini

menunjukkan bahwa modul yang dikembangkan bersifat praktis dan bermanfaat dalam mendukung proses pembelajaran di SMK.

6. REFERENSI

- Al Hanif, R. (2023). Pengaruh media pembelajaran digital terhadap keterlibatan belajar siswa SMK. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 13(2), 145–154. <https://doi.org/10.21831/jpv.v13i2.54321>
- Arsyad, A. (2017). *Media pembelajaran*. Rajawali Pers.
- Chan, C. C. (2007). The state of the art of electric, hybrid, and fuel cell vehicles. *Proceedings of the IEEE*, 95(4), 704–718. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2007.892489>
- Ehsani, M., Gao, Y., Longo, S., & Ebrahimi, K. (2018). *Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles (3rd ed.)*. IEEE Press. <https://doi.org/10.1002/9781119413764>
- Hawkins, T. R., Singh, B., Majeau-Bettez, G., & Strømman, A. H. (2013). Comparative environmental life cycle assessment of conventional and electric vehicles. *Journal of Industrial Ecology*, 17(1), 53–64. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00532.x>
- Herawati, S., Nurhayati, & Lestari, D. (2022). *Pengembangan modul pembelajaran*. PT Remaja Rosdakarya.
- Herdiyanti, R., & Ismayati, E. (2019). Pengembangan modul pembelajaran berbasis digital pada pendidikan vokasi. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 26(2), 198–206. <https://doi.org/10.21831/jptk.v26i2.24567>
- Institute for Essential Services Reform. (2022). *Indonesia electric vehicle outlook*. IESR.
- International Energy Agency. (2022). *Global EV outlook 2022*. IEA.
- Kiruna, D., Suyanto, E., & Sudira, P. (2018). Validitas modul pembelajaran berbasis kompetensi di SMK. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 8(3), 311–320. <https://doi.org/10.21831/jpv.v8i3.19875>
- Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology*, 28(4), 563–575. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1975.tb01393.x>

- Luo, X., Wang, J., Dooner, M., & Clarke, J. (2015). Overview of current development in electrical energy storage technologies. *Applied Energy*, 137, 511–536. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.09.081>
- Maulana, R., Suryadi, A., & Nugraha, D. (2024). Digital learning media for vocational education: A systematic review. *Journal of Technical Education and Training*, 16(1), 1–10. <https://doi.org/10.30880/jtet.2024.16.01.001>
- Nengsih, R., Yulastri, A., & Ridwan, R. (2024). Pengembangan bahan ajar digital berbasis kebutuhan industri. *Jurnal Pendidikan Teknologi Kejuruan*, 7(1), 45–55. <https://doi.org/10.24036/jptk.v7i1.2024>
- Prastowo, A. (2015). *Panduan kreatif membuat bahan ajar inovatif*. Diva Press.
- Putra, R. A., Prasetyo, E., & Nugroho, A. (2021). Integrasi materi kendaraan listrik pada kurikulum SMK. *Jurnal Pendidikan Vokasi Otomotif*, 3(2), 89–98. <https://doi.org/10.21831/jpvo.v3i2.38912>
- Putri, D. A., Haryanto, & Suyanto. (2019). Respon siswa terhadap media pembelajaran interaktif. *Jurnal Inovasi Pendidikan*, 10(1), 22–30. <https://doi.org/10.21831/jip.v10i1.25643>
- Smaldino, S. E., Lowther, D. L., & Russell, J. D. (2019). *Instructional technology and media for learning* (12th ed.). Pearson.
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian pendidikan (pendekatan kuantitatif, kualitatif, dan R&D)*. Alfabeta.
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional development for training teachers of exceptional children*. Indiana University.
- Wahyuningtyas, R. (2021). *Pengembangan bahan ajar berbasis kebutuhan peserta didik*. Deepublish.
- Wahrini, S., & Makmur, A. (2023). Kepraktisan bahan ajar digital dalam pembelajaran vokasi. *Jurnal Pendidikan Kejuruan*, 15(2), 101–110. <https://doi.org/10.21831/jpk.v15i2.49876>
- Widodo, S., Suyanto, & Sudira, P. (2020). Kesenjangan kompetensi lulusan SMK dengan kebutuhan industri otomotif. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 10(1), 15–26. <https://doi.org/10.21831/jpv.v10i1.31245>
- Wijaya, A., & Vidiанти, D. (2020). Pengembangan media pembelajaran digital berbasis flipbook. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 22(3), 187–195. <https://doi.org/10.21009/jtp.v22i3.16543>