



Pengembangan Kompetensi Calon Guru SD: Desain Modul Praktikum IPA Berbasis STEM Terintegrasi Alat Peraga PjBL

Risky Richlos Sarapung

Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas
Pasifik Morotai, Pulau Morotai, Indonesia
Email: riskyrichlossarapung@gmail.com

Informasi Artikel

Submitted: 02-11-2025

Accepted: 06-01-2026

Published: 15-01-2026

Keywords:

*Science Practicum Module
STEM
Project-Based Learning
Science Process Skills
Prospective Elementary School
Teachers*

Abstract

Motivated by the need for learning tools that can enhance science process skills and conceptual understanding of prospective elementary school teachers. Science practicum activities that have been carried out so far are still limited to conventional modules and have not been fully integrated with teaching aids produced through Project-Based Learning (PjBL). This study aims to develop a STEM-based science practicum module through PjBL-produced teaching aids that are valid, practical, and effective for prospective elementary school teachers. The research employed a research and development (R&D) approach with the ADDIE model, which includes the stages of analysis, design, development, implementation, and evaluation. The research subjects were fourth-semester students of the Elementary School Teacher Education (PGSD) program at a university in North Maluku, with a total of 80 participants. Research instruments included expert validation sheets, practicality questionnaires, science process skills observation sheets, and learning outcome tests (pretest–posttest). Data were analyzed using descriptive quantitative, qualitative, and inferential methods with gain scores and paired t-tests. The results showed that the STEM-based science practicum module received a very good category from expert validators (average score 4.55), was rated practical by students (average score 4.35), and was effective in improving science process skills and learning outcomes with gain scores ranging from 0.51 to 0.62, categorized as moderate to high. It can be concluded that the developed practicum module is feasible to be used as a science learning tool in PGSD/FKIP and can help equip prospective teachers with scientific and pedagogical competencies relevant to the demands of the 21st century.

Abstrak

Kebutuhan akan perangkat pembelajaran yang mampu meningkatkan keterampilan proses sains dan pemahaman konseptual mahasiswa calon guru SD. Praktikum IPA yang selama ini dilakukan masih terbatas pada modul konvensional dan belum sepenuhnya terintegrasi dengan alat peraga hasil *Project Based Learning* (PjBL). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan modul praktikum IPA berbasis STEM melalui alat peraga hasil PjBL yang valid, praktis, dan efektif untuk mahasiswa calon guru SD. Penelitian menggunakan pendekatan *research and development* (R&D) dengan model ADDIE yang mencakup tahapan analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Subjek penelitian adalah mahasiswa PGSD semester IV pada salah satu perguruan tinggi di Maluku Utara dengan total 80 partisipan. Instrumen penelitian meliputi lembar validasi ahli, kuesioner kepraktisan, lembar observasi keterampilan

proses sains, serta tes hasil belajar (pretest–posttest). Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif, kualitatif, dan inferensial menggunakan *gain score* dan uji-t berpasangan. Hasil penelitian menunjukkan modul praktikum IPA berbasis STEM memperoleh kategori *sangat baik* dari validator ahli (skor rata-rata 4,55), dinilai praktis oleh mahasiswa (skor rata-rata 4,35), serta efektif meningkatkan keterampilan proses sains dan hasil belajar dengan *gain score* 0,51–0,62 dalam kategori sedang hingga tinggi. Disimpulkan bahwa modul praktikum yang dikembangkan layak digunakan sebagai perangkat pembelajaran IPA di PGSD/FKIP dan dapat membantu membekali calon guru dengan kompetensi saintifik serta pedagogis yang relevan dengan tuntutan abad ke-21.

Kata Kunci: Modul Praktikum IPA, STEM, Project Based Learning, Keterampilan Proses Sains, Calon Guru SD.

1. PENDAHULUAN

Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) pada program studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar (PGSD) atau Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP) memiliki posisi strategis dalam menyiapkan calon guru yang mampu mengintegrasikan penguasaan konsep, keterampilan proses sains, dan kompetensi pedagogis secara utuh. Berbagai studi merencanakan bahwa guru sekolah dasar dituntut tidak hanya memahami teori IPA, tetapi juga mampu merancang pembelajaran yang kontekstual melalui pengembangan media, alat peraga, dan modul praktikum yang sesuai dengan karakteristik peserta didik [1]. Namun, beberapa penelitian melaporkan bahwa mahasiswa calon guru masih mengalami kesulitan dalam merancang dan melaksanakan praktikum IPA yang bermakna, karena pembelajaran praktikum cenderung bertumpu pada modul konvensional yang bersifat prosedural dan teoritis [2]. Kondisi ini berdampak pada rendahnya penguasaan keterampilan proses sains tingkat lanjut, khususnya dalam perancangan eksperimen dan analisis data [3].

Sejalan dengan tuntutan kompetensi abad ke-21 dan Profil Pelajar Pancasila, pendidikan calon guru perlu diarahkan pada penguatan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi [4]. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) efektif dalam mengembangkan kompetensi tersebut melalui integrasi teori dan praktik dalam konteks pemecahan masalah nyata [5]. Selain itu, Project Based Learning (PjBL) dilaporkan mampu memberikan pengalaman belajar autentik karena mahasiswa terlibat langsung dalam proses saintifik yang menghasilkan produk pembelajaran, seperti alat peraga IPA [6]. Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih menempatkan modul dan alat peraga sebagai dua entitas yang terpisah, sehingga pemanfaatan produk hasil PjBL belum sepenuhnya terstruktur tanpa dukungan modul praktikum yang sistematis [7].

Berbagai kajian terdahulu telah mengonfirmasi efektivitas modul praktikum dalam meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan proses sains mahasiswa calon guru. Misalnya, penelitian [8] mengembangkan modul praktikum kimia dasar berbasis green chemistry dan melaporkan peningkatan signifikan pada pemahaman konseptual mahasiswa. Studi lain oleh [9] menunjukkan bahwa modul praktikum IPA berbasis kurikulum nasional mampu meningkatkan keterampilan proses sains mahasiswa PGSD. Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut umumnya masih berfokus pada efektivitas modul sebagai bahan ajar, dengan penggunaan alat praktikum yang bersifat standar atau berbasis laboratorium pabrika, serta belum mengintegrasikan secara eksplisit alat peraga hasil Project Based Learning dalam kerangka pendekatan STEM.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa state of the art penelitian modul STEM saat ini masih didominasi oleh pengembangan modul konseptual atau prosedural, sementara integrasi fisik dan fungsional antara modul praktikum STEM dengan alat peraga low-cost buatan mahasiswa masih sangat terbatas dalam literatur. Padahal, bagi calon guru sekolah dasar, terutama yang akan mengajar di wilayah dengan keterbatasan fasilitas, kemampuan merancang dan memanfaatkan alat peraga sederhana berbasis bahan lokal merupakan kompetensi kunci yang belum banyak difasilitasi melalui perangkat ajar yang terstruktur.

Landasan teoretis penelitian ini bertumpu pada tiga kerangka utama. Pertama, pendekatan STEM yang menekankan integrasi sains, teknologi, rekayasa, dan matematika untuk menyelesaikan permasalahan kontekstual, serta terbukti mampu meningkatkan motivasi belajar dan keterampilan berpikir tingkat tinggi [10][11]. Kedua, model Project Based Learning (PjBL) yang memposisikan mahasiswa sebagai perancang proyek, sehingga mendorong keterlibatan aktif dalam proses perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi produk pembelajaran [12][13]. Ketiga, model pengembangan instruksional ADDIE yang secara luas digunakan dalam penelitian pengembangan modul dan terbukti menghasilkan produk pembelajaran yang

valid, praktis, dan efektif [14]. Ketiga kerangka ini menjadi dasar konseptual dalam merancang modul praktikum IPA berbasis STEM yang terintegrasi dengan alat peraga hasil PjBL.

Penelitian sebelumnya oleh [15] telah mengembangkan lima prototipe alat peraga IPA berbasis STEM melalui PjBL dan menunjukkan bahwa produk tersebut layak digunakan serta mampu meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa dengan gain score 0,56 (kategori sedang–tinggi). Namun, penelitian tersebut masih berfokus pada pengembangan alat peraga sebagai produk utama, dan belum dilengkapi dengan modul praktikum yang secara sistematis mengarahkan proses eksperimen, refleksi, dan evaluasi pembelajaran. Padahal, modul praktikum berperan penting sebagai penghubung antara alat peraga dan pengembangan keterampilan proses sains melalui penyajian tujuan, prosedur eksperimen, aktivitas analitis, dan instrumen evaluasi [16].

Selain itu, hasil studi pendahuluan di lokasi penelitian menunjukkan bahwa mahasiswa calon guru masih mengalami kelemahan pada aspek perancangan eksperimen dan analisis data. Mahasiswa cenderung mengikuti langkah praktikum secara mekanis tanpa memahami hubungan antara variabel, prosedur, dan hasil eksperimen. Temuan ini memperkuat kebutuhan akan modul praktikum yang tidak hanya menyajikan langkah kerja, tetapi juga mengarahkan mahasiswa pada proses berpikir ilmiah secara sistematis.

Berdasarkan paparan tersebut, kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada pengembangan modul praktikum IPA berbasis STEM yang terintegrasi secara langsung dengan alat peraga low-cost hasil Project Based Learning buatan mahasiswa, sehingga modul berfungsi tidak hanya sebagai panduan praktikum, tetapi juga sebagai sarana pembelajaran rekayasa dan penguatan keterampilan proses sains yang kontekstual. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan modul praktikum IPA berbasis STEM melalui alat peraga hasil PjBL yang valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan keterampilan proses sains serta hasil belajar mahasiswa calon guru SD.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian dan pengembangan (*research and development/R&D*) dengan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Model ADDIE dipilih karena menyediakan alur sistematis dan iteratif untuk menghasilkan produk pembelajaran yang valid, praktis, dan efektif, serta banyak digunakan dalam pengembangan modul praktikum IPA [17]. Penelitian ini tidak hanya bertujuan menghasilkan modul praktikum IPA berbasis STEM yang terintegrasi dengan alat peraga hasil *Project Based Learning* (PjBL), tetapi juga menguji kelayakan, kepraktisan, dan efektivitas modul tersebut dalam meningkatkan keterampilan proses sains dan hasil belajar mahasiswa calon guru sekolah dasar.

2.1 Subjek dan Desain Uji Coba

Subjek penelitian adalah mahasiswa semester IV Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar (PGSD) pada salah satu perguruan tinggi di Maluku Utara yang sedang menempuh mata kuliah Pembelajaran IPA. Pemilihan subjek dilakukan menggunakan *purposive sampling* karena mahasiswa pada semester ini telah memiliki dasar konsep IPA dan pengalaman praktikum awal, sehingga relevan untuk uji coba modul praktikum. Jumlah partisipan keseluruhan sebanyak 80 mahasiswa, yang dibagi ke dalam dua tahap uji coba, yaitu uji coba terbatas (20 mahasiswa) dan uji coba lapangan (60 mahasiswa).

Rancangan uji efektivitas modul menggunakan one-group pretest–posttest design, di mana seluruh partisipan diberikan tes awal (*pretest*) sebelum penggunaan modul dan tes akhir (*posttest*) setelah mengikuti pembelajaran menggunakan modul praktikum IPA berbasis STEM. Desain ini dipilih untuk mengidentifikasi peningkatan hasil belajar dan keterampilan proses sains mahasiswa setelah mendapatkan perlakuan (*treatment*) berupa penggunaan modul yang dikembangkan.

2.2 Spesifikasi Produk Modul Praktikum

Produk yang dikembangkan berupa modul praktikum IPA berbasis STEM yang terintegrasi dengan alat peraga low-cost hasil Project Based Learning buatan mahasiswa. Modul disusun untuk digunakan pada perkuliahan IPA di program studi PGSD dan memuat beberapa topik IPA yang relevan dengan kurikulum IPA SD serta kebutuhan pembelajaran calon guru.

Setiap topik dalam modul disusun dengan struktur yang konsisten, meliputi: tujuan praktikum, pemetaan unsur STEM, permasalahan kontekstual, langkah kerja praktikum, panduan penggunaan alat peraga, lembar pengamatan dan analisis data, refleksi, serta evaluasi. Rincian topik/materi IPA yang dibahas dalam modul disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Topik Praktikum IPA dalam Modul Berbasis STEM

| No | Topik IPA | Alat Peraga (Produk PiBL) | Fokus Keterampilan Proses Sains |
|----|-------------------|---|-----------------------------------|
| 1 | Ekosistem | Miniatur ekosistem berbahan alam | Observasi, klasifikasi, inferensi |
| 2 | Sistem Pernapasan | Model paru-paru dari bahan daur ulang | Merumuskan hipotesis, eksperimen |
| 3 | Listrik Sederhana | Rangkaian listrik dari bahan rumah tangga | Identifikasi variabel, pengukuran |
| 4 | Asam dan Basa | Indikator alami dari bahan lokal | Analisis data, interpretasi hasil |
| 5 | Sistem Pencernaan | Model organ pencernaan 3D sederhana | Komunikasi ilmiah, refleksi |

2.3 Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen pengumpulan data meliputi:

- 1) lembar validasi ahli untuk menilai aspek isi, bahasa, penyajian, dan kegrafikan modul;
- 2) kuesioner kepraktisan untuk mengetahui respons mahasiswa terhadap kemudahan penggunaan modul;
- 3) lembar observasi keterampilan proses sains yang mencakup indikator merumuskan hipotesis, melakukan observasi, merancang eksperimen, menganalisis data, dan menarik kesimpulan; serta
- 4) tes hasil belajar berupa *pretest* dan *posttest* untuk mengukur penguasaan konsep IPA mahasiswa.

Seluruh instrumen divalidasi terlebih dahulu oleh ahli materi IPA dan ahli evaluasi pembelajaran untuk memastikan kesesuaian indikator dengan tujuan penelitian [18].

2.4 Prosedur Pengembangan dan Implementasi Modul

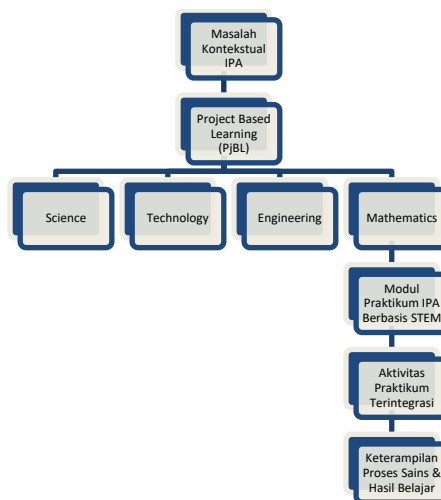
Prosedur penelitian mengikuti tahapan model ADDIE. Pada tahap *Analysis*, peneliti melakukan analisis kebutuhan melalui wawancara dengan dosen pengampu dan mahasiswa PGSD, serta telaah kurikulum IPA SD. Tahap *Design* meliputi perancangan struktur modul, pemetaan kompetensi dan unsur STEM, serta penyusunan instrumen evaluasi. Tahap *Development* berfokus pada penyusunan modul praktikum dan pengintegrasian alat peraga hasil PjBL, kemudian dilakukan validasi oleh para ahli dan revisi produk. Tahap *Implementation* dilakukan melalui uji coba terbatas dan uji coba lapangan dengan menerapkan modul dalam perkuliahan IPA. Tahap *Evaluation* meliputi evaluasi formatif (validasi ahli, kepraktisan, dan observasi keterampilan proses sains) serta evaluasi sumatif melalui analisis peningkatan hasil belajar mahasiswa.

2.5 Kerangka Konseptual Integrasi STEM-PjBL dalam Modul

Sebagai pengganti diagram ADDIE yang bersifat generik, penelitian ini menggunakan diagram kerangka konseptual integrasi STEM-PjBL dalam modul praktikum. Diagram ini menggambarkan bagaimana setiap komponen STEM diterjemahkan ke dalam langkah kerja praktikum, yaitu:

- a. *Science*: konsep IPA yang menjadi dasar praktikum,
- b. *Technology*: pemanfaatan alat dan bahan sederhana,
- c. *Engineering*: proses perancangan dan pembuatan alat peraga,
- d. *Mathematics*: pengukuran, perhitungan, dan analisis data.

Keempat komponen tersebut diintegrasikan dalam tahapan PjBL, mulai dari penentuan masalah, perancangan proyek, pembuatan alat peraga, pengujian melalui praktikum, hingga refleksi dan evaluasi hasil belajar mahasiswa. Diagram kerangka konseptual integrasi STEM-PjBL disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Konseptual Integrasi STEM-PjBL dalam Modul Praktikum IPA

2.6 Teknik Analisis Data

Data dianalisis menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Data validasi ahli dan kepraktisan modul dianalisis secara deskriptif kuantitatif menggunakan rata-rata skor dan kategori kelayakan. Data keterampilan proses sains dianalisis dengan menghitung persentase ketercapaian tiap indikator. Sementara itu, data *pretest* dan *posttest* dianalisis menggunakan *gain score* untuk mengetahui peningkatan hasil belajar [19], serta uji *paired t-test* untuk menguji perbedaan signifikan sebelum dan sesudah penggunaan modul [18]. Data kualitatif berupa komentar validator dan respons mahasiswa dianalisis secara deskriptif untuk melengkapi dan memperkuat temuan kuantitatif.

Dengan prosedur tersebut, penelitian ini diharapkan menghasilkan modul praktikum IPA berbasis STEM melalui alat peraga hasil PjBL yang valid, praktis, dan efektif, serta dapat direplikasi oleh peneliti lain pada konteks pendidikan calon guru yang serupa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

3.1.1. Validasi Ahli

Hasil validasi ahli menunjukkan bahwa modul praktikum IPA berbasis STEM berada pada kategori sangat baik dengan skor rata-rata 4,55. Aspek isi memperoleh skor tertinggi karena dinilai relevan dengan capaian pembelajaran IPA SD, akurat secara konseptual, serta mampu mengintegrasikan pendekatan STEM secara eksplisit ke dalam aktivitas praktikum. Aspek bahasa memperoleh skor rata-rata 4,4 (kategori baik), yang menunjukkan bahwa modul mudah dipahami oleh mahasiswa calon guru. Sementara itu, aspek penyajian dan kegrafikan memperoleh skor masing-masing 4,5 dan 4,7, yang mengindikasikan bahwa modul disusun secara sistematis dan memiliki tampilan visual yang mendukung keterlibatan mahasiswa.

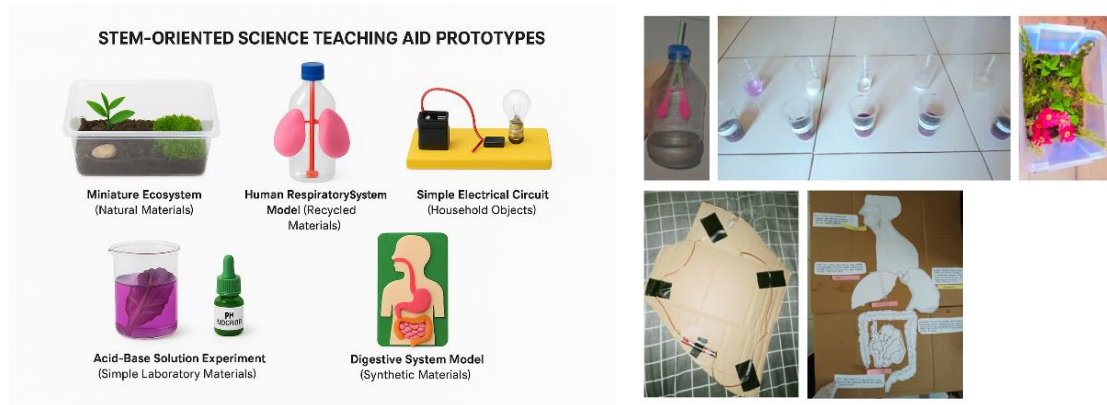
Tabel 2. Hasil Validasi Ahli Modul Praktikum

| Aspek | Rata-rata Skor | Kategori |
|------------|----------------|-------------|
| Isi | 4,6 | Sangat Baik |
| Bahasa | 4,4 | Baik |
| Penyajian | 4,5 | Sangat Baik |
| Kegrafikan | 4,7 | Sangat Baik |
| Total | 4,55 | Sangat Baik |

Sebagai bukti fisik (*physical evidence*) dari produk yang dikembangkan, modul dan alat peraga hasil Project Based Learning mahasiswa ditampilkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Tampilan cover dan contoh halaman isi modul praktikum IPA berbasis STEM



Gambar 3. Contoh alat peraga IPA hasil Project Based Learning mahasiswa

Visualisasi produk ini penting untuk menunjukkan bahwa modul yang dikembangkan bukan sekadar dokumen konseptual, melainkan perangkat pembelajaran nyata yang siap digunakan dalam konteks perkuliahan IPA calon guru.

3.1.2. Kepraktisan Modul

Hasil kuesioner kepraktisan menunjukkan skor rata-rata 4,35 dengan kategori praktis. Mahasiswa menilai modul mudah digunakan, instruksi praktikum jelas, serta mendukung kerja kelompok dan diskusi ilmiah.

Tabel 3. Hasil Kepraktisan Modul oleh Mahasiswa

| Pernyataan | Rata-rata Skor | Kategori |
|--------------------------|----------------|----------------|
| Instruksi mudah diikuti | 4,3 | Praktis |
| Bahasa sederhana & jelas | 4,4 | Praktis |
| Desain modul menarik | 4,5 | Sangat Praktis |
| Mendukung kerja kelompok | 4,2 | Praktis |
| Rata-rata total | 4,35 | Praktis |

Selain data kuantitatif, kepraktisan modul juga diperkuat oleh temuan kualitatif berupa respons naratif mahasiswa. Beberapa mahasiswa menyatakan bahwa modul membantu mereka memahami alur praktikum secara lebih sistematis, sebagaimana tercermin dalam kutipan berikut:

“Modul ini membuat kami lebih paham langkah praktikum karena tidak hanya berisi teori, tetapi juga langsung mengarahkan kami menggunakan alat peraga yang kami buat sendiri.” (Mahasiswa A)

Mahasiswa lain menambahkan bahwa penggunaan modul meningkatkan keterlibatan dan kepercayaan diri dalam praktikum:

“Biasanya praktikum hanya mengikuti petunjuk, tapi dengan modul ini kami merasa seperti benar-benar merancang dan mencoba sendiri.” (Mahasiswa B)

Kutipan ini menunjukkan bahwa modul tidak hanya praktis secara teknis, tetapi juga mendorong keterlibatan aktif mahasiswa dalam proses pembelajaran.

3.1.3. Keterampilan Proses Sains (KPS)

Hasil observasi menunjukkan bahwa keterampilan proses sains mahasiswa berada pada kategori baik hingga sangat baik. Indikator merumuskan hipotesis, melakukan observasi, dan menunjukkan sikap ilmiah memperoleh persentase tertinggi. Namun, indikator analisis data memperoleh persentase terendah, yaitu 80%, meskipun masih berada pada kategori baik.

Tabel 4. Observasi Keterampilan Proses Sains Mahasiswa

| Indikator KPS | Skor Maksimal | Skor Rata-rata | Persentase (%) | Kategori |
|----------------------|---------------|----------------|----------------|-------------|
| Merumuskan hipotesis | 4 | 3,5 | 87,5% | Sangat Baik |
| Mengamati fenomena | 4 | 3,3 | 82,5% | Baik |
| Analisis data | 4 | 3,2 | 80% | Baik |
| Sikap ilmiah | 4 | 3,6 | 90% | Sangat Baik |

Temuan ini mengindikasikan bahwa mahasiswa relatif mampu melakukan aktivitas praktikum dan pengamatan, tetapi masih mengalami kesulitan pada tahap interpretasi data dan penarikan makna ilmiah dari hasil percobaan.

3.1.4. Hasil Belajar Mahasiswa

Analisis hasil belajar menunjukkan adanya peningkatan signifikan setelah penggunaan modul. Pada uji coba terbatas, skor rata-rata meningkat dari 55,0 menjadi 78,0 dengan nilai N-gain 0,51 (kategori sedang). Pada uji coba lapangan, skor meningkat dari 53,0 menjadi 82,0 dengan nilai N-gain 0,62 (kategori sedang–tinggi). Hasil ini menunjukkan bahwa modul praktikum IPA berbasis STEM efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa calon guru.

Tabel 5. Hasil Belajar Mahasiswa (Pretest-Posttest)

| Kelompok | Rata-rata Pretest | Rata-rata Posttest | Gain (g) | Kategori |
|-------------------|-------------------|--------------------|----------|---------------|
| Uji coba terbatas | 55,0 | 78,0 | 0,51 | Sedang |
| Uji coba lapangan | 53,0 | 82,0 | 0,62 | Sedang-Tinggi |

3.2. Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa modul praktikum IPA berbasis STEM melalui alat peraga hasil Project Based Learning memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif. Validitas modul yang tinggi menunjukkan kesesuaian antara konten, struktur, dan tujuan pembelajaran, sejalan dengan pandangan bahwa perangkat pembelajaran yang berkualitas harus memenuhi validitas isi dan konstruk [20]. Tampilan visual dan struktur modul yang sistematis juga memperkuat peran modul sebagai panduan praktikum yang mudah diikuti, sebagaimana ditegaskan dalam penelitian pengembangan perangkat pembelajaran sebelumnya [14].

Dari sisi kepraktisan, temuan kuantitatif dan kualitatif menunjukkan bahwa modul membantu mahasiswa dalam memahami alur praktikum dan meningkatkan keterlibatan belajar. Hal ini mendukung pandangan bahwa modul praktikum berfungsi sebagai *scaffolding* yang memungkinkan mahasiswa membangun pengetahuan secara aktif sesuai dengan teori konstruktivis [21]. Narasi mahasiswa menunjukkan bahwa integrasi modul dengan alat peraga buatan sendiri memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna dibanding praktikum konvensional.

Temuan menarik muncul pada aspek keterampilan proses sains, khususnya indikator analisis data yang memperoleh persentase terendah. Kondisi ini dapat dijelaskan melalui perspektif *scientific literacy* dan *numeracy*. Mahasiswa PGSD umumnya memiliki latar belakang kemampuan matematika dan statistik yang terbatas, sehingga mengalami kesulitan dalam menginterpretasikan data kuantitatif hasil eksperimen. Hal ini sejalan dengan kajian yang menyatakan bahwa kemampuan analisis data merupakan komponen literasi sains yang paling kompleks karena memerlukan integrasi pengetahuan konseptual dan numerik. Dengan demikian, hasil penelitian ini mengindikasikan perlunya penguatan aktivitas numerasi sains dalam modul praktikum, misalnya melalui latihan analisis tabel, grafik, dan perbandingan data eksperimen.

Dari aspek efektivitas, nilai N-gain 0,62 berada pada kategori sedang–tinggi dan sebanding dengan hasil penelitian intervensi STEM lain yang melaporkan peningkatan hasil belajar pada kisaran sedang hingga tinggi [11]. Hal ini menunjukkan bahwa modul yang dikembangkan memiliki efektivitas yang kompetitif dibanding penelitian sejenis. Lebih jauh, peningkatan hasil belajar ini tidak hanya berdampak pada aspek kognitif, tetapi juga pada aspek pedagogis mahasiswa calon guru.

Penggunaan modul praktikum berbasis STEM yang terintegrasi dengan alat peraga hasil PjBL berkontribusi pada peningkatan *teacher self-efficacy* mahasiswa. Mahasiswa menjadi lebih percaya diri dalam merancang dan melaksanakan praktikum IPA, serta merasa memiliki kesiapan pedagogis untuk mengajarkan IPA secara kontekstual di sekolah dasar. Hal ini penting karena kepercayaan diri guru merupakan faktor kunci dalam keberhasilan implementasi pembelajaran inovatif di kelas.

Secara keseluruhan, hasil dan pembahasan penelitian ini menegaskan bahwa integrasi modul praktikum IPA berbasis STEM dengan alat peraga hasil Project Based Learning tidak hanya meningkatkan hasil belajar dan keterampilan proses sains, tetapi juga membentuk pola pikir pedagogis mahasiswa sebagai calon guru yang lebih reflektif, kreatif, dan adaptif terhadap keterbatasan fasilitas pembelajaran.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa modul praktikum IPA berbasis STEM melalui alat peraga hasil Project Based Learning memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif sebagai perangkat pembelajaran bagi mahasiswa calon guru sekolah dasar. Modul yang dikembangkan mampu mendukung pembelajaran IPA yang lebih kontekstual dan aplikatif, serta berkontribusi dalam meningkatkan keterampilan proses sains dan pemahaman konseptual mahasiswa. Temuan ini menegaskan bahwa integrasi pendekatan STEM dan PjBL dalam modul praktikum memberikan pengalaman belajar yang bermakna dan relevan dengan kebutuhan pedagogis calon guru di tengah keterbatasan fasilitas pembelajaran.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, antara lain uji coba modul yang masih terbatas pada satu program studi dan konteks perkuliahan IPA tertentu, serta cakupan materi praktikum yang belum mencakup seluruh topik IPA SD. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas implementasi modul ke berbagai institusi pendidikan guru dan mengembangkan modul ke dalam format digital atau *e-module* yang terintegrasi dengan *learning management system* guna mendukung pembelajaran hybrid dan blended learning. Penelitian lanjutan juga dapat difokuskan pada penguatan aspek analisis data dan numerasi sains untuk meningkatkan keterampilan proses sains mahasiswa secara lebih komprehensif.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada para dosen validator ahli yang telah memberikan masukan berharga dalam proses validasi modul, rekan sejawat yang turut memberikan dukungan selama pelaksanaan penelitian, serta mahasiswa Program Studi PGSD yang telah berpartisipasi aktif dalam uji coba modul praktikum. Kontribusi dan kerja sama semua pihak sangat membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

REFERENCES

- [1] Zaky Adhitya Ginanjar Sasmita, Wahono Widodo, & Sifak Indana. (2021). Contextual Based Learning Media Development to Train Creative Thinking Skill in Primary School. *IJORER: International Journal of Recent Educational Research*, 2(4), 468–476. <https://doi.org/10.46245/ijorer.v2i4.124>
- [2] Marjanah, M., Pandia, E., & Nursamsu, N. (2021). Development of Practicum Instruction Module Based on Project Based Learning (PjBL) Integrated with Science Process Skills and Scientific Literacy. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(SpecialIssue), 104–111. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v7ispecialissue.874>
- [3] Wola, B. R., Rungkat, J. A., & Harindah, G. M. D. (2023). Science process skills of prospective science teachers' in practicum activity at the laboratory. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 9(1), 50–61. <https://doi.org/10.21831/jipi.v9i1.52974>
- [4] Wardani, I. S., & Fiorintina, E. (2023). Building Critical Thinking Skills of 21st Century Students through Problem Based Learning Model. *JPI (Jurnal Pendidikan Indonesia)*, 12(3), 461–470. <https://doi.org/10.23887/jpiundiksha.v12i3.58789>
- [5] Kelley. (2016). Kelley, T. R. & Knowles, J. G. 2016, 'A conceptual framework for integrated STEM education', *Conceptual Framework for Integrated STEM Education*, 3(11), 3–4.
- [6] Erlina, N., Warpala, I. W. S., & Juniartina, P. P. (2023). Kesiapan Calon Guru IPA dalam Pengembangan Alat Peraga 3D berbasis Eco-Friendly melalui Project Based Blended Learning. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Sains Indonesia*, 6, 152–161.
- [7] Ivan Centeno Lacanilao, & Angelito S. Manalastas. (2023). Development and validation of instructional learning module in tailoring. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 20(1), 1071–1088. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2023.20.1.2166>
- [8] Laily Yunita Susanti. (2022). Pengembangan Modul Praktikum berbasis Green Chemistry untuk Menanamkan Karakter Peduli Lingkungan pada Calon Guru IPA. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 12(3), 798–807. <https://doi.org/10.37630/jpm.v12i3.657>
- [9] Arnita Sari, Y. (2019). Penerapan Pembelajaran Berbasis Praktikum Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Dan Sikap Ilmiah Siswa Smk Pada Materi Bakteri. *SINAU: Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Humaniora*, 5(2), 60–77. <https://doi.org/10.37842/sinau.v5i2.55>
- [10] Hu, W., & Guo, X. (2021). Toward the Development of Key Competencies: A Conceptual Framework for the STEM Curriculum Design and a Case Study. *Frontiers in Education*, 6(October), 1–12. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.684265>

- [11] Nikmah, M., Yudiyanto, Y., Wahyuni, S., & Ikashaum, F. (2022). Motivasi Belajar Matematika Siswa Saat Pembelajaran Daring. *Kognitif: Jurnal Riset HOTS Pendidikan Matematika*, 2(1), 19–25. <https://doi.org/10.51574/kognitif.v2i1.416>
- [12] Rahman, I., Kaema, M. T., Nurhapipah, N., Nelwati, S., Sabri, A., & Rahmanda, R. (2024). Systematic Literature Review: Analysis of Project-based Learning Models from Elementary to High School. *Al-Ashri: Ilmu-Ilmu Keislaman*, 9(2), 53–66.
- [13] Puspitasari, E. (2020). Project-based Learning Implementation to Cultivate Preservice English Teachers' 21st Century Skills. *IJELTAL (Indonesian Journal of English Language Teaching and Applied Linguistics)*, 5(1), 191. <https://doi.org/10.21093/ijeltal.v5i1.638>
- [14] Hasanah Dewi Lestari, D. R. M. H. U. (2023). Application of the Addie Model in Designing Digital Teaching Materials. *Jurnal Pendidikan Dan Pengajaran Guru Sekolah Dasar (JPPGuseda)*, 6(1), 105–109. <https://doi.org/10.55215/jppguseda.v6i1.7525>
- [15] Sarapung, R. R. (2025). the Development of a Stem-Oriented Science Teaching Aid Prototype Through Project-Based Learning Utilizing Diverse Local Resource Materials. *EDUPROXIMA : Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA*, 7(3), 1135–1148. <https://doi.org/10.29100/v7i3.8480>
- [16] Rayment, S., Evans, J. R., Coffey, M., Kirk, S., Sivasubramaniam, S. Das, & Moss, K. (2023). The Role of Technology in Undergraduate Bioscience Laboratory Learning: Bridging the Gap between Theory and Practice. *Education Sciences*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/educsci13080766>
- [17] Branch, R. M. (2010). Instructional design: The ADDIE approach. *Instructional Design: The ADDIE Approach*, 1–203. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6>
- [18] Ananda, P. N., & Usmeldi, U. (2023). Validity and Practicality of E-Module Model Inquiry Based Online Learning to Improve Student Competence. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(4), 2010–2017. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i4.3563>
- [19] Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- [20] TATLI, Z., GÜLAY, A., MURADOĞLU, B., & BEKAR, Ş. N. (2023). Evaluation of digital instructional materials developed by primary school teacher candidates with different learning styles. *Journal of Educational Technology and Online Learning*, 6(3), 578–601. <https://doi.org/10.31681/jetol.1222327>
- [21] Maulana, A., & Syihabuddin. (2025). Constructivist Philosophy of Student-Centred Learning Approach in Indonesian Higher Education Context. *Professional Journal of English Education*, 8(2), 516–526.