

Efektivitas Modul Ipa Pbl-Steam Untuk Mengembangkan Keterampilan Proses Sains Siswa Dalam Pemecahan Masalah Pesawat Sederhana

The Effectiveness of The Pbl-Steam Science Module To Develop Students' Science Process Skills In Simple Aircraft Problem Solving

Himatul Aliyah, Sulistyo Saputro*, Sarwanto

Program Studi Pendidikan Sains, Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret, Jalan Ir. Sutami
36A, Surakarta, Indonesia

*Corresponding author: sulistyo-s@staff.uns.ac.id

Abstract: This study tested the effectiveness of PBL-STEAM-based science modules (Problem-Based Learning - Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) in developing Science Process Skills (KPS) for students with simple airplane materials. Initial observations show the urgency of increasing student PPP in solving complex problems. This module is designed based on the PBL-STEAM syntax i.e. orientation; exploration and investigation; guided research; product creation, production, and presentation; product and process evaluation. The development research (R&D) using the Thiagarajan 4D model, involved grade VIII students of SMP Negeri 2 Balen, Bojonegoro, with one control class and two experimental classes. KPS data is collected through test instruments. Quantitative analysis includes prerequisite tests (normality, homogeneity) and independent sample t-test. The results of the Shapiro-Wilk normality test ($p > 0.05$) showed that all data were distributed normally. The results of the Levene's Test homogeneity test showed homogeneous pre-test data, with a significance value of $0.709 > 0.05$. However, for post-test scores, the test results showed a significance of $0.000 < 0.05$, indicating that the post-test data was not homogeneous, even though the independent sample t-test test could still be applied, The t-test results showed significant differences between the two groups, so that the IPA PBL-STEAM module proved to be effective and had a positive impact on improving students' KPS.

Keywords: Science process skills, Simple plane, Problem Based Learning

1. PENDAHULUAN

Pendidikan sains memegang peranan penting dalam membentuk generasi yang mampu berpikir kritis, kreatif, dan inovatif. Di era globalisasi saat ini, penguasaan keterampilan abad ke-21, termasuk keterampilan proses sains (KPS) dan pemecahan masalah, menjadi sangat penting bagi siswa untuk menghadapi tantangan kompleks di masa depan (Vincent-Lancrin et al., 2019). Keterampilan proses sains memungkinkan siswa untuk tidak hanya memahami konsep-konsep ilmiah, tetapi juga mengembangkan kemampuan dalam mengamati, mengklasifikasi, mengukur, menginferensi, memprediksi, dan mengkomunikasikan hasil temuan, sementara keterampilan pemecahan masalah memungkinkan mereka untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mencari solusi atas berbagai persoalan (Gizaw & Sota, 2023). Dalam konteks pendidikan IPA, penguasaan KPS menjadi semakin penting mengingat tantangan pemecahan masalah kompleks di dunia nyata yang terus berkembang. Namun, kenyataannya pembelajaran IPA di sekolah seringkali masih berpusat pada transfer pengetahuan dan kurang memberikan kesempatan bagi siswa untuk secara aktif terlibat dalam eksplorasi ilmiah dan pengembangan keterampilan esensial ini, khususnya dalam konteks pemecahan masalah (Faisal & Martin, 2019). Hal ini menunjukkan urgensi untuk mengadopsi pendekatan pembelajaran yang lebih partisipatif dan berorientasi pada pengembangan keterampilan proses sains serta pemecahan masalah.

Pendekatan pembelajaran inovatif diperlukan untuk menjembatani kesenjangan ini. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah model pembelajaran berbasis masalah (Problem-Based Learning) yang diintegrasikan dengan aspek Sains, Teknologi, Teknik, Seni, dan Matematika (STEAM), atau dikenal sebagai PBL-STEAM. Model ini menempatkan siswa sebagai pusat pembelajaran, mendorong mereka untuk secara aktif terlibat dalam proses penyelidikan dan penemuan melalui proyek-proyek yang relevan dengan kehidupan nyata (Rahmatjati et al., 2023). Dengan demikian, diharapkan KPS siswa dapat terasah secara optimal. PBL menekankan pada pemecahan masalah otentik sebagai titik awal pembelajaran, mendorong siswa untuk berpikir mandiri dan

berkolaborasi. Pendekatan ini tidak hanya membangun pemahaman konsep yang lebih dalam, tetapi juga mengembangkan keterampilan penting seperti penalaran kritis, komunikasi efektif, dan inisiatif dalam menghadapi tantangan abad 21 (Janah et al., 2018). Sementara itu, pendekatan STEAM mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu untuk menciptakan pengalaman belajar yang holistik, relevan, dan bermakna. Berbeda dengan pembelajaran konvensional yang cenderung terkotak-kotak, STEAM membuka ruang bagi siswa untuk melihat keterkaitan antar bidang ilmu dan membangun pemahaman yang lebih dalam (Belbase et al., 2022). Dengan mengombinasikan kedua pendekatan ini dalam pengembangan modul IPA PBL-STEAM, diharapkan pembelajaran dapat menjadi lebih menarik, interaktif, dan efektif dalam mengembangkan KPS siswa sekaligus meningkatkan kemampuan mereka dalam memecahkan masalah terkait pesawat sederhana. Lebih jauh lagi, melalui proses ini, siswa akan terlatih untuk berpikir kritis, kreatif, dan kolaboratif, mempersiapkan mereka menghadapi tantangan kompleks di masa depan (Asyari & Zakir, 2023). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas modul IPA PBL-STEAM dalam mengembangkan keterampilan proses sains siswa dalam pemecahan masalah pesawat sederhana.

Salah satu topik dalam IPA yang memerlukan pemahaman konsep mendalam dan kemampuan aplikasi adalah pesawat sederhana. Pesawat sederhana merupakan materi fundamental yang melibatkan prinsip-prinsip fisika dasar yang dapat dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Pemahaman yang kuat mengenai jenis-jenis pesawat sederhana, seperti tuas, katrol, bidang miring, roda berporos, serta prinsip kerja dan perhitungan keuntungannya, sangat penting bagi siswa untuk dapat menganalisis dan memecahkan masalah terkait gaya dan usaha dalam berbagai konteks kehidupan (Gizaw & Sota, 2023). Namun, siswa kerap mengalami kesulitan dalam mengaitkan konsep pesawat sederhana dengan fenomena nyata dan menerapkannya untuk memecahkan masalah praktis (Ros et al., 2022). Pendekatan pembelajaran yang inovatif dan terintegrasi diperlukan untuk menjembatani kesenjangan antara teori dan aplikasi, sekaligus memfasilitasi pengembangan KPS siswa.

Modul pembelajaran, sebagai salah satu bentuk bahan ajar mandiri, dapat menjadi solusi untuk memfasilitasi pembelajaran yang terstruktur dan terarah, sekaligus memberikan keleluasaan bagi siswa untuk belajar sesuai kecepatannya sendiri. Pengembangan modul IPA berbasis PBL-STEAM diharapkan dapat menjadi instrumen yang efektif dalam menstimulasi KPS siswa melalui penyajian masalah-masalah kontekstual terkait pesawat sederhana, membimbing mereka melalui tahapan inkuiri, serta mendorong mereka untuk mengintegrasikan pemahaman sains, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika dalam mencari Solusi (Parenta et al., 2022). Penelitian ini memandang penting untuk menguji efektivitas modul IPA PBL-STEAM dalam mengembangkan keterampilan proses sains siswa, khususnya dalam konteks pemecahan masalah pesawat sederhana. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam perbaikan praktik pembelajaran IPA, serta menjadi acuan bagi pengembangan bahan ajar inovatif lainnya yang berorientasi pada peningkatan kualitas pendidikan sains di Indonesia.

2. METODE

Penelitian ini mengadopsi metode penelitian pengembangan (R&D) dengan model pengembangan 4D yaitu Define, Design, Develop, Disseminate (Thiagarajan et al., 1976) untuk menghasilkan modul IPA inovatif. Modul ini dirancang dengan mengintegrasikan model pembelajaran berbasis masalah (PBL) dan pendekatan STEAM, bertujuan agar efektif, relevan, dan mendukung proses pembelajaran serta meningkatkan keterampilan proses sains siswa. Proses pengembangan modul mencakup analisis kebutuhan, perancangan model awal, pengembangan prototipe, dan pengujian keefektifan modul IPA berbasis PBL-STEAM dibandingkan bahan ajar konvensional (Kartika, 2021)..

Tahap Pendahuluan, atau Desain, merupakan fondasi penting dalam pengembangan modul IPA menggunakan model 4D. Tujuan utamanya adalah untuk mengidentifikasi kebutuhan, tujuan, dan karakteristik modul yang akan dikembangkan. Tahap ini mencakup lima kegiatan utama yaitu 1) Analisis permasalahan yang meliputi identifikasi kesulitan siswa dan guru dalam pembelajaran IPA, khususnya terkait bahan ajar, untuk menentukan langkah pengembangan yang tepat dan mengumpulkan data akurat. 2) Analisis siswa berupa identifikasi karakteristik siswa (kemampuan, minat, motivasi, gaya belajar) agar modul dapat disesuaikan dengan kebutuhan mereka, termasuk pemilihan media, format, dan bahasa yang relevan. 3) Analisis tugas yaitu mengidentifikasi isi modul IPA dan capaian pembelajaran yang harus dikuasai siswa untuk memenuhi tujuan pembelajaran. 4) Analisis konsep berupa identifikasi konsep inti, menyusunnya secara hierarkis, membedakan konsep relevan/tidak relevan, serta merencanakan langkah pembelajaran yang sistematis. Dan 5) Perumusan tujuan pembelajaran yaitu mensintesis hasil analisis konsep dan tugas untuk mendefinisikan perilaku spesifik yang diharapkan dari siswa setelah pembelajaran, memastikan proses pembelajaran efektif dan mencapai hasil optimal. Data yang diperlukan untuk analisis ini akan didapatkan dari angket analisis kebutuhan yang disebarakan kepada guru dan siswa SMP Negeri 2 Balen, Bojonegoro, Jawa Timur, terkait proses pembelajaran IPA

Tahap pengembangan modul IPA dalam model 4D terbagi menjadi dua sub-tahap utama yaitu Desain dan Pengembangan (Develop). Tahap desain merupakan kelanjutan dari tahap pendahuluan, di mana konsep modul mulai diwujudkan dalam bentuk yang lebih konkret dan detail. Kegiatan utama pada tahap ini meliputi: Penyusunan instrument, pemilihan media pembelajaran, pemilihan bahan ajar modul, dan rancangan awal modul (draft I). Tahap Pengembangan (Develop) adalah fase pembuatan modul sebenarnya dan proses validasi serta uji



coba. Tahap pengembangan Modul IPA PBL-STEAM mengikuti model 4D Thiagarajan (1976), yang mencakup validasi ahli (expert appraisal) yang melibatkan ahli desain dan ahli materi (dosen Pascasarjana Pendidikan Sains UNS dan guru IPA) untuk mengevaluasi kualitas menyeluruh modul. Tujuannya adalah memastikan modul dirancang dengan baik, materinya akurat, dan sesuai untuk pembelajaran, serta mendapatkan saran perbaikan sebelum uji coba. Modul yang sudah direvisi berdasarkan masukan validator kemudian diuji coba langsung kepada siswa. Pengujian dilakukan dalam dua tahap yaitu uji coba kelompok kecil (15 peserta didik) diikuti oleh uji coba kelompok besar (seluruh siswa dalam satu kelas uji coba) untuk mendapatkan tanggapan langsung mengenai produk.

Modul dievaluasi sebelum dan sesudah uji coba terbatas oleh ahli, praktisi, dan teman sejawat menggunakan angket validasi. Kualitas modul dianggap layak jika mencapai kategori sangat baik atau baik berdasarkan perbandingan skor rata-rata dengan kategori penilaian yang ditentukan. Validitas isi instrumen diukur menggunakan teknik Aiken's V (Azwar, 2012) untuk memastikan bahwa setiap pertanyaan mewakili konsep yang ingin diukur, dengan koefisien korelasi tertentu menunjukkan kelayakan instrumen.

Rumus Aiken sebagai berikut:

$$V = \frac{\sum S}{n(C - 1)}$$

Keterangan:

V = validitas instrumen

S = r - lo

r = angka yang diberikan oleh penilai

lo = angka penilaian validitas yang terendah

n = jumlah penilai

c = angka penilaian validitas yang tertinggi

Nilai validitas yang didapatkan selama pengumpulan data akan menentukan keabsahan angket yang digunakan dalam studi ini. Detail kriteria penilaian koefisien korelasi untuk validitas angket bisa dilihat di Tabel

Tabel 1. Koefisien Korelasi Uji Validitas

Besarnya nilai r	Interpretasi
0,00 – 0,11	Tidak Layak Digunakan
0,12 – 0,20	Layak Digunakan dengan Pertimbangan Tertentu
0,21 – 0,35	Layak Digunakan
0,36 – 1,00	Sangat Layak Digunakan

Tahap pengujian merupakan fase akhir penelitian yang berfokus pada evaluasi komprehensif dan diseminasi produk yang telah dikembangkan, yaitu modul IPA PBL-STEAM. Tujuan utamanya adalah memastikan validitas dan reliabilitas modul, serta mengevaluasi efektivitasnya dalam mendukung pembelajaran IPA dan mengembangkan keterampilan proses sains siswa. Analisis Efektivitas modul IPA PBL-STEAM terhadap keterampilan proses sains siswa dengan mengukur peningkatan keterampilan proses sains siswa pada kelas eksperimen dan kontrol menggunakan angket berskala Likert dan tes uraian (pre-test dan post-test). Uji Mann-Whitney digunakan untuk menguji perbedaan signifikan antara kedua kelas karena data bersifat ordinal. Uji t independen digunakan untuk perbedaan signifikan dalam keterampilan proses sains. Peningkatan diukur dengan teknik normalized gain (n-gain score) yang dikategorikan sebagai Tinggi, Sedang, atau Rendah (Sukarelawan et al., 2024), di mana skor n-gain di atas 0,70 mengindikasikan peningkatan tinggi.

Rumus n-gain score sebagai berikut:

$$< g > = \frac{S_f - S_i}{S_{max} - S_i}$$

Keterangan :

< g > = nilai normalized gain

S_f = skor posttest

S_i = skor pretest

S_{max} = skor maksimal

Untuk mengetahui tingkat peningkatan keterampilan proses sains, hasil perhitungan N-Gain kemudian akan dianalisis dengan merujuk pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria indeks gain

Interval skor	Kategori
$g > 0,70$	Tinggi
$0,30 < g \leq 0,70$	Sedang
$g \leq 0,30$	Rendah

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Define

Pada studi pendahuluan yang merupakan bagian dari penelitian pengembangan model 4D (Define, Design, Develop, Disseminate), bertujuan untuk mengembangkan modul pembelajaran IPA berbasis Problem Based Learning-Science Technology Engineering Art Mathematic (PBL-STEAM) pada materi pesawat sederhana guna meningkatkan keterampilan proses sains siswa. Tahap Define dari penelitian ini melibatkan survei terhadap 64 siswa dan 4 guru di SMP Negeri 2 Balen, Bojonegoro Jawa Timur. Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa: Seluruh guru dan siswa (100%) kesulitan memahami konsep, cara kerja, dan aplikasi pesawat sederhana, serta dalam mengerjakan soal. Pemahaman dasar tentang prinsip kerja dan aplikasi masih sangat rendah, terbukti dari 100% siswa yang tidak mampu menjelaskan perbedaan jenis pesawat sederhana dan 94% tidak dapat memberikan contoh penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Minimnya pengalaman praktis dan sumber belajar berdasarkan hasil analisis angket yaitu 100% siswa belum pernah melakukan percobaan pesawat sederhana. Mayoritas guru (75%) dan siswa (91%) menyatakan keterbatasan akses terhadap buku atau alat peraga di rumah, dan 75% guru serta siswa tidak mampu menemukan alat sederhana di lingkungan sekitar mereka. Hal ini sejalan dengan temuan bahwa 92% siswa dan 75% guru mengindikasikan siswa belum terbiasa melakukan percobaan sederhana, dan lebih lanjut lagi 100% siswa mengalami kesulitan dalam menganalisis data hasil percobaan. Selain itu, ditemukan pula bahwa 76% siswa dan 75% guru mengamati kesulitan siswa dalam menyampaikan hasil percobaan. Siswa dan guru mengungkapkan pengalaman yang sangat terbatas dalam pembelajaran berbasis masalah sehari-hari (92% siswa, 75% guru). Tidak ada siswa (0%) yang terbiasa mencari dan menganalisis informasi untuk memecahkan masalah, dan pengalaman merancang juga sangat minim (hanya 3% siswa yang mampu menceritakan pengalaman merancang).

Meskipun terdapat berbagai tantangan, studi pendahuluan ini juga mengungkap potensi positif yang dapat dimanfaatkan dalam pengembangan modul. Adanya minat yang cukup tinggi terhadap materi pesawat sederhana terbukti dari 80% siswa yang menyatakan ketertarikan. Selain itu, terdapat preferensi yang kuat terhadap metode pembelajaran aktif: 96% siswa dan 75% guru menyukai pembelajaran melalui percobaan, serta 94% siswa dan 75% guru lebih suka belajar berkelompok. Potensi siswa dalam mengevaluasi desain juga menjadi aset, dengan 94% siswa dan 100% guru menyepakati kemampuan tersebut.

Secara keseluruhan, hasil studi pendahuluan ini menggarisbawahi kebutuhan mendesak akan pengembangan modul pembelajaran IPA berbasis PBL-STEAM pada materi pesawat sederhana yang mampu mengatasi kesulitan pemahaman konsep, kurangnya pengalaman praktis, dan rendahnya keterampilan proses sains siswa. Potensi positif berupa minat siswa, preferensi terhadap pembelajaran aktif, dan kemampuan evaluasi desain akan menjadi fondasi penting dalam merancang dan mengembangkan modul yang relevan dan efektif.

3.2 Desain

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, pengembangan produk pembelajaran berupa modul IPA PBL-STEAM untuk materi "Pesawat Sederhana" telah memasuki tahap desain. Tahap ini menjadi fondasi penting dalam mewujudkan konsep yang telah dirumuskan pada tahap sebelumnya. Berbagai kegiatan yang dilakukan pada tahap desain ini, meliputi: 1) Penyusunan instrument, instrumen penelitian dirancang untuk menjembatani perencanaan dan pelaksanaan evaluasi, serta akan disempurnakan berdasarkan umpan balik di lapangan. Instrumen yang disusun terdiri dari: instrument validasi modul IPA berbasis PBL-STEAM, instrument validasi tes Keterampilan Proses Sains (KPS), kisi-kisi soal tes KPS, dan angket keterbacaan modul IPA berbasis PBL-STEAM. 2) Pemilihan media pembelajaran, 3) Pemilihan bahan ajar modul dalam format cetak (hardcopy) yang komprehensif, dan 4) Penyusunan rancangan awal modul

Penyusunan rancangan awal modul merupakan kerangka kerja yang berisi seluruh komponen modul, meliputi: 1) Halaman sampul yang didominasi warna biru muda dengan teks "MODUL IPA (PBL-STEAM)" dan "PESAWAT SEDERHANA" menggunakan jenis huruf yang modern dan menonjol, dilengkapi ilustrasi pesawat sederhana. 2) Kata pengantar berisi ucapan syukur dan penjelasan singkat tujuan serta manfaat modul. 3) Daftar isi dan daftar gambar dengan tujuan memudahkan pembaca menemukan informasi. 4) Pendahuluan yang memuat capaian pembelajaran, indikator dan tujuan pembelajaran, sintaks PBL-STEAM, petunjuk belajar, serta peta isi modul. 5) Kegiatan belajar yang terbagi menjadi dua sesi (memahami pesawat sederhana dan keuntungan mekanis) dengan menerapkan lima tahapan PBL-STEAM secara berurutan yaitu Orientasi siswa pada masalah STEAM,



Eksplorasi dan investigasi berbasis STEAM, Penyelidikan berbasis STEAM yang terbimbing, Kreasi, produksi, dan presentasi produk berbasis STEAM, dan Evaluasi produk dan proses berbasis STEAM. Selain itu, modul juga dilengkapi dengan ringkasan materi pembelajaran dan tes keterampilan proses sains berbentuk uraian untuk mengukur kemampuan observasi, perumusan masalah, penyusunan hipotesis, perancangan model, komunikasi, dan penarikan kesimpulan. Kemudian yang terakhir adalah penutup yang berisi glosarium, daftar pustaka, dan profil penulis untuk melengkapi dan memperkaya pengalaman belajar siswa, sehingga tersusun daft I.



Gambar 1. Sampul modul

Modul ini juga memanfaatkan permasalahan otentik dari kehidupan nyata yang disajikan pada bagian "Ayo Amati" melalui artikel berita dan visualisasi, memicu siswa untuk berpikir kritis, mengevaluasi informasi, dan menerapkan pemahaman mereka dalam konteks realistis. Secara keseluruhan, penelitian ini menekankan bahwa modul IPA berbasis PBL-STEAM ini berkontribusi pada peningkatan keterampilan proses sains siswa. Model PBL-STEAM secara aktif melibatkan siswa dalam memecahkan masalah bermakna, menciptakan lingkungan belajar yang berpusat pada siswa, dan secara efektif melatih kemampuan observasi, perumusan masalah, penyusunan hipotesis, perancangan model, komunikasi, dan penarikan kesimpulan.

Ayo Amati

Sintak 1: Orientasi siswa terhadap masalah STEAM

Cerita Damir, Kuli Panggul Padi di Lombok Tengah, Pernah Keseleo karena Pematang Sawah Licin



Gambar 1. Pemikul Padi mengangkat padi hasil panen di persawahan Baet Mesjid Kecamatan Sukamakmur, Senin (27/3/2023). FOTO/ MC ACEH BESAR <https://regional.kompas.com/read/2023/03/16/220041978>

LOMBOK TENGAH, KOMPAS.com - Damir (29) terlihat menyusuri pematang sawah memikul gabah padi di tengah terik matahari yang menyengat, Rabu (15/3/2023).

Sesampainya di jalan tani, Damir menghela napas panjang sembari membersihkan kucuran keringat yang membasahi wajahnya. Damir yang merupakan warga Desa Ungga, Lombok Tengah, Nusa Tenggara Barat (NTB), telah 6 tahun bekerja sebagai kuli panggul padi.

"Rata-rata di kampung ini pekerjaan buruh tani, saya sediri tukang ponggok (panggul) padi udah 6 tahun," kata Damir. Damir menyebutkan, menjadi kuli panggul padi sangatlah melelahkan, terlebih jika musim panen pertama disertai hujan yang membuat jalan licin. "Kan kalau hujan pematang sawah kan licin, itu sangat sulit, pernah kaki saya keseleo karena terpeleset saat mikul gabah," kata Damir.

Dengan memperhatikan gambar dan teks dari artikel yang tersedia, coba identifikasi permasalahan yang kalian temukan berkaitan dengan alat untuk membantu pekerjaan pak Damir!

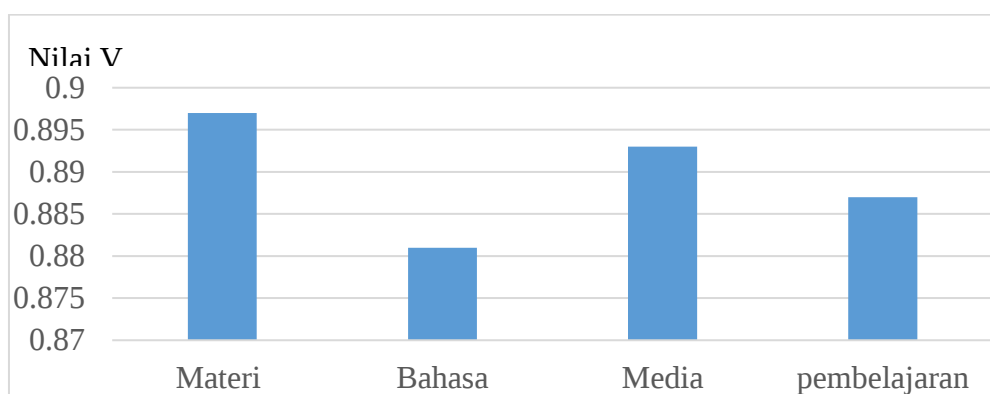
Gambar 2. Ayo Amati

3.3 Develop

Pada tahap develop penelitian berfokus pada pengembangan dan validasi Modul IPA berbasis Problem Based Learning-Science Technology Engineering Art Mathematic (PBL-STEAM) untuk materi pesawat sederhana. Tahap pengembangan diawali dengan perancangan dan implementasi draf awal modul, diikuti oleh validasi awal dan revisi. Validasi melibatkan tujuh ahli, terdiri dari tiga dosen UNS dan empat guru SMP di Bojonegoro Jawa Timur. Pada validasi modul IPA PBL-STEAM secara menyeluruh diperoleh rata-rata nilai Aiken keseluruhan modul adalah 0.890, yang mengindikasikan modul sangat layak digunakan karena nilai V setiap aspek melebihi 0.76 (Tabel 4. & Gambar 3). Begitu juga dengan hasil uji reliabilitas menunjukkan nilai di atas 0.754 untuk semua aspek (materi, bahasa, media, pembelajaran), menegaskan konsistensi internal yang sangat tinggi.

Tabel 4. Hasil Validasi Modul IPA Berbasis PBL-STEAM

No.	Jenis Validasi	Rata-rata Nilai V	Kesimpulan
1.	Materi	0,897	Valid
2.	Bahasa	0,881	Valid
3.	Media	0,893	Valid
4.	Pembelajaran	0,887	Valid
Rata-rata		0,890	Valid



Gambar 3. Histogram Hasil Validasi Modul IPA PBL-STEAM

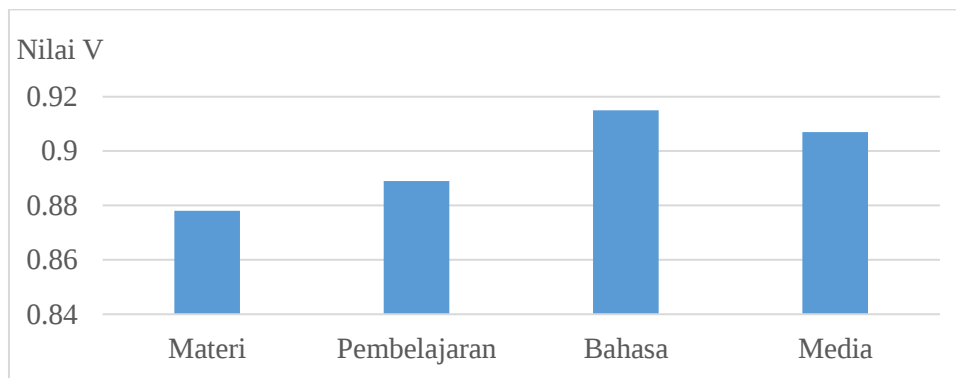
Validasi instrumen tes keterampilan proses sains (KPS) juga melibatkan tujuh ahli dan menggunakan formula Aiken. Hasil analisis validasi Tes KPS keseluruhan diperoleh rata-rata nilai Aiken keseluruhan tes KPS adalah 0.897, menegaskan instrumen sangat layak digunakan karena nilai V setiap aspek melebihi 0.76 (Tabel 5. & Gambar 4.). begitu juga reliabilitas tes KPS menampilkan bahwa semua aspek tes KPS (materi, pembelajaran, bahasa, media) memiliki nilai reliabilitas di atas 0.754, menunjukkan konsistensi yang sangat kuat dalam mengukur keterampilan proses sains.

Tabel 5. Hasil Validasi Tes Keterampilan Proses Sains

No.	Jenis Validasi	Rata-rata Nilai V	Keterangan
1.	Materi	0,878	Valid
2.	Pembelajaran	0,889	Valid
3.	Bahasa	0,915	Valid
4.	Media	0,907	Valid
Rata-rata		0,897	Valid

Tabel 6. Hasil Reliabilitas Tes Keterampilan Proses Sains

Validasi Ahli	Jumlah Soal	Jumlah Varian Butir Soal	Varian Total	Reliabilitas	Keterangan
Materi	18	4,238	15,905	0,777	Sangat kuat
Pembelajaran	12	2,905	9,571	0,760	Sangat kuat
Bahasa	18	3,714	31,952	0,936	Sangat kuat
Media	24	5,429	40,571	0,904	Sangat kuat



Gambar 4.14 Histogram Hasil Validasi KPS

Modul direvisi berdasarkan masukan konstruktif dari validator, menghasilkan draf II yang dinilai memenuhi karakteristik PBL-STEAM dan layak digunakan. Selanjutnya dilakukan Uji Coba Terbatas (Keterbacaan terhadap 15 siswa kelas 8D dan 3 guru IPA SMP Negeri 2 Balen Bojonegoro. Tingkat keterbacaan modul mencapai 90%, dikategorikan "sangat baik" oleh responden. Saran dan masukan dari uji coba terbatas digunakan untuk menyempurnakan modul menjadi draf III, yang akan diujicobakan lebih lanjut. Masukan yang diterima meliputi perlunya penjelasan lebih lanjut tentang PBL-STEAM di pendahuluan, perbaikan kualitas cetakan, penambahan materi pesawat sederhana, dan harapan agar modul dapat diterbitkan secara resmi serta didaftarkan HAKI.

3.4 Disseminate

Modul IPA PBL-STEAM Materi Pesawat Sederhana yang telah dirancang dan dikembangkan, selanjutnya diuji secara langsung (empiris) dalam tahap diseminasi. Bagian ini menjelaskan bagaimana pengujian tersebut dilakukan dan apa hasilnya, dengan tujuan utama untuk memverifikasi bahwa modul ini berhasil meningkatkan keterampilan proses sains siswa seperti yang diharapkan.

Uji coba Modul IPA PBL-STEAM materi Pesawat Sederhana pada siswa kelas 8 melibatkan satu kelas kontrol dan dua kelas eksperimen. Hasil uji normalitas pre-test dan post-test menunjukkan data terdistribusi normal, namun uji homogenitas post-test menunjukkan varians tidak homogen. Analisis N-Gain Score menunjukkan peningkatan keterampilan proses sains pada kelas eksperimen tergolong tinggi (rata-rata N-Gain 0,8), sedangkan pada kelas kontrol tergolong sedang (rata-rata N-Gain 0,5). Selanjutnya, uji Independent Sample t-Test (pada tabel 7) menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara rata-rata nilai post-test keterampilan proses sains siswa di kelas eksperimen dibandingkan dengan kelas kontrol (Sig. (2-tailed) = 0,000 < 0,05). Ini mengindikasikan bahwa penggunaan modul IPA PBL-STEAM secara efektif meningkatkan keterampilan proses sains siswa.

Tabel 7 Uji Independent Sample t-Test

Group Statistics					
	Kelas	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Hasil Tes KPS	Kelas Kontrol	32	73.44	6.180	1.092
	Kelas Eksperimen	63	89.06	3.468	.437

		t-test for Equality of Means			
Jenis Tes		t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference
Posttest	Equal variances assumed	-15.803	93	.000	15.626
	Equal variances not assumed	-13.281	41.185	.000	15.626

Keseluruhan hasil pengujian secara jelas memperlihatkan bahwa perlakuan yang diterapkan pada kelas eksperimen yang menggunakan modul IPA PBL-STEAM memberikan dampak positif dan signifikan dalam peningkatan nilai tes KPS, berbeda dengan kelas kontrol (Altan et al., 2018).

4. SIMPULAN

Penelitian ini berhasil membuktikan efektivitas Modul IPA Problem Based Learning-Science Technology Engineering Art Mathematic (PBL-STEAM) pada materi Pesawat Sederhana dalam mengembangkan Keterampilan Proses Sains (KPS) siswa kelas VIII SMP Negeri 2 Balen, Bojonegoro. Modul ini dikembangkan menggunakan model Thiagarajan 4D (Define, Design, Develop, Disseminate) berdasarkan urgensi peningkatan KPS siswa dalam memecahkan masalah kompleks, kurangnya pengalaman praktis, dan rendahnya KPS awal siswa. Validasi ahli menunjukkan modul ini sangat layak digunakan (nilai Aiken 0,890) dan instrumen tes KPS juga sangat valid (nilai Aiken 0,897).

Pada tahap diseminasi yang melibatkan kelas kontrol dan dua kelas eksperimen, data pre-test dan post-test KPS dianalisis. Meskipun data post-test menunjukkan varians tidak homogen, uji normalitas Shapiro-Wilk ($p > 0,05$) mengindikasikan distribusi data yang normal. Hasil N-Gain Score menunjukkan bahwa peningkatan KPS pada kelas eksperimen tergolong tinggi (rata-rata N-Gain 0,8), jauh melampaui kelas kontrol yang tergolong sedang (rata-rata N-Gain 0,5). Lebih lanjut, uji Independent Sample t-Test menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan secara statistik antara rata-rata post-test kelas eksperimen dan kelas kontrol (Sig. (2-tailed) = 0,000 < 0,05). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa Modul IPA PBL-STEAM efektif dan berdampak positif dalam meningkatkan KPS siswa. Modul ini menjadi solusi inovatif untuk mengatasi kesulitan pemahaman konsep dan kurangnya keterampilan praktis siswa dalam materi Pesawat Sederhana.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian penelitian ini. Apresiasi khusus kami sampaikan kepada kepala sekolah, guru, dan siswa SMP Negeri 2 Balen, Bojonegoro, Jawa Timur. Penghargaan juga kami berikan kepada para validator ahli, yaitu dosen dari Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Jawa Tengah, serta guru-guru dari SMP Negeri 2 Bojonegoro, SMP Negeri 4 Bojonegoro, SMP Negeri 2 Balen, dan SMP Negeri 2 Kedungadem, Bojonegoro, Jawa Timur. Masukan dan saran dari para validator sangat membantu dalam menyempurnakan modul yang telah kami kembangkan. Besar harapan kami, hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan masyarakat luas.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Altan, E. B., Yamak, H., Kirikkaya, E. B., & Kavak, N. (2018). The effect of design based learning on pre-service science teachers' decision making skills. *Universal Journal of Educational Research*, 6(12), 2888–2906. <https://doi.org/10.13189/ujer.2018.061224>
- Asyari, S., & Zakir, A. (2023). Efektivitas Pendekatan STEAM dalam Model Problem Based Learning pada Materi Relasi dan Fungsi Kelas VIII UPT SPF SMP Negeri 27 Makassar. *LP2M-Universitas Negeri Makassar*, 1777–1788. <https://ojs.unm.ac.id/semnaslemlit/article/view/54851>
- Azwar, S. (2012). *Reliabilitas dan Validitas*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Belbase, S., Mainali, B. R., Kasemsukpipat, W., Tairab, H., Gochoo, M., & Jarrah, A. (2022). At the dawn of science, technology, engineering, arts, and mathematics (STEAM) education: prospects, priorities, processes, and problems. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 53(11), 2919–2955. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1922943>
- Faisal, & Martin, S. N. (2019). Science education in Indonesia: Past, present, and future. *Asia-Pacific Science Education*, 5(1), 1–29. <https://doi.org/10.1186/s41029-019-0032-0>
- Gizaw, G. G., & Sota, S. S. (2023). Improving Science Process Skills of Students: A Review of Literature. *Science Education International*, 34(3), 216–224. <https://doi.org/10.33828/sei.v34.i3.5>
- Janah, M. C., Widodo, A. T., & Kasmui, D. (2018). Pengaruh Model Problem Based Learning Terhadap Hasil Belajar Dan Keterampilan Proses Sains. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 12(1), 2097–2107.
- Kartika, sari P. (2021). Modul Pembelajaran Sains Teknologi Engineering Art and Mathematics Berbasis Project Based Learning. UM Jakarta Press.
- Parenta, Y., Masykuri, M., & Saputro, S. (2022). Literature Study: Application of PBL-STEM on Simple Machine Topic to Improve Critical Thinking Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(2), 674–680. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i2.1181>
- Rahmatjati, A. M., Ardiansyah, A. S., & Rochmad, R. (2023). Effectiveness of Problem Based Learning Integrated STEAM on Students' Mathematical Problem Solving Ability. *Unnes Journal of Mathematics Education*, 12(3), 270–279. <https://doi.org/10.15294/ujme.v12i3.78959>
- Ros, G., Rey, A. F., Calonge, A., & López-Carrillo, M. D. (2022). The Design of a Teaching-Learning Sequence on Simple Machines in Elementary Education and its Benefit on Creativity and Self-Regulation. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(1), 1–22. <https://doi.org/10.29333/EJMSTE/11487>



- Sukarelawan, M. I., Indratno, T. K., & Ayu, S. M. (2024). N-Gain vs Stacking: Analisis perubahan abilitas peserta didik dalam desain one group pretestposttest. Yogyakarta: Surya Cahya.
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1976). Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook. *Journal of School Psychology*, 14(1), 75. [https://doi.org/10.1016/0022-4405\(76\)90066-2](https://doi.org/10.1016/0022-4405(76)90066-2)
- Vincent-Lancrin, S., González-Sancho, C., Bouckaert, M., de Luca, F., Fernández-Barrerra, M., Jacotin, G., Urgel, J., & Vidal, Q. (2019). *Fostering students' creativity and critical thinking*. Educational Research and Innovation, OECD Publishing, Paris,. <https://doi.org/10.1787/62212c37-en>.