

## Development of Project-Based Learning (PjBL) Teaching Module for the Basic of Metrology Course in the Mechanical Engineering Education Study Program at Sriwijaya University

Efri Meldianto<sup>1\*</sup>, Wadirin<sup>1</sup>, Puteri Anggieta Cahyani<sup>1</sup>, Romy Saputra<sup>1</sup>, Ainun Maulidina<sup>1</sup>, Yogi Herdianto<sup>1</sup>, Nopriyanti<sup>1</sup>, Farhan Yadi<sup>1</sup>, Mochamad Amri Santosa<sup>1</sup>, and Sapitri Januariyansah<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Department of Mechanical Engineering Education, Faculty of Teacher Training and Education, Universitas Sriwijaya, INDONESIA

<sup>2</sup>Department of Mechanical Engineering Education, Faculty of Mechanical Engineering, Universitas Negeri Medan, INDONESIA

\*Corresponding author: [efrimeldianto@fkip.unsri.ac.id](mailto:efrimeldianto@fkip.unsri.ac.id)

Received September 1<sup>st</sup> 2025; Revised October 4<sup>th</sup> 2025; Accepted October 27<sup>th</sup> 2025

### **Abstract**

*The focus of this research aims to design a learning module based on the principles of Project Based Learning (PjBL) for the Basic Metrology course in the Mechanical Engineering Education Study Program, Sriwijaya University. Utilizing a Research and Development (R&D) methodology, the study adopts the 4D model, encompassing the stages of Define, Design, Develop, and Disseminate. Validation by a subject matter expert produced an average rating of 3.50 (87.5%), classifying the module as highly valid. Concurrently, evaluation by a media expert yielded an average score of 3.25 (81.37%), situating it within the valid category. Furthermore, a practicality assessment derived from student feedback returned an average score of 3.32 (83.25%), which is categorized as excellent. In the component of creativity and innovation, the module received a score of 3.00 or 75%, suggesting that although the module functions well, there remains room for enhancement to further encourage students' ability to generate new ideas.*

**Keywords:** *Teaching Modules, Project Based Learning, Basic of Metrology, Mechanical Engineering Education, R&D.*

## Pengembangan Modul Ajar Berbasis *Project Based Learning (PJBL)* pada Mata Kuliah Metrologi Dasar di Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya

### Abstrak

Fokus dari penelitian ini bertujuan untuk merancang suatu modul pembelajaran berbasis prinsip *Project Based Learning (PjBL)* untuk mata kuliah Metrologi Dasar di Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya. Metode yang diterapkan adalah Penelitian dan Pengembangan (R&D) dengan model 4D, mencakup tahap Pendefinisian, Perancangan, Pengembangan, dan Penyebaran. Hasil validasi oleh pakar bidang materi memperoleh rata-rata 3,50 (87,5%) yang tergolong sangat valid. Selanjutnya, penilaian pakar bidang media memperoleh skor rata-rata 3,25 (81,37%) dalam kategori valid. Selain itu, penilaian kepraktisan berdasarkan respon mahasiswa mencapai skor 3,32 (83,25%) yang termasuk dalam klasifikasi sangat baik. Pada aspek kreativitas dan inovasi, modul memperoleh skor 3,00 atau 75%, yang mengindikasikan masih adanya peluang pengembangan lebih lanjut agar modul dapat merangsang ide-ide baru secara lebih optimal.

**Kata kunci:** Modul Ajar, *Project Based Learning*, Metrologi Dasar, Pendidikan Teknik Mesin, R&D.

### I. PENDAHULUAN

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi dalam beberapa tahun terakhir, menuntut perguruan tinggi, khususnya pada pendidikan vokasi, untuk menyesuaikan proses pembelajaran dengan kebutuhan industri yang semakin dinamis dan kompleks. Pembelajaran tidak lagi cukup mengandalkan teori semata, tetapi harus mampu membekali mahasiswa dengan kemampuan menyelesaikan persoalan nyata, bekerja mandiri, serta memiliki ketelitian tinggi. Kondisi ini sangat relevan pada bidang teknik, termasuk mata kuliah metrologi yang menekankan keterampilan melakukan pengukuran presisi, interpretasi data, dan pemahaman terhadap standar kerja.

Di lapangan, masih terdapat mahasiswa yang mengalami kendala dalam mengaitkan konsep dasar pengukuran dalam kegiatan praktik di lab atau bengkel. Sejumlah penelitian juga menunjukkan bahwa kendala dalam memahami langkah kerja dan prinsip pengukuran kerap disebabkan oleh keterbatasan bahan ajar yang tidak tersusun secara sistematis dan sulit diikuti (Chen & Srimadona, 2023)

Situasi tersebut menegaskan pentingnya penyusunan bahan ajar yang lebih terarah dan memadai agar mahasiswa dapat belajar secara mandiri dan lebih efektif. Salah satu pendekatan yang banyak direkomendasikan pada pembelajaran teknik adalah *Project Based Learning (PjBL)*. Model ini memungkinkan mahasiswa belajar melalui pengerjaan proyek yang langsung berkaitan dengan persoalan nyata. Temuan penelitian Haryanto dan rekan-rekan (2023) menunjukkan bahwa penggunaan *PjBL* dalam pengembangan modul mampu meningkatkan keaktifan mahasiswa dan memudahkan mereka memahami urutan kerja karena mahasiswa terlibat langsung dalam proses penyelesaian tugas atau pembuatan produk (Haryanto et al., 2023)

Selain meningkatkan partisipasi, *PjBL* juga membantu mengembangkan kemampuan yang menjadi kebutuhan utama lulusan teknik, seperti berpikir analitis, kolaborasi, dan pengambilan keputusan. Kondo, Hayashi, dan Toyoshi (2023) menemukan bahwa penerapan pembelajaran proyek pada bidang desain mekanik membuat mahasiswa lebih terampil mengoperasikan perangkat analisis serta

memahami keterkaitan antara teori dan praktik industri (Kondo et al., 2023). Kondisi ini sesuai dengan sasaran pembelajaran metrologi yang menitikberatkan ketepatan prosedural serta kemampuan menafsirkan hasil pengukuran secara kritis.

Studi lain juga menunjukkan bahwa modul berpendekatan proyek lebih efektif dibandingkan modul konvensional. Modul semacam ini biasanya menyediakan panduan langkah kerja, contoh proyek, dan ruang refleksi, sehingga mahasiswa dapat mengevaluasi hasil kerja mereka sendiri (Paramitha et al., 2025) Pendekatan ini sangat sesuai diterapkan dalam mata kuliah Metrologi Dasar, di mana mahasiswa dituntut memahami prinsip pengukuran sekaligus mempraktikkan penggunaan alat ukur dan pengolahan datanya.

Berdasarkan kebutuhan tersebut, penyusunan modul ajar berbasis *Project Based Learning* yang digunakan untuk mata kuliah Metrologi Dasar. Modul ini diharapkan dapat menjadi acuan belajar yang lebih terstruktur, memandu penyelesaian proyek pengukuran secara runtut, serta meningkatkan keterampilan praktis yang berkaitan dengan kebutuhan industri. Dengan modul berbasis PjBL, proses pembelajaran tidak harus berlangsung di ruang kelas, tetapi juga memberikan pengalaman nyata yang memperkuat pemahaman mahasiswa terhadap praktik pengukuran presisi (Hestiyani et al., 2020)

## II. METODE PENELITIAN

### 1. Jenis Penelitian

Studi ini mengadopsi paradigma penelitian dan pengembangan (*Research and Development*), di mana kerangka kerja metodologisnya didesain untuk secara sistematis menciptakan atau menyempurnakan suatu produk inovatif. Pendekatan ini dirancang untuk memproduksi suatu keluaran tertentu melalui proses pengembangan yang teruji (Okpatrioka Okpatrioka, 2023). Dalam pengembangan produk untuk kepentingan penelitian, diperlukan analisis untuk memastikan tingkat keefektifan dan kevalidan produk tersebut, sehingga dibutuhkan proses penelitian yang menguji kedua aspek tersebut.

Fokus penelitian tertuju pada pengembangan media pembelajaran berupa jobsheet untuk mendukung pelaksanaan praktikum kerja plat pada program studi pend. teknik mesin (Kurniawan et al., 2024). Di antara sekian banyak model pengembangan yang ada, model 4D (Paramitha et al., 2025). dipilih sebagai landasan. Alasan preferensi ini terletak pada kerangka kerjanya yang sistematis, keefektifannya, serta kejelasan dalam setiap tahapannya. Model tersebut berjalan melalui empat tahap kunci berikut:

- Penetapan definisi (*define*)
- Penyusunan rancangan (*design*)
- Pemformulasian pengembangan (*develop*)
- Pelaksanaan diseminasi (*disseminate*)

### 2. Teknik Dan Alat Pengumpulan Data

#### 1. Angket (Kuisisioner)

Sebagai teknik pengumpulan informasi, kuisisioner menyajikan sejumlah daftar pertanyaan atau pernyataan secara tertulis/lisan yang diberikan kepada partisipan untuk mengungkap persepsi personal mereka (Sugiyono, 2015a). Pada riset ini, data dikumpulkan dengan mendistribusikan angket kepada pakar media, pakar materi, dan mahasiswa Prodi Pendidikan Teknik Mesin yang selesai menempuh mata kuliah Metrologi Dasar dan *Project Based Learning* (Adilah, 2023).

#### 2. Alat Pengumpulan Data

Salah satu alat pengumpulan data yang berupa angket divalidasi oleh pakar materi dan media, juga responden uji coba selanjutnya disusun dalam bentuk *checklist*. Lembar validasi ini berfungsi

mengumpulkan data kuantitatif guna menilai tingkat kelayakan produk modul ajar berbasis *Project Based Learning*. Pola jawaban bersifat tertutup dengan menyediakan pilihan tertentu, di mana responden hanya dengan memberi tanda *checklist*. (√) dalam kolom yang tersedia. Distribusi kuesioner mencakup pakar materi, pakar media, juga mahasiswa yang menjadi pengguna produk akhir (Ahmad Naufal, 2025).

Berikut kisi-kisi yang digunakan untuk validasi :

a. Kisi-Kisi Angket Pakar Materi

Angket ini ditujukan kepada pakar materi dengan fokus penilaian pada berbagai aspek yang relevan. Berikut merupakan kisi-kisi angket untuk validasi:

Tabel 1. Kisi-Kisi Angket Pakar Materi

| Indikator                   | Sub Indikator   | No Butir |
|-----------------------------|---|----------|
| Relevansi Materi            | Materi yang dipaparkan sejalan dengan kompetensi dasar untuk penerapan PjBL     | 1        |
|                             | Kesesuaian materi pembelajaran yang terkait dengan tahapan proyek               | 2        |
| Kualitas Materi             | Kejelasan materi pembelajaran yang terkait dengan tahapan proyek                | 3        |
|                             | Penyusunan prosedur yang jelas untuk pelaksanaan proyek (step-by-step)          | 4        |
|                             | Kedalaman materi yang mendukung pengembangan keterampilan mahasiswa dalam PjBL  | 5        |
| Sistematika Materi          | Alur dan struktur materi yang mudah dipahami dalam konteks proyek               | 6        |
|                             | Penjelasan tentang tahap-tahapan yang jelas dalam proyek yang akan dilaksanakan | 7        |
| Kualitas Materi Secara Umum | Konsistensi penyampaian materi sesuai dengan metode PjBL yang diterapkan        | 8,9,10   |

b. Kisi-Kisi Angket Pakar Media

Instrumen pakar media menilai kesesuaian modul dari sisi tampilan, fungsi media, aspek visual, audio, dan tipografi untuk memastikan modul dapat mendukung pembelajaran secara optimal.

Tabel 2. Kisi-Kisi Angket Pakar Media

| Indikator          | Sub Indikator   | No Butir |
|--------------------|---|----------|
| Fungsi dan Manfaat | Memperjelas tahap-tahapan dalam proyek yang dijalankan oleh mahasiswa   | 1,2      |
|                    | Meningkatkan keterlibatan dan kolaborasi mahasiswa dalam proyek bersama | 3        |
|                    | Menstimulasi kreativitas mahasiswa dalam memecahkan masalah proyek      | 4,5      |
| Aspek Visual Media | Tampilan media yang menampilkan langkah-langkah proyek secara jelas     | 6,7      |
|                    | Visualisasi konsep-konsep utama yang mendukung pemahaman PjBL           | 8        |
|                    | Kecepatan perubahan gambar yang sesuai dengan alur proyek               | 9,1      |
| Aspek Audio Media  | Narasi suara yang menjelaskan secara terperinci tahapan dalam proyek    | 11,12    |
|                    | Penggunaan suara untuk meningkatkan keterlibatan mahasiswa dalam proyek | 13,14    |
| Aspek Tipografi    | Pemilihan jenis teks yang mudah dibaca dan relevan dengan tema proyek   | 15       |

|  |   |       |
|--|---|-------|
|  | Ukuran teks yang jelas dan mudah dibaca dalam video atau modul pembelajaran | 16,17 |
|--|---|-------|

c. Kisi - Kisi Angket Responden

Angket ini digunakan untuk melihat tingkat kelayakan modul ketika digunakan langsung oleh mahasiswa, terutama dalam konteks penerapan PjBL, keterlibatan dalam proyek, pengembangan keterampilan, dan aspek kreativitas.

Berikut merupakan kisi-kisi instrumen angket instrumen angket responden :

Tabel 3. Kisi-Kisi Instrumen Angket Pakar Media

| Indikator                 | Sub Indikator  | No Butir |
|---------------------------|--|----------|
| Penerapan PjBL            | Relevansi dan manfaat PjBL dalam pengembangan keterampilan praktis mahasiswa | 1,2      |
|                           | Tingkat keefektifan PjBL dalam memfasilitasi pembelajaran berbasis proyek    | 3,4      |
| Keterlibatan Mahasiswa    | Pengalaman belajar mahasiswa dalam berkolaborasi menyelesaikan proyek        | 5,6      |
|                           | Tingkat kepuasan mahasiswa terhadap pembelajaran berbasis proyek             | 7        |
| Pengembangan Keterampilan | Keterampilan teknis mahasiswa dalam memecahkan masalah dan mengelola proyek  | 8,9      |
| Kreativitas dan Inovasi   | Tingkat kreativitas yang berkembang dalam penyelesaian proyek                | 10,11    |

### 3. Teknik Analisis Data

Analisis data dilaksanakan guna mengukur aspek kelayakan dan kepraktisan modul pembelajaran berbasis PjBL dalam mata kuliah Metrologi Dasar. Penelitian ini menerapkan pendekatan analisis deskriptif kuantitatif, utamanya untuk mengolah data hasil validasi pakar serta tanggapan dari mahasiswa.

#### 1. Analisis kelayakan

Pakar materi dan pakar media menggunakan alat berupa skala likert lima dalam prosesnya. Hasil nilai kemudian dikonversi menjadi bentuk persentase sesuai dengan kriteria yang tertera dalam Tabel 4.

Tabel 4. Kategori Tingkat Kelayakan Modul

| Skor       | Kriteria Penilaian                |
|------------|-----------------------------------|
| 81% - 100% | Sangat Setuju/Layak/Praktis       |
| 61% - 80%  | Setuju/Layak/Praktis              |
| 41% - 60%  | Kurang Setuju/Layak/Praktis       |
| 21% - 40%  | Tidak Setuju/Layak/Praktis        |
| 0% - 20%   | Sangat Tidak Setuju/Layak/Praktis |

Setelah pakar mengisi instrumen validasi, nilai setiap butir direkap dan dianalisis menggunakan rumus analisis deskriptif:

$$P = \frac{S}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Persentase

S = Total skor yang diperoleh dari seluruh penilai

N = Skor maksimum yang mungkin dicapai

Nilai P digunakan untuk menilai kelayakan modul PJBL pada pembelajaran Metrologi Dasar. Modul PJBL dinyatakan layak jika memperoleh skor  $\geq 61\%$ , yaitu kategori "Cukup Layak" sesuai Tabel 4.

## 2. Analisis Kepraktisan

Tingkat kepraktisan modul diukur melalui kuesioner yang ditujukan kepada dosen dan mahasiswa. Instrument ini bertujuan mengevaluasi kemudahan penerapan modul dalam aktivitas pembelajaran. Persentase dihitung menggunakan rumus:

$$P = \frac{\sum x}{\sum x_1} \times 100\%$$

$\sum x$  = Jumlah skor total dari seluruh responden

$\sum x_1$  = Skor maksimal yang mungkin dicapai

Setelah nilai persentase diperoleh, tingkat kepraktisan media Modul PJBL dikategorikan sesuai Tabel

4. Media dikatakan praktis jika mendapatkan  $\geq 61\%$ .

## III. HASIL PENELITIAN

### 1. Validasi Pakar Materi

Tahap validasi pakar dilaksanakan terhadap produk modul yang telah disusun. Tahapan ini dimaksudkan untuk mengumpulkan umpan balik guna perbaikan dan penyempurnaan modul sehingga memenuhi kelayakan untuk diterapkan dalam kegiatan pembelajaran (Sugiyono, 2015b). Proses validasi dilakukan dengan cara menyerahkan modul berbasis PjBL beserta lembar validasi kepada para validator yang memiliki kepakaran dan kompetensi di bidang materi terkait. Dalam penelitian ini, pakar materi ditetapkan berdasarkan SK Wakil Dekan No. 0511/UN9.FKIP/TU.ST/2025, yaitu Bapak Edi Setiyo, S.Pd., M.Pd.T.

Tabel 5. Hasil Validasi Pakar Materi

| No. | Aspek                       | Rata-rata Skor | Persentase (%) | Kategori            |
|-----|-----------------------------|----------------|----------------|---------------------|
| 1   | Relevansi Materi            | 4,00           | 100%           | Sangat Valid        |
| 2   | Kualitas Materi             | 3,00           | 75%            | Valid               |
| 3   | Sistematika Materi          | 3,50           | 87,5%          | Sangat Valid        |
| 4   | Kualitas Materi Secara Umum | 3,50           | 87,5%          | Sangat Valid        |
|     | <b>Rata-rata</b>            | <b>3,50</b>    | <b>87,5%</b>   | <b>Sangat Valid</b> |

Berdasarkan tabel tersebut, modul memperoleh hasil penilaian yang sangat baik pada hampir seluruh aspek. Validasi instrumen penelitian dilaksanakan dengan memanfaatkan kuisisioner yang menerapkan skala Likert empat tingkat, yaitu : sangat setuju = 4 poin, setuju = 3 poin, tidak setuju = 2 poin, sangat tidak setuju = 1 poin

Aspek relevansi materi mendapatkan skor rerata 4,00 atau setara 100%, yang mengindikasikan kategorisasi **Sangat Valid**. Capaian ini membuktikan bahwa substansi yang termuat telah sepenuhnya selaras dengan tuntutan dan tujuan pembelajaran. Aspek kualitas materi memperoleh skor 3,00 atau 75%, menunjukkan bahwa intensitas dan kedalaman penyajian materi sudah baik meskipun masih memungkinkan adanya perbaikan.

Sementara itu, aspek sistematika penyajian serta kualitas materi secara umum sama-sama mendapatkan nilai 3,50 atau 87,5%, yang juga tergolong Sangat Valid. Secara keseluruhan, modul mencapai rata-rata 3,50 atau 87,5%. Hasil ini menegaskan bahwa modul layak digunakan, meskipun pada dimensi tertentu seperti kualitas materi masih terdapat ruang untuk penyempurnaan agar lebih optimal.

## 2. Validasi Pakar Media

Validasi oleh pakar media dilaksanakan untuk mengevaluasi aspek tampilan dan fungsionalitas modul dalam perannya sebagai sarana pembelajaran. Temuan validasi yang diperoleh dapat diringkas sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Validasi Pakar Media

| No. | Aspek              | Rata-rata Skor | Persentase (%) | Kategori     |
|-----|--------------------|----------------|----------------|--------------|
| 1   | Fungsi dan Manfaat | 3,50           | 87,50%         | Sangat Valid |
| 2   | Aspek Visual media | 3,00           | 75%            | Valid        |
| 3   | Kemudahan Media    | 3,50           | 87,50%         | Sangat Valid |
| 4   | Tipografi          | 3,00           | 75%            | Valid        |
|     | <b>Rata-Rata</b>   | <b>3,25</b>    | <b>81,37%</b>  | <b>Valid</b> |

Secara keseluruhan, penilaian yang diberikan oleh pakar media terhadap modul ini bersifat positif. Aspek fungsi dan manfaat serta kemudahan penggunaan memperoleh skor 3,50 atau 87,5%, berada pada kategori Sangat Valid, menunjukkan bahwa modul dianggap membantu proses pembelajaran dan mudah digunakan oleh mahasiswa. Aspek visual dan tipografi memperoleh nilai 3,00 atau 75%, yang berarti valid namun masih dapat ditingkatkan misalnya pada pemilihan tata letak, penggunaan warna, atau konsistensi teks agar lebih menarik secara visual.

Rata-rata keseluruhan adalah 3,25 atau 81,37%, yang menunjukkan bahwa modul sudah memenuhi kriteria kelayakan media, dengan peluang pengembangan terutama pada aspek estetika dan kenyamanan visual.

## 3. Uji Kepraktisan

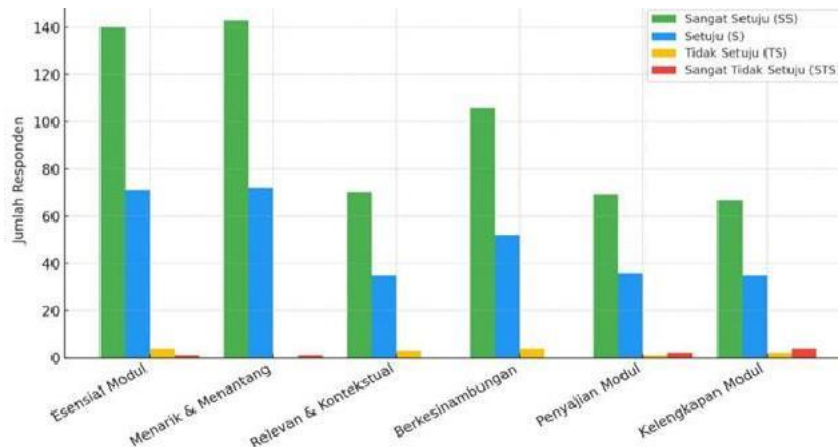
Uji kepraktisan dilakukan pada 18 mahasiswa yang menggunakan modul selama kegiatan belajar. Mahasiswa diminta mengisi angket dengan skala Likert 1-4, menilai aspek penerapan PjBL, keterlibatan belajar, pengembangan keterampilan, serta kreativitas dan inovasi. Berdasarkan uji kepraktisan yang telah peneliti laksanakan, diperoleh data berikut.

Tabel 7. Hasil Uji Lapangan

| No. | Aspek                     | Rata-rata Skor | Persentase (%) | Kategori           |
|-----|---------------------------|----------------|----------------|--------------------|
| 1   | Penerapan PjBL            | 3,30           | 83%            | Sangat Baik        |
| 2   | Keterlibatan Mahasiswa    | 3,50           | 87,5%          | Sangat Baik        |
| 3   | Pengembangan Keterampilan | 3,50           | 87,5%          | Sangat Baik        |
| 4   | Kreatifitas dan Inovasi   | 3,00           | 75%            | Baik               |
|     | <b>Rata-rata Total</b>    | <b>3,32</b>    | <b>83,25%</b>  | <b>Sangat Baik</b> |

Berdasarkan tabel tersebut, nilai rata-rata keseluruhan uji kepraktisan berada pada angka 3,32 atau 83,25%, termasuk kategori Sangat Baik. Aspek keterlibatan mahasiswa dan pengembangan keterampilan masing-masing memperoleh skor 3,50 (87,5%). Ini menunjukkan bahwa modul mampu meningkatkan partisipasi aktif mahasiswa serta melatih kemampuan mereka dalam praktik pengukuran. Penerapan PjBL mendapat skor tinggi yaitu 3,30 atau 83%, yang menegaskan bahwa langkah-langkah proyek dalam modul berjalan dengan baik.

Aspek kreativitas dan inovasi, meskipun memperoleh skor terendah yaitu 3,00 atau 75%, tetap masuk kategori Baik. Temuan ini mengindikasikan bahwa modul sudah cukup mendukung pengembangan kreativitas mahasiswa, namun masih dapat ditingkatkan agar lebih mampu merangsang ide-ide baru. Melihat dari keseluruhan, data menunjukkan bahwa modul ini praktis, efektif, dan menunjang proses pendidikan berbasis proyek, baik secara individu juga kelompok. Temuan ini memperkuat kesimpulan bahwa modul dimaksud layak diaplikasikan dalam proses pembelajaran metrologi dasar di kelas.



Gambar 1. Grafik Uji Lapangan

Grafik uji lapangan menunjukkan kecenderungan penilaian yang sangat positif dari responden. Mayoritas mahasiswa memilih kategori “Sangat Setuju” dan “Setuju” pada sebagian besar aspek, khususnya aspek Esensial Modul serta Menarik & Menantang, yang masing-masing memperoleh lebih dari 140 tanggapan positif. Hal ini menandakan bahwa modul dianggap relevan, mudah dipahami, dan mampu meningkatkan motivasi belajar.

Namun, beberapa aspek seperti Relevan & Kontekstual serta Kelengkapan Modul menunjukkan adanya respon “Tidak Setuju”, yang mengisyaratkan perlunya perbaikan pada bagian instruksi atau konteks materi agar lebih sesuai dengan kebutuhan praktik lapangan.

Secara keseluruhan, skor rata-rata sebesar 4,26 mengkonfirmasi keunggulan serta kelayakan modul untuk diimplementasikan dalam pembelajaran metrologi dasar, baik secara individu maupun kolaboratif.

## IV. PEMBAHASAN

Pengembangan modul ajar dengan pendekatan proyek (PjBL) ini menghasilkan produk yang valid dan praktis untuk digunakan pada perkuliahan Metrologi Dasar. Pembahasan pada bab ini dibagi menjadi tiga bagian utama: proses pengembangan, kualitas produk, serta keterbatasan penelitian.

### 1. Proses Pengembangan Modul Ajar

Hasil utama studi ini berupa Modul Pembelajaran yang telah terverifikasi keabsahan dan kepraktisannya (Hari Utomo, 2025). Proses pengembangan modul ini mengikuti paradigma 4D, yaitu Penetapan definisi (*define*), Penyusunan rancangan (*design*), Pemformulasian pengembangan (*develop*), Pelaksanaan diseminasi (*disseminate*) (Sugiyono, 2015b). Penjabaran setiap fase tersebut adalah sebagai berikut:

#### 1. Penetapan definisi (*define*)

Pada fase awal penelitian, dilaksanakan identifikasi kebutuhan pembelajaran yang mencakup perspektif peserta didik dan ketersediaan sarana pembelajaran pendukung (Budi Indaryanti et al., 2025; Durinta Puspasari et al., 2025). Kegiatan pengumpulan data dilakukan dengan pendekatan survei menggunakan instrumen kuesioner yang diarahkan kepada populasi yang telah ditetapkan sebagai objek studi yaitu

mahasiswa pengambil mata kuliah Metrologi Dasar. Hasil analisis menunjukkan perlunya modul ajar yang lebih terstruktur dan relevan dengan pendekatan berbasis proyek (Rai Vivien Pitriani et al., 2023).

## 2. Penyusunan rancangan (*design*)

Tahap ini memfokuskan pada perancangan isi modul berdasarkan data dan kebutuhan yang diperoleh (Pupik Dean et al., 2023; Rossa Martatiana et al., 2024). Kegiatan yang dilakukan meliputi desain tata letak modul, pembuatan ilustrasi terkait materi metrologi dasar, serta penyusunan isi berdasarkan langkah-langkah pembelajaran PjBL (Made Tegeh et al., 2019). Media pendukung dan format penyajian juga dipilih agar sesuai untuk pembelajaran praktik.

## 3. Pemformulasian pengembangan (*develop*)

Modul ajar mulai disusun sesuai rancangan yang telah ditetapkan (I M Tegeh & I M Kirna, 2013). Isi modul diorganisasikan mengikuti sintaks PjBL, dimulai dari orientasi masalah, pengorganisasian kegiatan, investigasi mandiri maupun kelompok, penyusunan dan penyajian produk proyek, serta evaluasi hasil. Setelah modul tersusun, dilakukan proses validasi dari pakar materi dan media, yang kemudian dilanjutkan ke tahap *field test* guna mengukur tingkat kepraktisannya (Alawi & Soh, 2019; Yusri et al., 2024). Perbaikan dilakukan berdasarkan masukan dari para validator.

## 4. Pelaksanaan diseminasi (*disseminate*)

Tahap akhir berupa penyebarluasan modul yang telah direvisi berdasarkan hasil validasi dan uji coba (S Thiagarajan et al., 1974). Modul yang telah memenuhi standar kelayakan ini kemudian direkomendasikan untuk digunakan dalam perkuliahan Metrologi Dasar pada Prodi Pendidikan Teknik Mesin.

## 2. Kualitas Hasil Pengembangan

Kualitas hasil pengembangan Modul Ajar Berbasis PjBL ini dapat dikategorikan menjadi dua aspek utama, yaitu kevalidan dan kepraktisan.

### 1. Kevalidan

Berdasarkan penilaian para pakar materi, modul ini memperoleh rerata skor sebesar 3,50 (setara dengan 87,5%) skor tersebut berada dalam kategori **Sangat Valid**, sehingga ini menandakan bahwa substansi materi, tata kelola penyusunan, serta teknik penyampaiannya telah memenuhi kaidah kelayakan yang dipersyaratkan.

Validasi pakar media memunculkan rata-rata 3,25 atau 81,37%, masuk kategori Valid. Hasil ini menunjukkan bahwa aspek visual, fungsi media, dan kemudahan penggunaan modul sudah baik, meskipun beberapa komponen seperti tipografi dan desain visual perlu ditingkatkan untuk tampilan yang lebih optimal.

### 2. Kepraktisan

Berdasarkan uji coba di lapangan, modul ini memperoleh skor 3,32 yang setara dengan 83,25% dari skala penilaian, menempatkannya dalam klasifikasi Sangat Baik. Temuan ini mengonfirmasi bahwa modul berfungsi efektif, mudah diimplementasikan dalam pembelajaran, mampu mendukung penerapan Project Based Learning (PjBL), mendorong partisipasi aktif mahasiswa, serta berkontribusi dalam pengembangan kompetensi mereka.

Aspek kreativitas dan inovasi memang memiliki skor paling rendah (3,00 atau 75%), namun tetap masuk kategori Baik. Temuan ini menunjukkan bahwa modul masih dapat dikembangkan lebih lanjut untuk menstimulasi ide-ide baru secara lebih optimal.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan kajian yang dilaksanakan terkait penyusunan modul pembelajaran berbasis proyek (PjBL) untuk mata kuliah Metrologi Dasar pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya, simpulan penelitian mengindikasikan bahwa modul yang dihasilkan telah memenuhi tolok ukur kevalidan dan kepraktisan.

Hasil penilaian oleh validator materi mencatat perolehan rata skor sebesar 3,50 atau setara 87,5%, yang tergolong pada kategori sangat valid. Di sisi lain, validasi media menghasilkan rerata skor 3,25 atau 81,37%, yang dikategorikan valid. Implikasi dari hasil ini membuktikan bahwa modul tersebut telah memenuhi unsur kelayakan dari segi substansi materi, metode penyampaian, serta desain penyajian mediana.

Uji kepraktisan yang diperoleh melalui tanggapan mahasiswa menghasilkan nilai rata-rata 3,32 atau 83,25%, sehingga modul dikategorikan sangat baik. Namun pada aspek kreativitas dan inovasi, nilai yang diperoleh adalah 3,00 atau 75%, yang mengindikasikan perlunya pengembangan lebih lanjut agar modul dapat mendorong munculnya ide-ide baru secara lebih optimal.

Secara praktis, penelitian ini memberikan beberapa implikasi. Mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin diharapkan dapat memanfaatkan modul ini secara maksimal sebagai sumber belajar dan panduan dalam memahami konsep serta praktik metrologi dasar. Bagi Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, kajian ini dapat menjadi dasar dalam mengembangkan perangkat ajar lain yang bermanfaat bagi mahasiswa maupun masyarakat. Untuk peneliti dikemudian hari, dapat menjadikan hasil ini untuk rujukan dalam mengembangkan modul atau media pembelajaran sejenis dengan cakupan dan inovasi yang lebih luas.

## VI. REFERENSI

- Adilah, N. (2023). Systematic Literature Review: Project-Based Learning in English Language Teaching. *Langue (Journal of Language and Education)*, 1(2), 1–14. <https://doi.org/10.22437/langue.v>
- Ahmad Naufal. (2025). Pengembangan VideoSimulasi Tutorial Roda Gigi Lurus pada Mata Kuliah Kinematika. *EduTech: Jurnal Teknologi Pendidikan*, 24(3), 2025. <https://doi.org/10.17509/e.v24i3.89176>
- Alawi, N. H., & Soh, T. M. T. (2019). The Effect of Project-Based Learning (PjBL) on Critical Thinking Skills Form Four Students on Dynamic Ecosystem Topic “Vector! Oh! Vector!” *Creative Education*, 10(12), 3107–3117. <https://doi.org/10.4236/ce.2019.1012235>
- Budi Indaryanti, R., Murtiyasa, B., & Soemardjoko, B. (2025). 4D Research and Development Model: Trends, Challenges, and Opportunities Review. In *Jurnal Kajian Ilmiah* (Vol. 25, Issue 1). <http://ejurnal.ubharajaya.ac.id/index.php/JKI>
- Chen, D., & Srimadona, A. (2023). Development Of Electronic Modules Using Professional Pdf Flip On Measurement Materials. *EduFisika: Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(1), 95–100. <https://doi.org/10.59052/edufisika.v8i1.22559>
- Durinta Puspasari, Puspasari, D., Wulandari, R. N. A., & Panduwinata, L. farida. (2025). Development of Digital Teaching Materials for Introduction to Administration and Management Science Based on Case Studies. *International Journal of Educational Evaluation and Policy Analysis*, 2(2), 01–12. <https://doi.org/10.62951/ijeepa.v2i2.123>
- Hari Utomo, R. (2025). *The Role of STEM-Based Project-Based Learning in Developing Future Competencies: A Systematic Review*. 23(01). <http://jurnal.uns.ac.id/Teknodika><http://jurnal.uns.ac.id/Teknodika>
- Haryanto, Dwi Wiwik Ernawati, M., Sudarmin, Sanova, A., Ariani, D. R., & Rahman, A. A. (2023). *Development of PjBL-Based Electronic Module on Reaction Rate Material for Class XI MIPA Senior High School* (pp. 1153–1162). [https://doi.org/10.2991/978-2-38476-110-4\\_115](https://doi.org/10.2991/978-2-38476-110-4_115)
- Hestiyani, D., Darlius, & Syofii, I. (2020). Pengembangan Jobsheet Pada Mata Kuliah Kerja Bangku Development Jobsheet Bench Work. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 7(1), 1–9.
- I M Tegeh, & I M Kirna. (2013). *Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Model 4D*. Universitas Pendidikan Ganesha Press.

- Kondo, A., Hayashi, H., & Toyoshi, T. (2023). Project-Based Learning of Mechanical Design Utilizing CAE Structural Analyses. *Education Sciences*, 13(7), 687. <https://doi.org/10.3390/educsci13070687>
- Kurniawan, A., SN Mahmudah, R., Khairiyah, R., & Dinda Alfadia Lestari, P. (2024). Interactive Learning Media Utilizing Google Sites on Quantum Mechanics Topic. *JPI (Jurnal Pendidikan Indonesia)*, 13(4), 885–898. <https://doi.org/10.23887/jpiundiksha.v13i4.81217>
- Made Teguh, I., Simamora, A. H., Dwipayana, K., Studi, P., & Pendidikan, T. (2019). PENGEMBANGAN MEDIA VIDEO PEMBELAJARAN DENGAN MODEL PENGEMBANGAN 4D PADA MATA PELAJARAN AGAMA HINDU. *Jurnal Mimbar Ilmu*, 24(2).
- Okpatrioka Okpatrioka. (2023). Research And Development (R&D) Penelitian Yang Inovatif Dalam Pendidikan. *Dharma Acariya Nusantara: Jurnal Pendidikan, Bahasa Dan Budaya*, 1(1), 86–100. <https://doi.org/10.47861/jdan.v1i1.154>
- Paramitha, A. A., Azizah, M., Miftakhul Jannah, F., & Kartinah, K. (2025). Analisis penerapan model problem based learning (PBL) berbantu media kantong bilangan pada materi nilai tempat bilangan kelas II SDN Pedurungan Kidul 01. *COLLASE (Creative of Learning Students Elementary Education)*, 8(1), 99–105. <https://doi.org/10.22460/collase.v8i1.24589>
- Pupik Dean, C. G., Grossman, P., Enumah, L., Herrmann, Z., & Kavanagh, S. S. (2023). Core practices for project-based learning: Learning from experienced practitioners in the United States. *Teaching and Teacher Education*, 133. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2023.104275>
- Rai Vivien Pitriani, N., Gusti Ayu Desy Wahyuni, I., Ketut Bali Sastrawan, I., & Tinggi Agama Hindu Negeri Mpu Kuturan Singaraja, S. (2023). Pengembangan Media Poster Berbasis Pictorial Riddle Model 4D Sebagai Bahan Ajar Mata Kuliah Pendidikan Agama Program Studi Pendidikan Agama Hindu. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 6(1). <https://jayapanguspress.penerbit.org/index.php/cetta>
- Rossa Martatiyana, D., Nasbey, H., Chandra, N., Utami, M., & Martatiyana, D. R. (2024). Development of STEM-PJBL based Science electronic worksheets to Improve Students' Collaboration Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(12), 10818–10825. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i12.9300>
- S Thiagarajan, D S Semmel, & M I Semmel. (1974). *Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook*. Center for Innovation in Teaching the Handicapped (CITH).
- Sugiyono. (2015a). *Metode penelitian bisnis: pendekatan kuantitatif, kualitatif, kombinasi, dan R&D*. Alfabeta.
- Sugiyono. (2015b). *Metode Penelitian dan Pengembangan (Research and Development)*. Alfabeta.
- Yusri, R., Yusof, A. M., & Sharina, A. (2024). A systematic literature review of project-based learning: research trends, methods, elements, and frameworks. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 13(5), 3345–3359. <https://doi.org/10.11591/ijere.v13i5.27875>