TSAQOFAH
Jurnal Penelitian Guru Indonesia

p-ISSN: 2810-0395
e-ISSN: 2810-0042

Terindeks : Dimensions, Scilit, Lens, Semantic, Garuda, Google Scholar, Base, etc

https://doi.org/10.58578/tsaqofah.v6i4.10553

PENGEMBANGAN E-BOOK PADA MATA KULIAH TEKNOLOGI SENSOR DAN KONTROL ELEKTRONIK OTOMOTIF

Development of E-Book in the Automotive Sensor Technology and Electronic Control Course

Hamdi Ramadhan, Irma Yulia Basri, Hasan Maksum, Rifdarmon
Universitas Negeri Padang
hamdiramadhan2003@gmail.com; irmayb@ft.unp.ac.id

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Apr 29, 2026	May 27, 2026	Jun 8, 2026	Jun 13, 2026

Abstract

The limited availability of teaching materials in the Automotive Sensor Technology and Electronic Control course is an obstacle in learning, because the lecture process is still dominated by presentation media and lecturers' explanations, causing students to experience difficulties in understanding abstract and technical material. In addition, no digital teaching materials are yet available to support students' independent learning. This study aims to produce an e-book that is valid and feasible for use as a learning medium in the Automotive Sensor Technology and Electronic Control course. This study used the Research and Development method with the 4D model, which includes the Define, Design, Develop, and Disseminate stages, but its implementation was limited to the Develop stage. The research subjects consisted of two validators from the Department of Automotive Engineering, Universitas Negeri Padang. Data were collected using a validation questionnaire covering the aspects of material, media, language, and instructional design, then analyzed descriptively and quantitatively through the calculation of the product validity percentage. The results showed that the developed e-book had a very high level of validity, with a material validation percentage

Tsaqofah journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

of 89.29%, media validation of 96%, language validation of 91.74%, and instructional design validation of 89.33%. The conclusion of this study affirms that the e-book for the Automotive Sensor Technology and Electronic Control course is declared very valid and feasible for use as a learning medium. These findings imply the provision of digital teaching materials that can support independent learning and help students understand technical material on automotive sensors and electronic control.

Keywords: Learning Media Development; E-Book; Sensor Technology; Automotive Electronic Control; Teaching Material Validation

Abstrak: Keterbatasan bahan ajar pada mata kuliah Teknologi Sensor dan Kontrol Elektronik Otomotif menjadi kendala dalam pembelajaran, karena proses perkuliahan masih didominasi oleh media presentasi dan penjelasan dosen sehingga mahasiswa mengalami kesulitan memahami materi yang bersifat abstrak dan teknis. Selain itu, belum tersedia bahan ajar digital yang mendukung pembelajaran mandiri mahasiswa. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan *e-book* yang valid dan layak digunakan sebagai media pembelajaran pada mata kuliah Teknologi Sensor dan Kontrol Elektronik Otomotif. Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) dengan model 4D, yang meliputi tahap *Define, Design, Develop,* dan *Disseminate*, tetapi pelaksanaannya dibatasi sampai tahap *Develop*. Subjek penelitian terdiri atas dua validator dari Departemen Teknik Otomotif Universitas Negeri Padang. Data dikumpulkan menggunakan angket validasi yang mencakup aspek materi, media, bahasa, dan desain pembelajaran, kemudian dianalisis secara deskriptif kuantitatif melalui perhitungan persentase tingkat kevalidan produk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *e-book* yang dikembangkan memiliki tingkat kevalidan sangat tinggi, dengan persentase validasi materi sebesar 89,29%, validasi media sebesar 96%, validasi bahasa sebesar 91,74%, dan validasi desain pembelajaran sebesar 89,33%. Simpulan penelitian ini menegaskan bahwa *e-book* pada mata kuliah Teknologi Sensor dan Kontrol Elektronik Otomotif dinyatakan sangat valid dan layak digunakan sebagai media pembelajaran. Temuan ini berimplikasi pada penyediaan bahan ajar digital yang dapat mendukung pembelajaran mandiri dan membantu mahasiswa memahami materi sensor serta kontrol elektronik otomotif yang bersifat teknis.

Kata Kunci: Pengembangan Media Pembelajaran; *E-Book*; Teknologi Sensor; Kontrol Elektronik Otomotif; Validasi Bahan Ajar

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital yang berlangsung sangat cepat telah membawa perubahan mendasar dalam berbagai sektor kehidupan, termasuk pendidikan tinggi. Transformasi digital mendorong perguruan tinggi untuk mengintegrasikan teknologi informasi dan komunikasi ke dalam proses pembelajaran guna meningkatkan efektivitas, efisiensi, serta kualitas pengalaman belajar mahasiswa. Perubahan tersebut semakin dipercepat sejak terjadinya pandemi Covid-19 yang mengharuskan institusi pendidikan mengadopsi berbagai platform pembelajaran digital untuk menjamin keberlangsungan proses belajar mengajar (Samala et al., 2022). Di sisi lain, perkembangan teknologi otomotif modern

yang didominasi oleh sistem sensor dan kontrol elektronik menuntut lulusan pendidikan vokasi memiliki kompetensi yang sesuai dengan kebutuhan industri. Namun demikian, hasil observasi menunjukkan bahwa pembelajaran pada bidang teknologi sensor dan kontrol elektronik masih menghadapi kendala berupa rendahnya minat belajar mahasiswa, keterbatasan media pembelajaran yang interaktif, serta kesulitan dalam memahami konsep-konsep abstrak yang berkaitan dengan sistem elektronik otomotif. Kondisi tersebut menjadi tantangan yang perlu segera diatasi melalui inovasi media pembelajaran berbasis teknologi digital yang lebih adaptif terhadap karakteristik mahasiswa generasi digital.

Peneliti memandang bahwa optimalisasi pemanfaatan teknologi pembelajaran merupakan langkah strategis dalam meningkatkan kualitas proses dan hasil belajar mahasiswa pada mata kuliah Teknologi Sensor dan Kontrol Elektronik Otomotif. Pada penelitian (Azzahra et al., 2025) teori pembelajaran konstruktivisme menjelaskan bahwa mahasiswa akan lebih mudah membangun pengetahuan apabila memperoleh pengalaman belajar yang aktif, interaktif, dan kontekstual. Dalam konteks tersebut, penggunaan media pembelajaran digital yang mengintegrasikan teks, gambar, video, animasi, serta aktivitas evaluasi secara mandiri diyakini mampu meningkatkan keterlibatan mahasiswa dalam proses pembelajaran. Selain itu, teori multimedia yang dikemukakan oleh (Mayer, 2020) menegaskan bahwa penyajian informasi melalui berbagai representasi visual dan verbal dapat membantu mahasiswa memahami materi yang kompleks secara lebih efektif. Oleh karena itu, pengembangan media pembelajaran berbasis *e-book* interaktif menjadi penting untuk menjawab kebutuhan pembelajaran yang lebih fleksibel, menarik, dan berorientasi pada peningkatan kompetensi mahasiswa di bidang teknologi otomotif modern.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji pengembangan media pembelajaran digital dalam pendidikan vokasi dan pendidikan teknik. Penelitian yang dilakukan oleh (Setyawan & Faqih, 2023) menunjukkan bahwa *e-book* interaktif mampu meningkatkan kemandirian belajar serta mempermudah mahasiswa dalam memahami materi pembelajaran. Penelitian lain oleh (Wahyuningsih et al., 2024) menemukan bahwa integrasi teknologi digital dalam pembelajaran berpengaruh positif terhadap motivasi dan hasil belajar mahasiswa. Sementara itu, penelitian (Basri et al., 2025) mengungkapkan bahwa platform Smart Learning memiliki tingkat efektivitas, kemudahan penggunaan, dan interaktivitas yang sangat baik dalam mendukung proses pembelajaran digital. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada pengembangan media pembelajaran secara umum dan belum secara spesifik mengembangkan *e-book* interaktif yang terintegrasi dengan

platform Smart Learning pada mata kuliah Teknologi Sensor dan Kontrol Elektronik Otomotif. Selain itu, kajian yang menghubungkan kebutuhan kompetensi otomotif modern dengan pemanfaatan platform pembelajaran digital masih relatif terbatas sehingga membuka peluang penelitian lebih lanjut.

Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan *e-book* interaktif yang dirancang secara khusus untuk mendukung pembelajaran pada mata kuliah Teknologi Sensor dan Kontrol Elektronik Otomotif serta diintegrasikan ke dalam platform Smart Learning. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya hanya mengembangkan *e-book* sebagai media pembelajaran mandiri, penelitian ini mengombinasikan fitur multimedia interaktif dengan ekosistem pembelajaran digital yang memungkinkan mahasiswa mengakses materi secara fleksibel melalui berbagai perangkat. Selain itu, pengembangan media dilakukan dengan mempertimbangkan karakteristik materi sensor dan kontrol elektronik yang bersifat konseptual sekaligus aplikatif. Penelitian ini menggunakan landasan teori multimedia learning, konstruktivisme, dan pembelajaran berbasis teknologi digital sebagai kerangka konseptual dalam merancang produk yang diharapkan mampu meningkatkan kualitas pengalaman belajar mahasiswa. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi dalam memperkaya kajian pengembangan media pembelajaran digital pada bidang pendidikan vokasi otomotif.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini difokuskan pada pengembangan *e-book* interaktif untuk mata kuliah Teknologi Sensor dan Kontrol Elektronik Otomotif yang terintegrasi dengan platform Smart Learning. Penelitian ini bertujuan menghasilkan media pembelajaran digital yang valid, praktis, dan sesuai dengan kebutuhan mahasiswa dalam memahami konsep serta aplikasi teknologi sensor dan kontrol elektronik pada kendaraan modern. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif solusi terhadap rendahnya motivasi belajar dan keterbatasan media pembelajaran yang selama ini menjadi hambatan dalam proses pembelajaran. Melalui pengembangan *e-book* interaktif yang terintegrasi dengan platform pembelajaran digital, penelitian ini diharapkan mampu mendukung peningkatan kualitas pembelajaran, memperkuat kompetensi mahasiswa di bidang otomotif, serta memberikan kontribusi bagi pengembangan inovasi pembelajaran berbasis teknologi di pendidikan tinggi vokasi.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) yang bertujuan untuk menghasilkan produk pembelajaran berupa *e-book* interaktif pada mata kuliah Teknologi Sensor dan Kontrol Elektronik Otomotif. Pendekatan R&D dipilih karena penelitian tidak hanya berfokus pada pengujian teori, tetapi juga menghasilkan produk yang dapat digunakan secara langsung dalam proses pembelajaran. Karakteristik utama penelitian pengembangan adalah adanya proses perancangan, pembuatan, validasi, revisi, dan penyempurnaan produk secara sistematis hingga diperoleh media pembelajaran yang layak digunakan (Zamsiswaya et al., 2024). Produk yang dikembangkan dalam penelitian ini berupa *e-book* interaktif yang dirancang untuk membantu mahasiswa memahami konsep-konsep sensor dan kontrol elektronik otomotif secara lebih efektif melalui penyajian materi yang terintegrasi dengan berbagai elemen multimedia. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menghasilkan produk inovatif, tetapi juga memberikan kontribusi terhadap pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi digital di lingkungan pendidikan tinggi vokasi.

Desain penelitian yang digunakan mengacu pada model pengembangan Four-D (4D) yang dikembangkan oleh (Thiagarajan et al., 1976). Model ini terdiri atas empat tahapan utama, yaitu define (pendefinisian), design (perancangan), develop (pengembangan), dan disseminate (penyebaran). Tahap define dilakukan melalui analisis kebutuhan pembelajaran, identifikasi permasalahan yang dihadapi mahasiswa, analisis karakteristik peserta didik, analisis konsep, serta perumusan tujuan pembelajaran. Tahap design meliputi penyusunan struktur materi, perancangan tampilan *e-book*, penyusunan media pendukung, dan penentuan strategi penyajian materi. Selanjutnya, tahap develop dilakukan dengan mengembangkan prototipe *e-book* yang kemudian divalidasi oleh para ahli untuk memperoleh masukan dan perbaikan. Tahap terakhir yaitu disseminate dilakukan melalui publikasi hasil penelitian dalam bentuk artikel ilmiah serta penyebaran produk kepada pengguna dalam lingkup terbatas. Pemilihan model 4D didasarkan pada kemampuannya memberikan prosedur pengembangan yang sistematis dan sesuai dengan tujuan penelitian yang berfokus pada pengembangan produk pembelajaran (Indaryanti et al., 2025).

Partisipan dalam penelitian ini terdiri atas validator ahli yang berperan dalam menilai kelayakan produk yang dikembangkan. Validator terdiri dari ahli materi, ahli media, dan ahli bahasa yang memiliki kompetensi sesuai dengan bidang keahliannya. Ahli materi bertugas mengevaluasi kesesuaian isi *e-book* dengan capaian pembelajaran mata kuliah, keakuratan

konsep, serta relevansi materi dengan kebutuhan mahasiswa. Ahli media menilai aspek desain, tampilan, navigasi, dan kualitas visual produk, sedangkan ahli bahasa mengevaluasi penggunaan bahasa, keterbacaan, dan kesesuaian dengan kaidah kebahasaan. Teknik pemilihan partisipan menggunakan purposive sampling, yaitu teknik penentuan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu yang sesuai dengan kebutuhan penelitian. Teknik ini dipilih karena penelitian pengembangan memerlukan penilaian dari individu yang memiliki kompetensi dan pengalaman pada bidang yang relevan sehingga dapat memberikan masukan yang objektif terhadap kualitas produk yang dikembangkan (N. Lestari, 2018).

Instrumen penelitian yang digunakan berupa angket validasi yang disusun berdasarkan standar kelayakan media pembelajaran dan mengacu pada aspek penilaian Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP). Pendekatan ini sejalan dengan penelitian pengembangan instrumen evaluasi media pembelajaran yang menegaskan bahwa angket validasi harus disusun berdasarkan indikator yang terukur, sistematis, dan dapat dipertanggungjawabkan secara akademik (Cahyani et al., 2025). Selain itu, penyusunan angket validasi juga merujuk pada standar penilaian kelayakan media yang banyak digunakan dalam penelitian pendidikan di Indonesia, termasuk mengadopsi aspek-aspek yang dikembangkan oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP). Aspek tersebut meliputi kelayakan isi, kebahasaan, penyajian, dan kegrafikan yang digunakan sebagai acuan untuk memastikan bahwa media pembelajaran memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Penggunaan standar BSNP dalam pengembangan instrumen validasi telah banyak diterapkan dalam penelitian R&D karena mampu memberikan kerangka evaluasi yang objektif dan terukur terhadap produk pembelajaran yang dikembangkan (Nirmala & Ratnawati, 2024)(Aljuiswan et al., 2026). Instrumen validasi diberikan kepada ahli materi, ahli media, dan ahli bahasa untuk memperoleh data mengenai tingkat kelayakan produk. Aspek yang dinilai meliputi kelayakan isi, kebahasaan, kegrafikan, dan penyajian. Setiap butir pernyataan menggunakan skala Likert lima tingkat, mulai dari skor 1 (sangat tidak setuju) hingga skor 5 (sangat setuju). Proses pengumpulan data dilakukan setelah prototipe *e-book* selesai dikembangkan. Validator diminta memberikan penilaian terhadap setiap aspek serta memberikan saran dan rekomendasi perbaikan. Hasil validasi digunakan sebagai dasar revisi produk sebelum dinyatakan layak digunakan. Untuk menjamin kualitas instrumen, kisi-kisi penilaian disusun berdasarkan indikator yang relevan dengan tujuan pengembangan dan karakteristik media pembelajaran digital (T. Lestari & Yerimadesi, 2024).

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk menggambarkan tingkat kelayakan produk berdasarkan hasil penilaian validator secara objektif. Data hasil validasi yang diperoleh dari angket dianalisis dengan menghitung skor total dari seluruh butir penilaian, kemudian dikonversikan ke dalam bentuk persentase kelayakan menggunakan perbandingan antara skor yang diperoleh dengan skor maksimum yang mungkin dicapai. Pendekatan ini umum digunakan dalam penelitian pengembangan media pembelajaran karena mampu memberikan gambaran yang jelas, terukur, dan sistematis terhadap kualitas produk yang dikembangkan (Romadloni & Cahyaka, 2021); (Mahmuzah et al., 2024). Hasil persentase tersebut selanjutnya diinterpretasikan berdasarkan kategori kelayakan, yaitu sangat valid, valid, cukup valid, dan tidak valid, sehingga dapat ditentukan tingkat kelayakan e-book untuk digunakan dalam proses pembelajaran (Fadhillah & Biologi, 2023).

Selain data kuantitatif, proses analisis juga memperhatikan masukan kualitatif dari para ahli sebagai dasar revisi produk agar lebih sesuai dengan kebutuhan pembelajaran. Analisis deskriptif kuantitatif dalam penelitian pengembangan media pembelajaran telah banyak digunakan dalam berbagai studi karena dinilai efektif dalam mengukur validitas produk berbasis penilaian ahli secara terstruktur (Ayuningsih, 2020); (Sari et al., 2023). Dengan demikian, kombinasi antara hasil perhitungan statistik dan saran validator memberikan gambaran yang komprehensif terhadap kualitas e-book yang dikembangkan, sekaligus memastikan bahwa produk akhir telah memenuhi aspek kelayakan isi, bahasa, media, dan desain pembelajaran sesuai standar pengembangan media pendidikan (Nareswari et al., 2024); (Maudina & Zuhrie, 2014).

HASIL

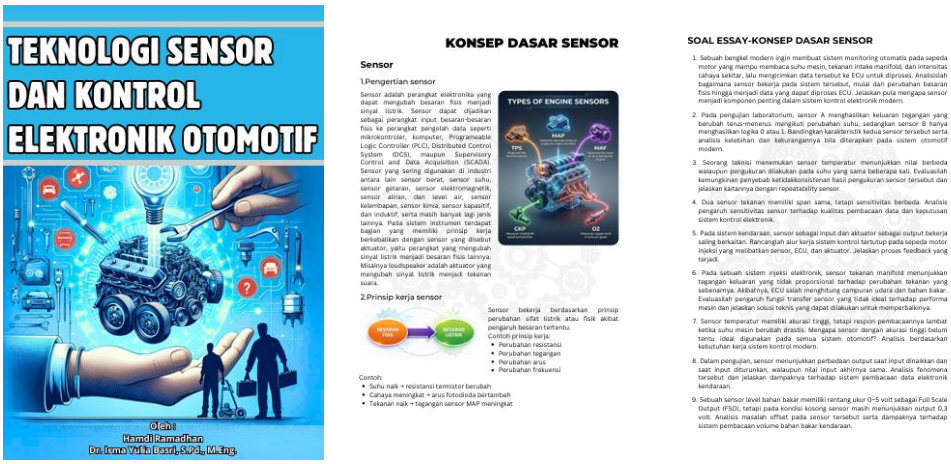
Penelitian ini menghasilkan produk berupa *e-book* interaktif pada mata kuliah Teknologi Sensor dan Kontrol Elektronik Otomotif yang dikembangkan menggunakan model Four-D (4D), meliputi tahap define, design, dan develop. Tahap disseminate tidak dilaksanakan karena penelitian difokuskan pada pengembangan dan pengujian validitas produk. *E-book* yang dikembangkan dirancang sebagai bahan ajar digital yang memuat materi konsep dasar sensor, position sensor, dan temperature sensor yang disesuaikan dengan capaian pembelajaran mata kuliah. Produk yang dihasilkan dilengkapi dengan gambar,

ilustrasi, serta evaluasi pembelajaran yang disusun secara sistematis untuk mendukung proses belajar mandiri mahasiswa.

Pada tahap define, dilakukan analisis kebutuhan pembelajaran melalui observasi terhadap proses pembelajaran mata kuliah Teknologi Sensor dan Kontrol Elektronik Otomotif. Hasil analisis menunjukkan bahwa bahan ajar yang digunakan masih terbatas pada presentasi (PowerPoint) dan penjelasan dosen. Selain itu, mahasiswa mengalami kesulitan memahami materi karena konsep sensor dan kontrol elektronik bersifat abstrak dan teknis. Hasil analisis juga menunjukkan belum tersedianya bahan ajar digital yang dapat digunakan secara mandiri oleh mahasiswa serta penyajian materi yang masih kurang menarik. Berdasarkan temuan tersebut, dikembangkan *e-book* interaktif sebagai alternatif bahan ajar yang diharapkan mampu membantu mahasiswa memahami materi secara lebih mudah dan sistematis.

Tahap design menghasilkan rancangan *e-book* yang terdiri atas halaman sampul, materi pembelajaran, ilustrasi pendukung, serta evaluasi pembelajaran. Materi disusun menggunakan bahasa yang komunikatif dan dilengkapi dengan gambar yang relevan dengan sistem sensor dan kontrol elektronik otomotif. Selain itu, pada tahap ini juga disusun instrumen validasi yang digunakan untuk menilai kelayakan produk dari aspek materi, media, bahasa, dan desain pembelajaran.

Tahap pengembangan, dihasilkan produk berupa *e-book* interaktif yang memuat materi konsep dasar sensor, position sensor, dan temperature sensor. *E-book* dirancang menggunakan kombinasi teks, gambar, ilustrasi, dan evaluasi pembelajaran sehingga dapat mendukung proses belajar mandiri mahasiswa. Tampilan produk yang telah dikembangkan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Tampilan Produk *E-book* yang Dikembangkan: (a) Halaman Sampul, (b) Halaman Materi, dan (c) Halaman Evaluasi.

Tahap develop dilakukan melalui proses validasi oleh dua orang validator yang berasal dari Departemen Teknik Otomotif. Validasi dilakukan terhadap empat aspek utama, yaitu materi, media, bahasa, dan desain pembelajaran. Hasil validasi oleh validator pertama menunjukkan bahwa aspek materi memperoleh persentase kevalidan sebesar 90%, aspek media sebesar 96%, aspek bahasa sebesar 95,65%, dan aspek desain pembelajaran sebesar 90,66%. Secara keseluruhan, rata-rata persentase validasi dari validator pertama mencapai 93,10% yang termasuk dalam kategori sangat valid.

Sementara itu, hasil validasi oleh validator kedua menunjukkan bahwa aspek materi memperoleh persentase kevalidan sebesar 88,57%, aspek media sebesar 96%, aspek bahasa sebesar 87,82%, dan aspek desain pembelajaran sebesar 88%. Rata-rata persentase validasi yang diperoleh dari validator kedua adalah sebesar 90,10% dan termasuk dalam kategori sangat valid. Ringkasan hasil validasi kedua validator disajikan pada Tabel 1.

Table 1. Rekapitulasi Hasil Validasi E-book

NO	ASPEK	PERSENTASE KEVALIDAN
1	Validator 1	93,10%
2	Validator 2	90,10%
Total Persentase		183,20%
Persentase Rata-Rata		91,60%

Keterangan:

Total persentase: Jumlah persentase dari semua validator

$$\text{Persentase Rata-Rata} = \frac{Total\ Persentase}{Jumlah\ Validator} \qquad (1)$$

$$\text{Persentase Rata-Rata} = \frac{183{,}20\%}{2}$$

$$\text{Persentase Rata-Rata} = 91{,}60\%$$

Berdasarkan Tabel 1, diperoleh rata-rata persentase validasi sebesar 91,60%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa *e-book* yang dikembangkan memenuhi kriteria sangat valid dan layak digunakan sebagai bahan ajar pada mata kuliah Teknologi Sensor dan Kontrol Elektronik Otomotif. Seluruh aspek yang dinilai oleh validator memperoleh persentase di atas 85%, sehingga menunjukkan bahwa produk telah memenuhi standar kelayakan dari segi isi, media, bahasa, dan desain pembelajaran.

Selain menghasilkan nilai validitas yang tinggi, proses validasi juga menghasilkan beberapa masukan untuk penyempurnaan produk. Masukan yang diberikan berkaitan dengan penambahan ilustrasi pada beberapa bagian materi, penyempurnaan penggunaan istilah teknis, serta penyesuaian tata letak beberapa komponen tampilan agar lebih mudah dipahami oleh pengguna. Seluruh saran tersebut digunakan sebagai dasar perbaikan produk sebelum ditetapkan sebagai produk akhir penelitian.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa *e-book* interaktif yang dikembangkan telah memenuhi kriteria kelayakan sebagai bahan ajar digital. Temuan ini didukung oleh hasil validasi dari dua validator yang menunjukkan kategori sangat valid dengan rata-rata persentase sebesar 91,60%. Dengan demikian, produk yang dikembangkan telah memenuhi persyaratan untuk digunakan dalam mendukung pembelajaran pada mata kuliah Teknologi Sensor dan Kontrol Elektronik Otomotif.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-book interaktif yang dikembangkan pada mata kuliah Teknologi Sensor dan Kontrol Elektronik Otomotif memperoleh nilai validitas sebesar 91,60% dengan kategori sangat valid. Temuan ini menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan telah memenuhi kriteria kelayakan dari aspek materi, media, bahasa, dan desain pembelajaran. Nilai validitas yang tinggi mengindikasikan bahwa e-book mampu merepresentasikan kebutuhan pembelajaran yang telah diidentifikasi pada tahap pendefinisian (define), khususnya terkait keterbatasan bahan ajar digital dan kesulitan mahasiswa dalam memahami konsep-konsep sensor dan kontrol elektronik yang bersifat abstrak. Dengan demikian, hasil penelitian ini menjawab tujuan penelitian yang berfokus pada pengembangan bahan ajar digital yang valid dan sesuai dengan kebutuhan mahasiswa pada mata kuliah Teknologi Sensor dan Kontrol Elektronik Otomotif.

Tingginya nilai validitas pada aspek materi menunjukkan bahwa isi e-book telah sesuai dengan capaian pembelajaran mata kuliah, memiliki ketepatan konsep, serta relevan dengan kebutuhan pembelajaran mahasiswa. Penyusunan materi secara sistematis dari konsep dasar hingga penerapan sensor pada sistem otomotif memungkinkan mahasiswa memperoleh pemahaman yang lebih terstruktur. Temuan ini menunjukkan bahwa pengembangan bahan ajar yang didasarkan pada analisis kebutuhan dan capaian pembelajaran dapat menghasilkan produk yang sesuai dengan karakteristik peserta didik dan

tuntutan kurikulum. Selain itu, validitas yang tinggi pada aspek bahasa menunjukkan bahwa penggunaan bahasa yang komunikatif dan istilah teknis yang tepat mampu mendukung keterbacaan serta pemahaman mahasiswa terhadap materi yang disajikan.

Pada aspek media dan desain pembelajaran, hasil validasi menunjukkan bahwa tampilan visual, tata letak, ilustrasi, dan fitur pembelajaran yang tersedia dalam e-book dinilai sangat baik oleh para validator. Kondisi ini menunjukkan bahwa integrasi unsur visual dalam bahan ajar digital memiliki peran penting dalam membantu mahasiswa memahami materi yang kompleks. Temuan tersebut sejalan dengan teori Multimedia Learning pada penelitian (Mayer, 2020), yang menyatakan bahwa proses belajar akan lebih efektif apabila informasi disajikan melalui kombinasi teks dan visual yang saling mendukung. Dalam konteks pembelajaran teknologi sensor dan kontrol elektronik otomotif, penggunaan gambar, ilustrasi, dan tampilan yang menarik dapat membantu mahasiswa membangun representasi konseptual yang lebih baik dibandingkan jika materi hanya disajikan dalam bentuk teks.

Hasil penelitian ini juga memiliki kesesuaian dengan beberapa penelitian terdahulu. Penelitian yang dilakukan oleh (Setyawan & Faqih, 2023) menunjukkan bahwa e-book interaktif mampu meningkatkan kualitas pembelajaran karena menyediakan materi yang lebih mudah diakses dan dipelajari secara mandiri. Temuan penelitian ini juga mendukung hasil penelitian (Wahyuningsih et al., 2024) yang menyatakan bahwa penggunaan media pembelajaran berbasis teknologi digital dapat meningkatkan keterlibatan mahasiswa dalam proses pembelajaran. Selain itu, hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian (Basri et al., 2025) yang menemukan bahwa integrasi teknologi digital dalam pembelajaran memberikan kemudahan akses, meningkatkan interaktivitas, serta mendukung terciptanya pengalaman belajar yang lebih adaptif. Kesamaan hasil tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan media digital interaktif merupakan salah satu alternatif yang efektif dalam mendukung pembelajaran di era transformasi digital.

Meskipun demikian, penelitian ini memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan penelitian sebelumnya. Sebagian besar penelitian terdahulu berfokus pada pengembangan e-book atau media digital pada bidang pembelajaran umum, sedangkan penelitian ini secara khusus mengembangkan e-book pada mata kuliah Teknologi Sensor dan Kontrol Elektronik Otomotif yang memiliki karakteristik materi teknis dan aplikatif. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan kontribusi dalam memperluas penerapan pengembangan media pembelajaran digital pada bidang pendidikan vokasi otomotif. Kontribusi lainnya terletak

pada penyusunan materi yang disesuaikan dengan capaian pembelajaran mata kuliah serta integrasi ilustrasi yang relevan dengan sistem sensor dan kontrol elektronik kendaraan modern.

Secara praktis, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa e-book interaktif berpotensi digunakan sebagai alternatif bahan ajar digital untuk mendukung pembelajaran mandiri mahasiswa. Produk yang dikembangkan dapat membantu dosen dalam menyediakan sumber belajar yang lebih menarik dan fleksibel dibandingkan bahan ajar konvensional. Selain itu, ketersediaan e-book dalam format digital memungkinkan mahasiswa mengakses materi kapan saja dan di mana saja melalui berbagai perangkat elektronik. Dengan demikian, penggunaan e-book tidak hanya mendukung proses pembelajaran di kelas, tetapi juga memperluas kesempatan belajar secara mandiri di luar lingkungan perkuliahan.

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pengembangan produk hanya dilakukan sampai pada tahap validasi oleh ahli sehingga belum dilakukan uji kepraktisan dan uji efektivitas terhadap mahasiswa sebagai pengguna akhir. Oleh karena itu, hasil penelitian ini belum dapat memberikan informasi mengenai pengaruh penggunaan e-book terhadap peningkatan hasil belajar mahasiswa. Selain itu, jumlah validator yang terlibat dalam penelitian relatif terbatas sehingga penilaian produk masih didasarkan pada perspektif sejumlah ahli tertentu. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melanjutkan tahap pengembangan dengan melakukan uji kepraktisan dan efektivitas pada kelompok mahasiswa yang lebih luas. Selain itu, pengembangan materi dapat diperluas pada topik sensor dan kontrol elektronik lainnya sehingga menghasilkan bahan ajar digital yang lebih komprehensif dan sesuai dengan perkembangan teknologi otomotif terkini.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan e-book interaktif pada mata kuliah Teknologi Sensor dan Kontrol Elektronik Otomotif melalui tahapan pengembangan yang sistematis sesuai model Four-D (4D), yaitu define, design, dan develop. Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-book yang dikembangkan telah memenuhi kriteria kelayakan sebagai bahan ajar digital yang mendukung pembelajaran pada pendidikan vokasi otomotif. Produk yang dihasilkan mampu mengintegrasikan materi pembelajaran, ilustrasi, dan unsur multimedia secara terstruktur sehingga dapat mendukung penyajian materi yang lebih menarik, mudah dipahami, dan sesuai dengan kebutuhan mahasiswa. Temuan ini menunjukkan bahwa

pengembangan bahan ajar berbasis digital dapat menjadi salah satu alternatif untuk mengatasi keterbatasan media pembelajaran konvensional pada mata kuliah yang memiliki karakteristik materi teknis dan konseptual.

Kontribusi penelitian ini terletak pada pengembangan bahan ajar digital yang secara khusus dirancang untuk mendukung pembelajaran Teknologi Sensor dan Kontrol Elektronik Otomotif di lingkungan pendidikan tinggi vokasi. Secara praktis, e-book yang dikembangkan dapat dimanfaatkan sebagai sumber belajar mandiri maupun bahan ajar pendukung dalam proses perkuliahan. Dari sisi akademik, penelitian ini memperkuat pemanfaatan teknologi digital dalam pengembangan media pembelajaran yang berorientasi pada peningkatan kualitas proses belajar. Selain itu, penerapan model pengembangan Four-D (4D) pada penelitian ini memberikan gambaran prosedur pengembangan yang sistematis dalam menghasilkan produk pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan pengguna dan karakteristik materi yang diajarkan.

Meskipun demikian, penelitian ini masih terbatas pada tahap pengembangan dan validasi produk sehingga belum mencakup pengujian kepraktisan dan efektivitas penggunaan e-book dalam proses pembelajaran secara langsung. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melanjutkan pengembangan hingga tahap penyebaran (disseminate), melibatkan jumlah pengguna yang lebih luas, serta melakukan uji kepraktisan dan efektivitas untuk mengetahui dampak penggunaan e-book terhadap motivasi belajar, pemahaman konsep, dan hasil belajar mahasiswa. Pengembangan lebih lanjut juga dapat dilakukan dengan menambahkan fitur interaktif yang lebih beragam serta memperluas cakupan materi sesuai perkembangan teknologi sensor dan kontrol elektronik otomotif.

DAFTAR PUSTAKA

Aljuiswan, F., Darvina, Y., Ratnawulan, R., & Riyasni, S. (2026). Validasi E-LKPD Berbasis Problem Based Learning Menggunakan FlipBook pada Materi Vektor Fase F di SMAN 13 Padang. *Jurnal Pendidikan Tambusai, 10*(1), 9478–9485. https://doi.org/10.31004/jptam.v10i1.38042

Ayuningsih, N. P. M. (2020). Validitas Isi Media Pembelajaran Interaktif Berorientasi Model Problem Based Learning dan Pendidikan Karakter. *Jurnal Mathematic Paedagogic, 5*(1), 54–61. https://doi.org/10.36294/jmp.v5i1.1398

Azzahra, N. T., Ali, S. N. L., & Bakar, M. Y. A. (2025). Teori Konstruktivisme dalam Dunia Pembelajaran. *Jurnal Ilmiah Research Student, 2*(2), 64–75. https://ejurnal.kampusakademik.co.id/index.php/jirs/article/view/4762

Basri, I. Y., Giatman, M., Mukhaiyar, R., Taali, T., Samala, A. D., & Dewi, I. P. (2025). Digital education transformation: Overcoming existing e-learning platform limitations with smart learning solutions. *TEM Journal, 14*(2), 1657–1669. https://doi.org/10.18421/TEM142-63

Cahyani, A. D., Fadmarani, A. U., Zuhriyanti, A., Arifianto, N. N., & Hati, R. P. (2025). Pengembangan Angket Respon Mahasiswa terhadap Penggunaan Media Video pada Pembelajaran IPA Materi Zat Aditif pada Makanan. *Jurnal Ilmiah WUNY, 7*(1), 120–129. https://doi.org/10.21831/jwuny.v7i1.69787

Fadhillah, I. N., & Lufri. (2023). Meta-Analisis Validitas Media Booklet pada Pembelajaran Biologi SMA/MA. *Journal on Teacher Education, 4*(4), 493–502. https://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/jote/article/view/14953

Ibrahim, N. W., Hikmah, N., Lengam, R., Karimah, S., Ansor, F., & Manoppo, Y. (2024). Efektivitas Penggunaan Media Pembelajaran Berbasis Teknologi dalam Meningkatkan Motivasi dan Hasil Belajar Mahasiswa di Perguruan Tinggi. *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran, 7*(4), 15050–15054. https://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/jrpp/article/view/36312

Indaryanti, R. B., Harsono, H., Sutama, S., Murtiyasa, B., & Soemardjoko, B. (2025). 4D research and development model: Trends, challenges, and opportunities review. *Jurnal Kajian Ilmiah, 25*(1), 91–98. https://doi.org/10.31599/na7deq07

Lestari, N. (2018). Prosedural Mengadopsi Model 4D dari Thiagarajan: Suatu Studi Pengembangan LKM Bioteknologi Menggunakan Model PBL bagi Mahasiswa. *Jurnal Ilmiah Teknologi FST Undana, 12*(2), 56–65. https://ejurnal.undana.ac.id/index.php/jurnal_teknologi/article/view/1170

Lestari, T., & Yerimadesi. (2024). Validitas dan Praktikalitas E-Modul Interaktif Berbasis Guided Discovery Learning pada Materi Sistem Periodik Unsur untuk Fase E SMA. *Science: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA, 4*(4), 420–431. https://doi.org/10.51878/science.v4i4.3491

Mahmuzah, R., Zahara, Y., Ningtiyas, F. A., Sinaga, N. A., Saragih, N. J., & Aufa, Z. Y. (2024). Analisis Validitas Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Android Terintegrasi Smart Apps Creator Bermuatan Literasi Numerasi. *Jurnal Serambi Ilmu: Journal of Scientific Information and Educational Creativity, 25*(2), 322–343. https://doi.org/10.32672/jsi.v25i2.2244

Maudina, A. V., & Zuhrie, M. S. (2020). Analisis Validitas Pengembangan Media Pembelajaran Mobile Application pada Mata Pelajaran Sistem Komputer Kelas X SMK. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro, 9*(2), 595–604. https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-pendidikan-teknik-elektro/article/view/34070

Mayer, R. E. (2020). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781316941355

Nareswari, A. A., Felisa, D. I., & Dewanti, S. S. (2024). Analisis Kelayakan Video pada Materi Trigonometri sebagai Media Pembelajaran. *Prismatika: Jurnal Pendidikan dan Riset Matematika, 6*(2), 383–396. https://doi.org/10.33503/prismatika.v6i2.3944

Nirmala, P. O., & Ratnawati, N. (2024). Development of social studies evaluation media based on minimum competency assessment "MELUAS" questions for students at

SMPN 1 Besuki. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan, 11*(1), 80–93. https://doi.org/10.21831/jitp.v11i1.64981

Romadloni, M. R., & Cahyaka, H. W. (2021). Studi Literatur: Meta-Analisis Pengaruh Media Pembelajaran terhadap Hasil Belajar Mekanika Teknik Siswa SMK. *Jurnal Kajian Pendidikan Teknik Bangunan, 7*(1). https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-kajian-ptb/article/view/38582

Samala, A. D., Irfan, D., Simatupang, W., & Muskhir, M. (2022). Interactive electronic book (e-book): Algoritma dan pemrograman dasar. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional), 8*(1), 37. https://doi.org/10.24036/jtev.v8i1.114365

Sari, R. E., & Pratiwi, R. (2023). Validitas Pengembangan Media Pembelajaran Tematik Menggunakan Aplikasi Macromedia Authorware 7.0 untuk Siswa Kelas 1 SD. *Jurnal Bunga Rampai Usia Emas, 9*(2), 322–336. https://doi.org/10.24114/jbrue.v9i2.52779

Setyawan, A., & Faqih, F. I. (2023). Pengembangan E-Book Interaktif Materi Kesastraan Berkearifan Lokal Pulau Mandangin Berbasis Aplikasi Flip PDF Professional. *Didaktis: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Pengetahuan, 23*(1), 114–127. https://doi.org/10.30651/didaktis.v23i1.16910

Sihombing, B., Zamsiswaya, & Sawaluddin. (2024). Model Pengembangan 4D (Define, Design, Develop, dan Disseminate) dalam Pembelajaran Pendidikan Islam. *Journal of Islamic Education El Madani, 4*(1), 11–19. https://doi.org/10.55438/jiee.v4i1.135

Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook*. Center for Innovation in Teaching the Handicapped, Indiana University.