



EDUTECH

Jurnal Teknologi Pendidikan

Journal homepage <https://ejournal.upi.edu/index.php/edutech>



Pengembangan E-Modul Metrologi Dasar Berbasis Deep Learning Untuk Mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin: Studi Validitas Dan Kepraktisan

Nopriyanti*, Mochamad Amri Santosa, & Elfahmi Dwi Kurniawan
Universitas Sriwijaya, Indonesia

*Correspondence: nopriyanti@fkip.unsri.ac.id

ABSTRACT	ARTICLE INFO
<p>This study aimed to develop a Deep Learning-based Basic Metrology e-module for students of the Mechanical Engineering Education Study Program and to evaluate its validity and practicality. The study employed a Research and Development (R&D) approach using the ADDIE model, which consists of the stages of Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation. Product validation was conducted by one subject-matter expert and one media expert, while the practicality test involved three students in an individual trial and ten students in a small-group trial. Data were collected using validation and student response questionnaires and analyzed descriptively using quantitative methods. The results showed that the e-module achieved an average score of 4.63 (88.24%) from the subject-matter expert and 4.70 (94.29%) from the media expert, both categorized as highly valid. The practicality test yielded a score of 93.33%, indicating that the e-module was highly practical, easy to use, engaging, and effective in supporting independent learning. Therefore, the Deep Learning-based Basic Metrology e-module is considered valid and practical, making it suitable as a learning resource to support the teaching and learning process in the Mechanical Engineering Education Study Program.</p>	<p>Article History: <i>Submitted/Received 12 April 2025</i> <i>First Revised 26 Mei 2026</i> <i>Accepted 15 June 2026</i> <i>First Available online 29 June 2026</i> <i>Publication Date 29 June 2026</i></p>
<p>ABSTRAK</p> <p>Penelitian ini bertujuan mengembangkan e-modul Metrologi Dasar berbasis Deep Learning bagi mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mesin serta menguji tingkat validitas dan kepraktisannya. Penelitian menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model ADDIE yang meliputi tahap analysis, design, development, implementation, dan evaluation.</p>	<p>Keyword: Basic Metrology, Deep Learning, e-module, validity, practicality.</p>

Validasi produk dilakukan oleh satu ahli materi dan satu ahli media, sedangkan uji kepraktisan melibatkan tiga mahasiswa pada uji coba individu dan sepuluh mahasiswa pada uji coba kelompok kecil. Data dikumpulkan menggunakan angket validasi dan angket respons mahasiswa, kemudian dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-modul memperoleh skor rata-rata validasi ahli materi sebesar 4,63 (88,24%) dan ahli media sebesar 4,70 (94,29%), yang keduanya termasuk kategori sangat valid. Uji kepraktisan memperoleh persentase sebesar 93,33% dengan kategori sangat praktis, menunjukkan bahwa e-modul mudah digunakan, menarik, dan mendukung pembelajaran mandiri. Dengan demikian, e-modul Metrologi Dasar berbasis Deep Learning dinyatakan valid dan praktis sehingga layak digunakan sebagai bahan ajar untuk mendukung pembelajaran pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin.

© 2025 Teknologi Pendidikan UPI

1. PENDAHULUAN

Transformasi digital telah membawa perubahan yang signifikan terhadap sistem pendidikan, khususnya pada pendidikan tinggi vokasi. Pembelajaran tidak lagi berorientasi pada penyampaian materi oleh dosen (*teacher-centered learning*), tetapi beralih menuju pembelajaran yang berpusat pada mahasiswa (*student-centered learning*) yang menekankan keterlibatan aktif, kemandirian belajar, kemampuan berpikir tingkat tinggi, serta pemanfaatan teknologi digital dalam proses pembelajaran (Akmal et al., 2025; Aliyah et al., 2025). Pergeseran paradigma tersebut sejalan dengan implementasi Kurikulum Merdeka yang mendorong terciptanya pembelajaran bermakna (*meaningful learning*) melalui pengembangan kompetensi abad ke-21 yang meliputi kemampuan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, dan kolaborasi (Kemendikbud, 2021; Trilling & Fadel, 2018).

Salah satu pendekatan yang mulai banyak diterapkan untuk mendukung pembelajaran bermakna adalah *Deep Learning*. Dalam konteks pendidikan, *Deep Learning* tidak hanya dimaknai sebagai pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan, tetapi juga sebagai pendekatan pembelajaran yang mendorong mahasiswa memahami konsep secara mendalam, menghubungkan pengetahuan dengan pengalaman nyata, melakukan refleksi, serta mampu menyelesaikan permasalahan secara kontekstual (Fullan & Langworthy, 2019; Aulia et al., 2025). Pendekatan ini diyakini mampu meningkatkan kualitas proses belajar karena mahasiswa tidak hanya menghafal konsep, tetapi juga membangun pemahaman konseptual yang lebih komprehensif melalui aktivitas eksploratif, kolaboratif, dan reflektif (Maharani et al., 2025; Diputera et al., 2024). Selain itu, penerapan *Deep Learning* juga didukung oleh suasana pembelajaran yang menyenangkan (*joyful learning*) sehingga mampu meningkatkan motivasi belajar mahasiswa (Khotimah & Abdan, 2025).

Pemanfaatan teknologi digital dalam pembelajaran telah melahirkan berbagai inovasi media pembelajaran, salah satunya adalah **e-modul**. E-modul merupakan bahan ajar elektronik yang mengintegrasikan materi, ilustrasi, video, latihan, dan evaluasi secara interaktif sehingga memungkinkan mahasiswa belajar secara mandiri kapan saja dan di mana saja (Miftakhurrohmah & Rahmiati, 2024; Susan et al., 2025). Dibandingkan dengan modul cetak, e-modul memiliki keunggulan dalam meningkatkan fleksibilitas belajar, interaktivitas, serta kemandirian mahasiswa (Untari & Khoirunnisa, 2025). Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa penggunaan e-modul mampu meningkatkan hasil belajar, motivasi belajar, dan keterlibatan peserta didik dalam proses pembelajaran (Antari et al., 2023; Fujiarti et al., 2024). Oleh karena itu, pengembangan e-modul menjadi salah satu strategi yang relevan dalam mendukung transformasi pembelajaran di pendidikan tinggi.

Pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, mata kuliah Metrologi Dasar merupakan mata kuliah dasar yang memiliki peranan penting dalam membekali mahasiswa mengenai konsep pengukuran teknik, penggunaan alat ukur presisi, kalibrasi, ketidakpastian pengukuran, serta pengendalian kualitas dalam proses manufaktur (Badan Standardisasi Nasional, 2024; Eureka, 2024; Putra, 2024). Penguasaan kompetensi tersebut menjadi dasar bagi mahasiswa sebelum mempelajari mata kuliah lanjutan, seperti Metrologi Industri maupun proses manufaktur. Oleh sebab itu, pembelajaran Metrologi Dasar tidak hanya menuntut penguasaan teori, tetapi juga kemampuan menganalisis hasil pengukuran, menginterpretasikan data, dan menyelesaikan permasalahan pengukuran secara sistematis (Pratama, 2024).

Berdasarkan hasil observasi dan analisis kebutuhan pada penelitian ini, proses pembelajaran Metrologi Dasar masih menghadapi berbagai kendala. Pembelajaran masih

didominasi metode ceramah dan demonstrasi sehingga mahasiswa belum memperoleh pengalaman belajar yang aktif dan variatif. Selain itu, dosen maupun mahasiswa mengalami kesulitan memperoleh bahan ajar yang sesuai dengan karakteristik mata kuliah. Penggunaan media pembelajaran yang masih terbatas menyebabkan mahasiswa mengalami kesulitan memahami materi secara mandiri, padahal penguasaan materi Metrologi Dasar menjadi prasyarat untuk mengikuti mata kuliah lanjutan. Kondisi tersebut berdampak pada rendahnya motivasi belajar mahasiswa serta belum optimalnya proses pembelajaran. Temuan ini diperoleh dari hasil observasi dan wawancara yang dilakukan pada tahap analisis kebutuhan penelitian.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan e-modul pada bidang pendidikan teknik. Wibawa et al. (2021) mengembangkan modul digital interaktif pada mata kuliah Metrologi Dasar, sedangkan Prasetyo et al. (2022) mengembangkan e-modul berbasis *Learning Management System* pada mata kuliah Gambar Teknik. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa e-learning dan e-modul berkontribusi terhadap peningkatan *soft skills* mahasiswa teknik (Prasetyo & Susilo, 2022). Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut belum mengintegrasikan pendekatan *Deep Learning* dalam pengembangan e-modul sehingga aktivitas belajar masih berorientasi pada penyampaian materi dan latihan konvensional. Di sisi lain, penelitian mengenai pengembangan e-modul Metrologi Dasar berbasis *Deep Learning* pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin masih sangat terbatas (Wibowo & Suryadi, 2021).

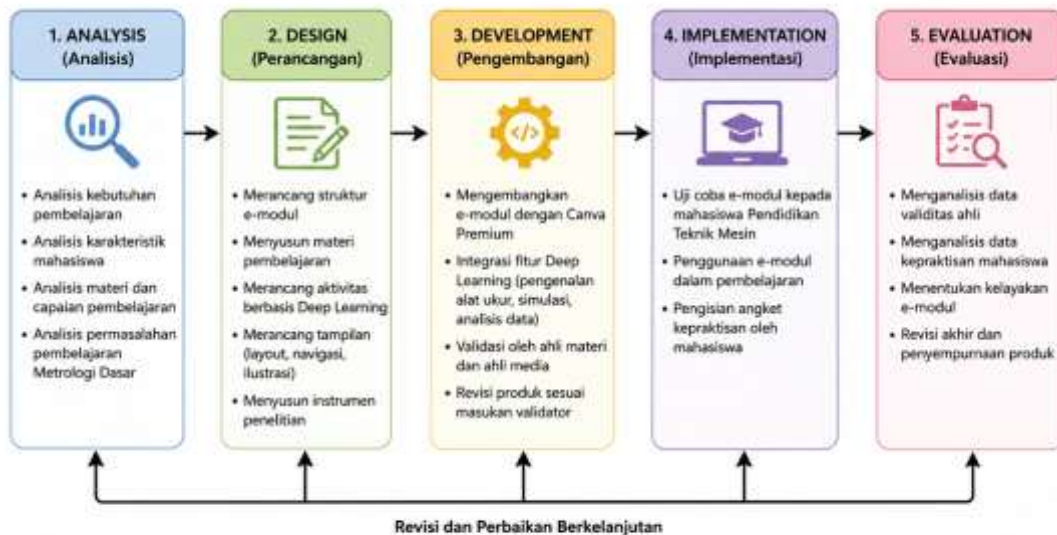
Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan pengembangan bahan ajar digital yang mampu mendukung pembelajaran secara lebih interaktif, fleksibel, dan bermakna. Penelitian ini mengembangkan e-modul Metrologi Dasar berbasis *Deep Learning* menggunakan model pengembangan ADDIE yang terdiri atas tahap *Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation* (Branch, 2020; Kurniawan & Widiyatmoko, 2022; Sugiyono, 2021). E-modul yang dikembangkan memuat materi, ilustrasi, latihan, evaluasi, serta aktivitas pembelajaran yang dirancang untuk mendorong mahasiswa membangun pemahaman konseptual secara mandiri melalui proses berpikir mendalam.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) yang bertujuan mengembangkan e-modul Metrologi Dasar berbasis *Deep Learning* bagi mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mesin serta menguji tingkat validitas dan kepraktisan produk yang dihasilkan. Model pengembangan yang digunakan adalah ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation*) yang dikembangkan oleh Branch (2020). Model ADDIE dipilih karena memiliki tahapan yang sistematis, fleksibel, dan sesuai untuk pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi sehingga mampu menghasilkan produk yang sesuai dengan kebutuhan pengguna (Branch, 2020; Kurniawan & Widiyatmoko, 2022).

Penelitian dilaksanakan di Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sriwijaya pada bulan Oktober hingga Desember 2025. Subjek penelitian terdiri atas validator ahli dan mahasiswa sebagai pengguna produk. Validator meliputi satu orang ahli materi yang memiliki kompetensi pada bidang Metrologi Dasar dan satu orang ahli media yang memiliki keahlian dalam pengembangan media pembelajaran digital. Sementara itu, subjek uji kepraktisan adalah mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mesin yang telah menempuh mata kuliah Metrologi Dasar.

Pengembangan e-modul dilaksanakan melalui lima tahapan sesuai model ADDIE, yaitu *analysis, design, development, implementation, dan evaluation*.



Gambar 1. Diagram alur model ADDIE pada pengembangan e-modul Metrologi Dasar berbasis *Deep Learning*.

Sumber: Diadaptasi dari Branch, R. M. (2020). *Instructional Design: The ADDIE Approach* (2nd ed.). Springer.

Tahap analisis dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan pengembangan e-modul berdasarkan kondisi pembelajaran Metrologi Dasar. Analisis dilakukan melalui observasi proses pembelajaran, wawancara dengan dosen pengampu mata kuliah, serta studi literatur yang berkaitan dengan pembelajaran digital, e-modul, dan pendekatan *Deep Learning*. Analisis difokuskan pada karakteristik mahasiswa, capaian pembelajaran mata kuliah, ketersediaan bahan ajar, metode pembelajaran yang digunakan, serta kendala yang dihadapi selama proses pembelajaran.

Tahap perancangan bertujuan menyusun rancangan awal e-modul berdasarkan hasil analisis kebutuhan. Pada tahap ini dilakukan penyusunan struktur isi e-modul yang meliputi capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, materi, contoh soal, latihan, evaluasi, gambar ilustrasi, serta aktivitas pembelajaran berbasis *Deep Learning*. Penyusunan materi mengacu pada Rencana Pembelajaran Semester (RPS) mata kuliah Metrologi Dasar. Selain merancang isi e-modul, pada tahap ini juga disusun desain antarmuka (*user interface*), navigasi, tata letak (*layout*), kombinasi warna, tipografi, serta ilustrasi yang bertujuan meningkatkan keterbacaan dan kemudahan penggunaan. Instrumen penelitian berupa lembar validasi ahli materi, lembar validasi ahli media, dan angket respons mahasiswa juga disusun pada tahap ini berdasarkan indikator kualitas media pembelajaran.

Tahap pengembangan merupakan proses pembuatan produk sesuai rancangan yang telah disusun. E-modul dikembangkan menggunakan **Canva Premium** sebagai perangkat lunak utama untuk menghasilkan bahan ajar digital yang memuat teks, gambar, ilustrasi, ikon, latihan, dan evaluasi secara sistematis. Produk awal yang telah selesai dikembangkan selanjutnya divalidasi oleh ahli materi dan ahli media. Validasi ahli materi dilakukan untuk menilai aspek pembelajaran, kelayakan isi, penyajian materi, penggunaan bahasa, dan evaluasi pembelajaran. Sementara itu, validasi ahli media difokuskan pada aspek desain tampilan, ilustrasi, tipografi, tata letak, konsistensi navigasi, serta kemudahan penggunaan e-modul. Setiap validator memberikan penilaian menggunakan instrumen skala Likert lima tingkat serta memberikan saran perbaikan terhadap produk. Masukan dari validator digunakan sebagai dasar untuk melakukan revisi sehingga diperoleh e-modul yang memenuhi kriteria kelayakan sebelum diimplementasikan kepada mahasiswa.

Tahap implementasi dilakukan melalui uji coba terbatas kepada mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mesin yang telah mempelajari mata kuliah Metrologi Dasar. Pada tahap ini mahasiswa menggunakan e-modul sebagai bahan ajar selama proses pembelajaran, kemudian diminta memberikan penilaian terhadap kualitas produk melalui angket kepraktisan. Penilaian kepraktisan meliputi kemudahan penggunaan, kejelasan penyajian materi, kualitas tampilan, keterbacaan, interaktivitas, serta manfaat e-modul dalam membantu mahasiswa memahami materi Metrologi Dasar. Hasil uji coba digunakan untuk mengetahui tingkat penerimaan pengguna terhadap e-modul yang dikembangkan.

Evaluasi dilakukan secara formatif pada setiap tahapan pengembangan. Evaluasi bertujuan untuk mengetahui kualitas produk berdasarkan hasil validasi ahli dan uji kepraktisan mahasiswa. Apabila masih ditemukan kekurangan pada isi materi maupun tampilan media, dilakukan revisi hingga diperoleh produk akhir yang layak digunakan sebagai bahan ajar pada mata kuliah Metrologi Dasar.

Instrumen penelitian terdiri atas tiga jenis, yaitu lembar validasi ahli materi, lembar validasi ahli media, dan angket respons mahasiswa. Lembar validasi ahli materi digunakan untuk menilai kualitas isi e-modul yang meliputi aspek pembelajaran, pendahuluan, isi materi, bahasa, dan evaluasi pembelajaran. Lembar validasi ahli media digunakan untuk menilai aspek desain, ilustrasi, tipografi, tata letak (*layout*), keterbacaan, serta kualitas visual e-modul. Adapun angket respons mahasiswa digunakan untuk memperoleh informasi mengenai tingkat kepraktisan e-modul berdasarkan pengalaman pengguna selama proses pembelajaran. Seluruh instrumen menggunakan skala Likert lima tingkat dengan kategori skor 1 sampai 5, yaitu sangat kurang, kurang, cukup, baik, dan sangat baik.

Data hasil validasi ahli dan uji kepraktisan dianalisis menggunakan teknik analisis deskriptif kuantitatif. Skor yang diperoleh dari setiap indikator dihitung untuk memperoleh nilai rata-rata. Selanjutnya, nilai rata-rata dikonversi ke dalam kategori kualitas berdasarkan kriteria penilaian lima skala yang dikemukakan oleh Daryanto (2013), yaitu Sangat Baik, Baik, Cukup, Kurang, dan Sangat Kurang. Produk dinyatakan layak apabila memperoleh kategori minimal Baik, sedangkan produk dengan kategori Sangat Baik dinyatakan sangat layak untuk digunakan sebagai media pembelajaran. Hasil analisis data digunakan sebagai dasar untuk menentukan tingkat validitas dan kepraktisan e-modul Metrologi Dasar berbasis Deep Learning yang dikembangkan.

Tabel 1. Ke-kuil Instrumen Validasi Ahli Materi

No.	Aspek	Indikator	Jumlah Butir
1	Pembelajaran	<ul style="list-style-type: none"> Kesesuaian capaian pembelajaran dengan materi Kesesuaian tujuan pembelajaran dengan materi Kajelasan tujuan pembelajaran Kesesuaian penyajian materi dengan tujuan pembelajaran 	6
2	Isi Materi	<ul style="list-style-type: none"> Ketepatan konsep Kelengkapan materi Kelengkapan materi Keterkaitan materi Kesesuaian materi dengan kebutuhan mahasiswa 	10
3	Penyajian	<ul style="list-style-type: none"> Sistematis penyajian materi Kelengkapan materi Kajelasan materi Letih tool mendukung pemahaman 	6
4	Bahasa	<ul style="list-style-type: none"> Kajelasan bahasa yang digunakan Keterbacaan bahasa Penggunaan istilah sesuai bidang Ketepatan sajian dan tanda baca 	6
5	Soal-soal	<ul style="list-style-type: none"> Kesesuaian soal dengan tujuan pembelajaran Tingkat kesulitan soal Kajelasan petunjuk pengerjaan soal Kesesuaian jumlah soal 	4
Total Butir			32

Tabel 2. Ke-kuil Instrumen Validasi Ahli Media

No.	Aspek	Indikator	Jumlah Butir
1	Dasar Sampai	<ul style="list-style-type: none"> Desain sangat menarik Konsistensi tampilan Kompresi warna sesuai Ulucur halaman sesuai 	3
2	Tipografi	<ul style="list-style-type: none"> Jenis huruf sesuai Ulucur huruf sesuai Penggunaan spasi sesuai Keterbacaan teks 	5
3	Ilustrasi	<ul style="list-style-type: none"> Kesesuaian gambar dengan materi Kualitas gambar/ilustrasi Kombinasi warna menarik Ilustrasi membantu memahami materi 	5
4	Layout	<ul style="list-style-type: none"> Tata letak teks dan gambar seimbang Navigasi jelas dan konsisten Kemudahan berpindah halaman Keterbacaan kesempatan elemen 	4
5	Interaktivitas	<ul style="list-style-type: none"> Kemudahan akses e-modul Fungsi tombol/ikon belajar baik Kemudahan penggunaan e-modul E-modul responsif di berbagai perangkat 	3
Total Butir			22

Tabel 3. Ke-kuil Instrumen Uji Kepraktisan Mahasiswa

No.	Aspek	Indikator	Jumlah Butir
1	Kemudahan Penggunaan	<ul style="list-style-type: none"> E-modul mudah dilucur Mudah mengoperasikan e-modul Navigasi mudah dilucur Instalasi penggunaan jelas 	4
2	Pengujian Materi	<ul style="list-style-type: none"> Materi disajikan secara sistematis Materi mudah dilucur Cukup membantu memahami konsep Letih soal sesuai materi 	4
3	Tampilan	<ul style="list-style-type: none"> Desain menarik dan profesional Kombinasi warna nyaman dilucur Gambar/ilustrasi mendukung pemahaman Sampai e-modul konsisten 	4
4	Bahasa	<ul style="list-style-type: none"> Bahasa komunikatif Kalimat mudah dilucur Istilah sesuai bidang Keterbacaan teks baik 	4
5	Mandiri	<ul style="list-style-type: none"> Membantu belajar mandiri Meningkatkan motivasi belajar Membantu memahami materi Metrologi Dasar E-modul bermanfaat dalam pembelajaran 	4
Total Butir			20

Tabel 4. Skala Penilaian (Skala Likert)

Skor	Kategori	Keterangan
5	Sangat Baik	Sangat sesuai / sangat jelas / sangat mudah / sangat menarik
4	Baik	Sesuai / jelas / mudah / menarik
3	Cukup	Cukup sesuai / cukup jelas / cukup mudah / cukup menarik
2	Kurang	Kurang sesuai / kurang jelas / kurang mudah / kurang menarik
1	Sangat Kurang	Tidak sesuai / tidak jelas / tidak mudah / tidak menarik

Tabel 5. Kriteria Interpretasi Hasil Penelitian

Rentang Nilai Rata-rata (X̄)	Kategori	Interpretasi
4,21 - 5,00	Sangat Baik	Sangat valid / sangat praktis, dapat digunakan tanpa revisi
3,61 - 4,20	Baik	Valid / praktis, dapat digunakan dengan revisi kecil
2,60 - 3,60	Cukup	Cukup valid / cukup praktis, perlu revisi
1,65 - 2,60	Kurang	Kurang valid / kurang praktis, perlu revisi besar
1,00 - 1,60	Sangat Kurang	Tidak valid / tidak praktis, tidak dapat digunakan

Sumber: Diadaptasi dari Daryanto (2013), Pengembangan Perangkat Pembelajaran. Yogyakarta: Graha Media.

Gambar 2. Instrumen Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil Penelitian

Sebagaimana prosedur penelitian yang telah dikemukakan, penelitian dan pengembangan ini terdiri dari 5 (lima) langkah utama, yaitu: analisis, desain produk, pengembangan produk, implementasi produk dan evaluasi produk.

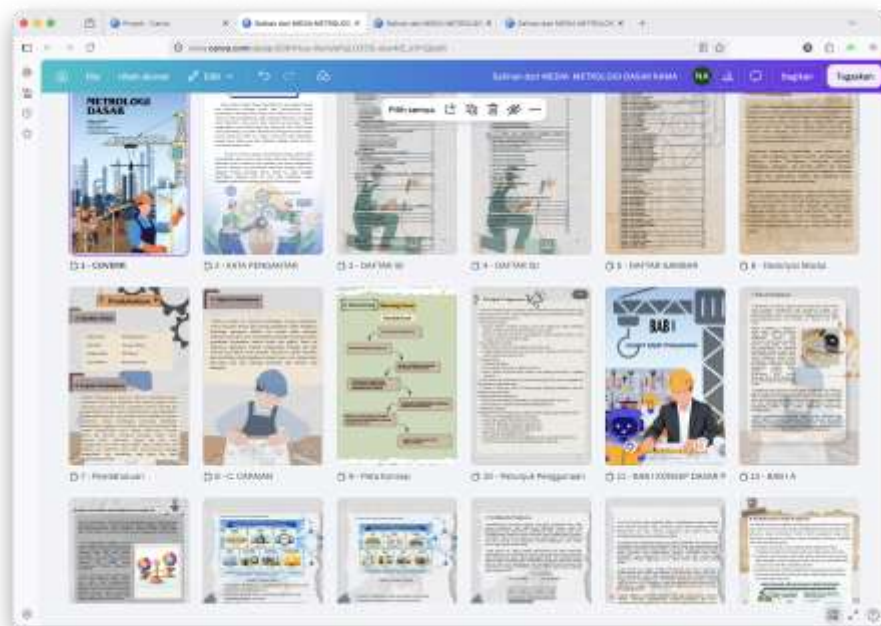
Tahap analisis merupakan langkah awal dalam pengembangan e-modul Metrologi Dasar berbasis *Deep Learning*. Analisis dilakukan melalui observasi proses pembelajaran dan wawancara dengan dosen serta mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mesin. Hasil analisis menunjukkan bahwa proses pembelajaran masih didominasi metode ceramah, demonstrasi, dan diskusi dengan pemanfaatan media yang terbatas pada buku ajar dan papan tulis. Kondisi tersebut menyebabkan motivasi belajar mahasiswa relatif rendah, penyampaian materi kurang optimal, serta dosen dan mahasiswa mengalami kesulitan memperoleh bahan ajar yang sesuai dengan karakteristik mata kuliah.

Analisis kebutuhan juga menunjukkan bahwa mahasiswa menginginkan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan bervariasi. Penyampaian materi melalui demonstrasi dinilai berlangsung terlalu cepat, sementara penggunaan media pembelajaran digital masih belum mampu mendukung pemahaman konsep secara optimal. Mahasiswa juga menyatakan kesulitan memahami materi Metrologi Dasar yang menjadi prasyarat untuk mengikuti mata kuliah Metrologi Industri. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan e-modul berbasis *Deep Learning* yang menarik, interaktif, dan mampu mendukung pembelajaran mandiri serta meningkatkan efektivitas proses pembelajaran.

Pada tahap desain, dilakukan penyusunan *flowchart* dan *storyboard* sebagai acuan dalam pengembangan e-modul Metrologi Dasar berbasis *Deep Learning*. *Flowchart* digunakan untuk menggambarkan alur penyajian materi, sedangkan *storyboard* berfungsi sebagai rancangan tampilan dan urutan konten pembelajaran agar proses pengembangan berlangsung secara sistematis.

E-modul yang dikembangkan terdiri atas enam bagian utama. Materi diawali dengan konsep dasar metrologi, meliputi pengertian, ruang lingkup, tujuan pengukuran, kesalahan pengukuran, ketidakpastian, dan sistem satuan internasional (SI). Selanjutnya disajikan materi mengenai berbagai alat ukur, prinsip penggunaan, kalibrasi, ketelitian dan presisi, metode pengukuran, toleransi geometrik (GD&T), serta teknik pengolahan data hasil pengukuran. Pada bagian akhir disediakan latihan dan evaluasi komprehensif yang dirancang untuk mengukur pemahaman mahasiswa terhadap seluruh materi. Setiap bagian dilengkapi rangkuman, contoh penerapan, serta soal evaluasi sehingga mampu mendukung pembelajaran yang sistematis, interaktif, dan berorientasi pada penguatan pemahaman konseptual mahasiswa.

Tahap pengembangan menghasilkan e-modul Metrologi Dasar berbasis *Deep Learning* yang selanjutnya dievaluasi melalui *self-evaluation*, *peer review*, dan validasi ahli. *Self-evaluation* dilakukan untuk memastikan kesesuaian isi, kelengkapan komponen, dan sistematika penyajian e-modul. Selanjutnya, *peer review* dilakukan oleh rekan sejawat untuk memperoleh masukan awal terkait kualitas produk sebelum divalidasi oleh para ahli. Hasil evaluasi pada tahap ini digunakan sebagai dasar penyempurnaan e-modul sehingga layak memasuki tahap validasi. Secara garis besar produk bahan ajar metrologi dasar berbasis deep learning hasil pengembangan pada tahap ini sebagai berikut:



Gambar 3. Produk Hasil Pengembangan

Validasi produk melibatkan satu ahli materi dan satu ahli media dari Program Studi Pendidikan Teknik Mesin FKIP Universitas Sriwijaya. Ahli materi bertugas menilai kesesuaian isi e-modul berdasarkan aspek kompetensi, pendahuluan, materi, bahasa, dan evaluasi, sedangkan ahli media mengevaluasi aspek desain, tata letak, tipografi, ilustrasi, dan kualitas tampilan. Masukan dari kedua validator digunakan sebagai dasar revisi hingga produk dinyatakan layak untuk diujicobakan kepada mahasiswa.

Setelah dinyatakan valid, e-modul diimplementasikan kepada mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mesin FKIP Universitas Sriwijaya untuk menguji aspek kepraktisan. Uji coba dilakukan secara bertahap, yaitu **uji coba individu** yang melibatkan tiga mahasiswa dan **uji coba kelompok kecil** yang melibatkan sepuluh

mahasiswa. Pada kedua tahap tersebut, mahasiswa diminta mempelajari e-modul dan selanjutnya memberikan penilaian melalui angket yang mencakup aspek materi dan media.

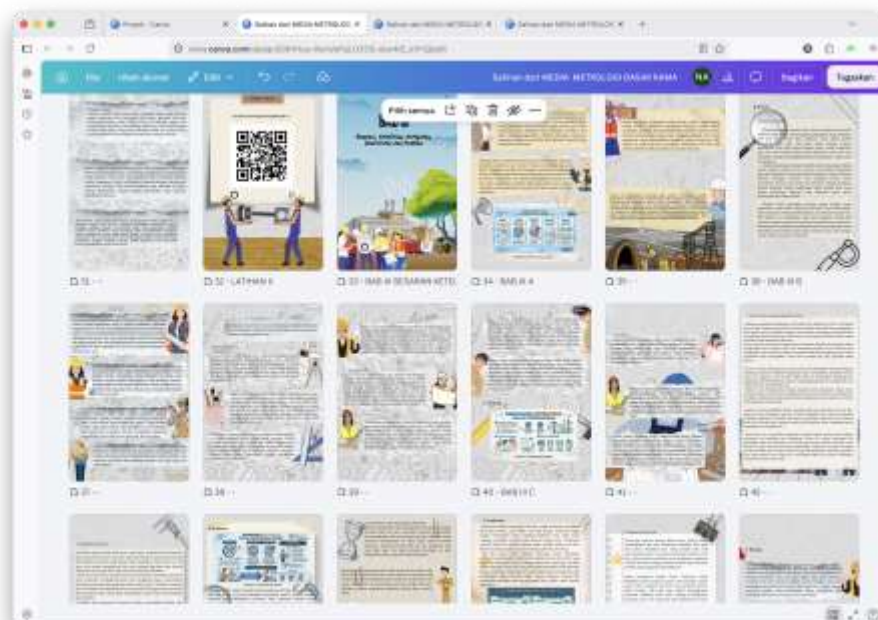
Hasil implementasi menunjukkan bahwa mahasiswa memberikan respons positif terhadap penggunaan e-modul. Mahasiswa menilai bahwa materi disajikan secara sistematis, mudah dipahami, memiliki tampilan yang menarik, serta membantu proses belajar secara mandiri. Temuan ini menunjukkan bahwa e-modul Metrologi Dasar berbasis *Deep Learning* memiliki tingkat kepraktisan yang tinggi dan layak digunakan sebagai salah satu bahan ajar dalam proses pembelajaran pada mata kuliah Metrologi Dasar.

Tahap evaluasi merupakan tahap akhir dalam model ADDIE yang bertujuan untuk memastikan bahwa e-modul yang dikembangkan telah memenuhi kriteria kelayakan sebelum digunakan dalam proses pembelajaran. Evaluasi pada penelitian ini dilakukan secara **formatif**, yaitu melalui proses revisi yang berkesinambungan berdasarkan masukan dari validator ahli materi, ahli media, dan hasil uji kepraktisan mahasiswa. Pendekatan ini sesuai dengan model ADDIE yang dikemukakan oleh Branch (2020), yang menekankan bahwa evaluasi dilakukan pada setiap tahapan pengembangan untuk menjamin kualitas produk yang dihasilkan.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa secara umum e-modul telah memenuhi kriteria **sangat valid** berdasarkan penilaian ahli materi dengan persentase sebesar **88,24%** dan ahli media sebesar **94,29%**. Meskipun demikian, validator memberikan beberapa rekomendasi perbaikan, antara lain penyempurnaan redaksi pada beberapa bagian materi, penyesuaian penggunaan istilah teknis agar lebih konsisten, perbaikan tata letak (*layout*), penyesuaian kombinasi warna pada beberapa halaman, serta peningkatan kualitas beberapa ilustrasi agar lebih jelas dan komunikatif. Seluruh masukan tersebut diakomodasi melalui proses revisi sehingga menghasilkan e-modul yang lebih sistematis, menarik, dan mudah dipahami oleh mahasiswa.

Setelah proses revisi selesai, e-modul diimplementasikan melalui uji kepraktisan kepada mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mesin. Hasil uji kepraktisan menunjukkan persentase sebesar **93,33%** dengan kategori **Sangat Praktis**, yang mengindikasikan bahwa e-modul mudah digunakan, memiliki tampilan yang menarik, materi mudah dipahami, serta membantu mahasiswa belajar secara mandiri. Temuan tersebut menunjukkan bahwa revisi yang dilakukan pada tahap evaluasi berhasil meningkatkan kualitas produk sehingga e-modul memenuhi aspek validitas dan kepraktisan sebagai media pembelajaran.

Secara keseluruhan, tahap evaluasi menghasilkan produk akhir berupa e-modul Metrologi Dasar berbasis *Deep Learning* yang telah melalui proses validasi, revisi, dan uji kepraktisan. Dengan demikian, e-modul yang dikembangkan dinyatakan layak digunakan sebagai salah satu media pembelajaran pada mata kuliah Metrologi Dasar di Program Studi Pendidikan Teknik Mesin.



Gambar 4. Produk Akhir

b. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-modul Metrologi Dasar berbasis *Deep Learning* yang dikembangkan memiliki tingkat validitas yang sangat tinggi berdasarkan penilaian ahli materi maupun ahli media. Validitas materi sebesar **88,24%** menunjukkan bahwa isi e-modul telah memenuhi aspek kesesuaian kompetensi, kelengkapan materi, sistematika penyajian, penggunaan bahasa, dan evaluasi pembelajaran. Sementara itu, validitas media sebesar **94,29%** mengindikasikan bahwa e-modul memiliki kualitas visual yang baik, tata letak yang sistematis, tipografi yang mudah dibaca, serta ilustrasi yang mendukung penyampaian materi. Temuan tersebut menunjukkan bahwa proses pengembangan menggunakan model ADDIE mampu menghasilkan produk pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan pengguna karena setiap tahapan pengembangan dilakukan secara sistematis mulai dari analisis kebutuhan hingga evaluasi produk (Branch, 2020; Kurniawan & Widiyatmoko, 2022).

Tingginya tingkat validitas e-modul menunjukkan bahwa proses analisis kebutuhan yang dilakukan pada tahap awal pengembangan berkontribusi terhadap kualitas produk yang dihasilkan. Pada tahap analisis, pengembang mengidentifikasi karakteristik mahasiswa, capaian pembelajaran, serta kendala yang dihadapi dalam pembelajaran Metrologi Dasar sehingga materi, aktivitas pembelajaran, dan evaluasi dapat disusun sesuai dengan kebutuhan pengguna. Pendekatan ini sejalan dengan pendapat Branch (2020) yang menyatakan bahwa keberhasilan pengembangan media pembelajaran sangat ditentukan oleh ketepatan analisis kebutuhan sebelum produk dikembangkan. Selain itu, Setiawan dan Prayitno (2022) juga menjelaskan bahwa analisis kebutuhan merupakan fondasi utama dalam model ADDIE karena menjadi dasar dalam menentukan isi, desain, dan strategi pembelajaran yang akan diterapkan.

Validitas yang tinggi juga menunjukkan bahwa materi yang disajikan dalam e-modul telah memenuhi prinsip-prinsip pengembangan bahan ajar. Materi disusun secara sistematis mulai dari konsep dasar metrologi, penggunaan alat ukur, teknik pengukuran, hingga evaluasi hasil pengukuran sehingga memudahkan mahasiswa

dalam membangun pemahaman secara bertahap. Penyajian materi yang terstruktur memungkinkan mahasiswa menghubungkan konsep-konsep dasar dengan penerapannya pada kegiatan praktikum maupun permasalahan nyata di bidang teknik mesin. Kondisi tersebut sesuai dengan pendapat Daryanto (2013) yang menyatakan bahwa bahan ajar yang baik harus memenuhi aspek kelayakan isi, kebahasaan, penyajian, dan kegrafikan agar mampu mendukung proses pembelajaran secara optimal.

Selain kualitas materi, hasil validasi media juga menunjukkan bahwa aspek visual e-modul telah memenuhi kriteria media pembelajaran yang efektif. Penggunaan ilustrasi, tata letak yang konsisten, pemilihan jenis huruf yang mudah dibaca, serta kombinasi warna yang proporsional memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik bagi mahasiswa. Desain visual yang baik mampu meningkatkan perhatian, mempermudah navigasi, dan mengurangi beban kognitif selama proses belajar sehingga mahasiswa dapat lebih fokus memahami konsep yang dipelajari. Temuan ini sejalan dengan penelitian Miftakhurrohman dan Rahmiati (2024) yang menyatakan bahwa kualitas tampilan media digital berpengaruh terhadap kenyamanan pengguna serta efektivitas penyampaian materi pembelajaran.

Keunggulan utama e-modul yang dikembangkan terletak pada penerapan pendekatan *Deep Learning* dalam proses pembelajaran. Pendekatan ini tidak hanya menyajikan materi secara digital, tetapi juga dirancang untuk mendorong mahasiswa membangun pemahaman konseptual melalui aktivitas belajar yang menuntut eksplorasi, analisis, refleksi, dan penyelesaian masalah. Aktivitas tersebut memungkinkan mahasiswa menghubungkan konsep metrologi dengan penerapannya pada situasi nyata sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna. Hal ini sejalan dengan konsep *Deep Learning* yang dikemukakan oleh Fullan dan Langworthy (2019), yaitu pembelajaran yang berorientasi pada pengembangan pemahaman mendalam, kemampuan berpikir kritis, kolaborasi, kreativitas, dan kemampuan memecahkan masalah. Pendapat tersebut juga diperkuat oleh Akmal et al. (2025) dan Aliyah et al. (2025) yang menyatakan bahwa implementasi *Deep Learning* mampu meningkatkan kualitas pembelajaran karena mahasiswa tidak hanya menghafal informasi, tetapi juga mengonstruksi pengetahuan melalui pengalaman belajar yang aktif.

Hasil uji kepraktisan menunjukkan bahwa e-modul memperoleh persentase sebesar **93,33%** dengan kategori **Sangat Praktis**. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa mahasiswa memberikan respons yang sangat positif terhadap penggunaan e-modul dalam proses pembelajaran. Mahasiswa menilai bahwa e-modul mudah dioperasikan, memiliki tampilan yang menarik, menggunakan bahasa yang mudah dipahami, serta membantu memahami konsep-konsep Metrologi Dasar secara lebih mandiri. Tingginya tingkat kepraktisan menunjukkan bahwa e-modul tidak hanya layak secara teoritis berdasarkan penilaian ahli, tetapi juga mudah digunakan oleh pengguna sasaran dalam kegiatan pembelajaran.

Temuan tersebut mendukung hasil penelitian Antari et al. (2023), Fujiarti et al. (2024), serta Untari dan Khoirunnisa (2025) yang melaporkan bahwa penggunaan e-modul mampu meningkatkan kemandirian belajar, motivasi, dan keterlibatan peserta didik dalam proses pembelajaran. Selain itu, Susan et al. (2025) juga menjelaskan bahwa e-modul yang dirancang secara interaktif memberikan fleksibilitas belajar sehingga peserta didik dapat mempelajari materi sesuai dengan kecepatan belajarnya masing-masing. Dengan demikian, penggunaan e-modul dalam penelitian ini tidak hanya berfungsi sebagai media penyampaian materi, tetapi juga

sebagai fasilitator pembelajaran mandiri yang sesuai dengan karakteristik mahasiswa pada era digital.

Apabila dibandingkan dengan penelitian terdahulu, penelitian ini memiliki beberapa keunggulan. Wibawa et al. (2021) mengembangkan modul digital interaktif pada mata kuliah Metrologi Dasar dengan fokus pada aspek digitalisasi media, sedangkan Prasetyo et al. (2022) mengembangkan e-modul berbasis *Learning Management System* untuk mata kuliah Gambar Teknik. Penelitian ini memberikan kontribusi yang berbeda melalui integrasi pendekatan *Deep Learning* ke dalam desain pembelajaran, penyusunan aktivitas belajar, dan evaluasi sehingga mahasiswa tidak hanya memperoleh materi secara digital, tetapi juga diarahkan untuk membangun pemahaman konseptual melalui aktivitas pembelajaran yang bermakna. Dengan demikian, penelitian ini memperluas kajian pengembangan e-modul pada pendidikan teknik, khususnya pada mata kuliah Metrologi Dasar.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa e-modul Metrologi Dasar berbasis *Deep Learning* memiliki kualitas yang sangat baik berdasarkan aspek validitas dan kepraktisan. Produk yang dikembangkan memenuhi kriteria sebagai media pembelajaran yang layak digunakan pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin. Selain mendukung penyampaian materi secara lebih interaktif, e-modul juga memberikan alternatif pembelajaran yang fleksibel dan berpusat pada mahasiswa, sehingga berpotensi mendukung implementasi pembelajaran digital yang lebih efektif di lingkungan pendidikan tinggi vokasi.

4. SIMPULAN

Hasil validasi menunjukkan bahwa e-modul memiliki tingkat kelayakan yang sangat tinggi. Validasi ahli materi memperoleh skor rata-rata 4,63 dengan persentase validitas sebesar 88,24%, sedangkan validasi ahli media memperoleh skor rata-rata 4,70 dengan persentase validitas sebesar 94,29%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa e-modul telah memenuhi aspek kelayakan isi, kebahasaan, penyajian, tampilan, dan media sehingga dinyatakan sangat valid untuk digunakan dalam proses pembelajaran.

Hasil uji kepraktisan menunjukkan bahwa e-modul memperoleh persentase sebesar **93,33%** dengan kategori **Sangat Praktis**. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa mahasiswa memberikan respons yang sangat positif terhadap penggunaan e-modul dalam proses pembelajaran. Mahasiswa menilai bahwa e-modul mudah dioperasikan, memiliki tampilan yang menarik, menggunakan bahasa yang mudah dipahami, serta membantu memahami konsep-konsep Metrologi Dasar secara lebih mandiri. Tingginya tingkat kepraktisan menunjukkan bahwa e-modul tidak hanya layak secara teoritis berdasarkan penilaian ahli, tetapi juga mudah digunakan oleh pengguna sasaran dalam kegiatan pembelajaran.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Publikasi artikel ini didanai oleh Anggaran Universitas Sriwijaya tahun anggaran 2025 Sesuai dengan SK Rektor Nomor. 0027/UN9/LPPM.PT/2025 tanggal 17 September 2025.

6. REFERENSI

- Akmal, A., et al. (2025). *Deep learning dalam pendidikan Indonesia*. Jurnal Pendidikan Nasional.
- Aliyah, R., et al. (2025). *Deep learning dalam pembelajaran abad 21*. Jurnal Ilmu Pendidikan.

- Antari, A., et al. (2023). Pengaruh e-modul interaktif dalam pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Sains*.
- Aulia, A., Iskandar, S., Amalia, N., & Nazihah, S. (2025). Pembelajaran bermakna melalui model *deep learning*. *Jurnal Pendidikan Modern*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2024). *Laporan kinerja Direktorat Standar Nasional Satuan Ukuran Tahun 2024*. Badan Standardisasi Nasional.
- Branch, R. M. (2020). *Instructional design: The ADDIE approach* (2nd ed.). Springer.
- Daryanto. (2013). *Pengembangan perangkat pembelajaran*. Gava Media.
- Diputera, et al. (2024). Joyful learning sebagai pendukung *deep learning*. *Jurnal Psikologi Pendidikan*.
- Eureka. (2024). Konsep dan penerapan metrologi dasar. *Eureka Science Education*.
- Fujiarti, et al. (2024). Efektivitas penggunaan e-modul terhadap hasil belajar siswa SD. *Jurnal Pendidikan Dasar*.
- Fullan, M., & Langworthy, M. (2019). *The new pedagogy for deep learning: A global report*. Ontario Institute for Education.
- Ghozali, I., & Latan, H. (2021). *Partial least squares: Konsep, penggunaan, dan prospek aplikasinya di bidang manajemen dan bisnis*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2022). *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)* (4th ed.). Sage Publications.
- Kementerian Perdagangan Republik Indonesia. (2024). *Naskah akademik RUU perubahan Undang-Undang Metrologi Legal*. Kementerian Perdagangan Republik Indonesia.
- Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. (2021). *Kurikulum Merdeka dan Profil Pelajar Pancasila*. <https://kemdikbud.go.id>
- Khotimah, & Abdan. (2025). Penguatan motivasi belajar melalui *joyful learning*. *Jurnal Pendidikan*.
- Kurniawan, D., & Widiyatmoko, A. (2022). Penerapan model pengembangan ADDIE dalam pengembangan media pembelajaran matematika berbasis game edukasi. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 9(1).
- Maharani, Riyadi, & Maulida. (2025). Implementasi *deep learning* pada pembelajaran kontekstual. *Jurnal Pembelajaran Inovatif*.
- Miftakhurrohmah, & Rahmiati, W. (2024). Pengembangan e-modul sebagai media pembelajaran. *Jurnal Teknologi Pendidikan*.
- Minges, J., & Wang, W. (2021). Digital learning in higher education: A review of the literature. *Journal of Educational Technology Research*, 69(3), 451–478.
- Mulyadi, S., Prasetyo, Z. K., & Susilo, H. (2020). Pengembangan e-modul berbasis STEM pada mata kuliah Gambar Teknik. *Jurnal Inovasi Pendidikan Teknik Mesin*, 9(2), 121–130.
- Nengsih. (2023). Karakteristik modul ajar pada Kurikulum Merdeka. *Jurnal Pendidikan Dasar*.
- Prasetyo, Z. K., & Susilo, H. (2022). Pengaruh e-learning terhadap pengembangan *soft skills* mahasiswa teknik. *Jurnal Inovasi Pendidikan Teknik Mesin*, 11(3), 201–210.
- Prasetyo, Z. K., Susilo, H., & Widodo, S. (2022). Pengembangan e-modul interaktif berbasis LMS pada mata kuliah Gambar Teknik. *Jurnal Teknologi Pembelajaran*, 10(1).
- Pratama. (2024). Penerapan metrologi dasar dalam pendidikan vokasi. *Jurnal Teknik Mesin*.
- Putra. (2024). Ketidakpastian pengukuran dalam metrologi. *Jurnal Sains Terapan*.
- Putri. (2024). Pengembangan modul ajar berbasis Profil Pelajar Pancasila. *Jurnal Inovasi Pendidikan*.

- Salsabilla, S. (2023). Kriteria pengembangan modul ajar Kurikulum Merdeka. *Jurnal Kurikulum Indonesia*.
- Setiawan, M. I., & Prayitno, S. U. (2022). Analisis kebutuhan dalam model pengembangan ADDIE: Studi kasus pada pengembangan modul digital. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan*, 6(1).
- Sugiyono. (2021). *Metode penelitian dan pengembangan (Research and Development)*. Alfabeta.
- Susan, R., Andira, & Lestari. (2025). E-modul berbasis Android untuk pembelajaran mandiri. *Jurnal Inovasi Teknologi*.
- Putri, T. N., et al. (2024). Analisis kualitas modul ajar. *Jurnal Pendidikan*.
- Trilling, B., & Fadel, C. (2018). *21st century skills: Learning for life in our times*. Jossey-Bass.
- Untari, & Khoirunnisa. (2025). Interaktivitas e-modul terhadap kemandirian belajar siswa. *Jurnal Media Pembelajaran*.
- Wibawa, A. P., Putra, N. M. D., & Suyasa, I. W. (2021). Pengembangan modul digital interaktif berbasis Android pada mata kuliah Metrologi Dasar. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 10(1).
- Wibowo, A., & Suryadi, H. (2021). Analisis kebutuhan pengembangan e-modul Metrologi Dasar di Program Studi Teknik Mesin. *Jurnal Teknik Mesin dan Teknologi Informasi*, 12(2).
- Widyastuti, R., & Prasetyo, Z. K. (2022). Penggunaan SmartPLS dalam analisis data kuantitatif pada penelitian pendidikan teknik. *Jurnal Inovasi Pendidikan Teknik Mesin*.
- Zhang, Y., Wang, L., & Li, X. (2023). Deep learning applications in engineering education: A systematic review. *Journal of Educational Technology & Society*, 26(1), 123–138.
- Zulkarnen. (2019). Pengembangan modul pembelajaran. *Jurnal Pendidikan*.