

Pengembangan Media PROM (Proyektor Mini) Berbasis Pembelajaran STEM untuk Siswa Kelas V Sekolah Dasar

Alfina Bakti Pertiwi¹, Dindin Abdul Muiz Lidinillah², Agnestasia Ramadhani Putri³

¹Universitas Negeri Yogyakarta

^{2,3}Universitas Pendidikan Indonesia

*Corresponding author, e-mail: alfinabakti.2024@student.uny.ac.id

Abstrak

Tuntutan kompetensi abad ke-21 mendorong perlunya inovasi pembelajaran yang mampu mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif melalui pendekatan berbasis STEM. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengidentifikasi pemanfaatan media pembelajaran di sekolah dasar, (2) merancang Media PROM (Proyektor Mini) sebagai solusi atas kebutuhan pembelajaran, (3) menilai kelayakan dan hasil uji produk, serta (4) memaparkan bentuk akhir media yang dikembangkan. Kajian ini berangkat dari hasil analisis kebutuhan yang menunjukkan bahwa media pembelajaran di SD belum dirancang untuk memfasilitasi kegiatan belajar yang menuntut siswa berpikir kritis, kreatif, dan mampu berkolaborasi dalam pemecahan masalah. Penelitian ini menggunakan pendekatan Educational Design Research (EDR) dengan model McKenney & Reeves yang meliputi tahap analisis dan eksplorasi, desain dan konstruksi, serta evaluasi dan refleksi. Subjek penelitian meliputi guru dan siswa kelas V di SDN 2 Pengadilan Kota Tasikmalaya. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, angket, dan dokumentasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media PROM yang dikembangkan memenuhi kriteria kelayakan berdasarkan hasil validasi ahli media dan ahli materi dengan kategori layak digunakan. Uji coba produk menunjukkan respon positif dari guru dan siswa serta mampu mendukung pembelajaran berbasis proyek yang mengintegrasikan konsep STEM, khususnya pada materi gelombang cahaya dan bangun ruang. Produk akhir berupa media PROM (Proyektor Mini) beserta buku panduan yang dapat digunakan sebagai alternatif media pembelajaran inovatif di sekolah dasar.

Kata kunci: Kurikulum merdeka belajar; Media pembelajaran; PJBL; Sekolah dasar; STEM.

Abstract

The demands of 21st-century competencies underscore the need for educational innovations capable of developing critical, creative, collaborative, and communicative thinking skills through a STEM-based approach. This study aims to: (1) identify the use of learning media in elementary schools, (2) design the PROM (Mini Projector) Media as a solution to learning needs, (3) assess the feasibility and test results of the product, and (4) present the final form of the developed media. This study stems from a needs analysis indicating that learning media in elementary schools have not been designed to facilitate learning activities that require students to think critically, creatively, and collaborate in problem-solving. This research employs the Educational Design Research (EDR) approach using the McKenney & Reeves model, which includes the stages of analysis and exploration, design and construction, and documentation. The research subjects included fifth-grade teachers and students at SDN 2 Pengadilan in Tasikmalaya City. Data collection techniques were conducted through observation, interviews, questionnaires, and expert validation. The results of the study indicate that the developed PROM media meets the feasibility criteria based on the validation results from media experts and subject matter experts, categorized as suitable for use. Product testing revealed positive responses from teachers and students and demonstrated the ability to support project-based learning that integrates STEM concepts, particularly in the topics of light waves and three-dimensional shapes. The final product consists of the PROM (Mini Projector) media along with a user manual, which can serve as an innovative alternative learning medium in elementary schools.

Keywords: Elementary school; Kurikulum Merdeka; Learning media; PJBL; STEM learning

How to Cite: Pertiwi, A. B., Lidinillah, D. A. M. & Putri, A. R. (2026). Pengembangan Media PROM (Proyektor Mini) Berbasis Pembelajaran STEM untuk Siswa Kelas V Sekolah Dasar. *Naradidik: Journal of Education & Pedagogy*, 5(2), 362-375.



This is an open access article distributed under the Creative Commons 4.0 Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. ©2026 by author.

Pendahuluan

Pada awal tahun 1990-an, istilah STEM muncul sebagai pengembangan dari konsep “SMET” (*Science, Mathematics, Engineering, and Technology*) yang diperkenalkan oleh National Science Foundation (NSF) di Amerika Serikat (Bybee, 2010; Tseng et al., 2013). STEM menekankan integrasi sains, teknologi, teknik, dan matematika dalam konteks pemecahan masalah nyata melalui pendekatan interdisipliner. Pendekatan ini tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep, tetapi juga pada pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi melalui proses rekayasa yang melibatkan tahapan bertanya, membayangkan, merencanakan, mencipta, dan melakukan perbaikan (*redesign*) (Cunningham, 2017; Lidinillah et al., 2019). Dengan demikian, pembelajaran STEM berperan dalam membentuk peserta didik sebagai pemecah masalah, inovator, serta individu yang adaptif terhadap perkembangan teknologi (Lidinillah, 2012).

Dalam konteks pendidikan dasar, pembelajaran STEM memiliki relevansi yang kuat dengan tuntutan kompetensi abad ke-21, terutama dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif. Namun demikian, praktik pembelajaran di sekolah dasar masih menunjukkan kecenderungan fragmentasi antar mata pelajaran serta dominasi pendekatan hafalan (Devita & Budiyanto, 2022; Jafar, 2021). Kondisi ini menunjukkan bahwa implementasi pembelajaran kontekstual berbasis STEM belum berjalan optimal, padahal pendekatan ini terbukti mampu meningkatkan kebermaknaan belajar siswa (Drew, 2015; Wahono et al., 2020).

Sejalan dengan implementasi Kurikulum Merdeka, pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*) menjadi salah satu strategi utama dalam menguatkan Profil Pelajar Pancasila. Dalam hal ini, pendekatan STEM memiliki keterkaitan yang erat dengan pembelajaran berbasis proyek, karena keduanya sama-sama menekankan pada proses eksplorasi, pemecahan masalah kontekstual, serta penciptaan produk sebagai hasil belajar. Integrasi STEM dalam pembelajaran berbasis proyek memungkinkan siswa mengonstruksi pengetahuan secara aktif melalui pengalaman langsung, sehingga selaras dengan prinsip pembelajaran konstruktivistik yang diusung Kurikulum Merdeka (Kemendikbudristek, 2022; Indarta et al., 2022). Dengan demikian, sinergi antara STEM dan pembelajaran berbasis proyek menjadi landasan penting dalam pengembangan media pembelajaran yang kontekstual dan bermakna.

Meskipun demikian, berbagai penelitian menunjukkan bahwa implementasi STEM di sekolah dasar masih menghadapi sejumlah keterbatasan. English & King (2015) serta Brophy et al. (2008) menegaskan bahwa pembelajaran STEM berbasis desain teknik mampu meningkatkan keterlibatan dan pemahaman konsep siswa, namun implementasinya seringkali belum didukung oleh media pembelajaran yang terintegrasi. Penelitian lain menunjukkan bahwa media pembelajaran yang digunakan dalam konteks STEM masih cenderung bersifat parsial, berfokus pada satu disiplin ilmu, atau belum mengakomodasi proses rekayasa secara utuh (Nurlaila et al., 2016; Ghina, 2020). Selain itu, studi oleh Siew et al. (2015) mengungkapkan bahwa guru masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep integrasi STEM, khususnya dalam merancang dan menggunakan media pembelajaran yang sesuai.

Temuan tersebut sejalan dengan hasil observasi awal yang dilakukan di SDN 2 Pengadilan Kota Tasikmalaya. Hasil observasi menunjukkan bahwa pembelajaran STEM belum pernah diimplementasikan secara eksplisit, media pembelajaran yang digunakan masih terbatas pada media visual seperti gambar, power point, dan video, serta belum dirancang untuk mendukung pembelajaran berbasis proyek. Selain itu, penggunaan media masih bersifat terpisah antar mata pelajaran dan belum mengintegrasikan konsep sains, matematika, dan teknologi dalam satu kesatuan aktivitas pembelajaran. Guru juga cenderung mengandalkan buku pegangan tanpa melakukan inovasi pengembangan media, sehingga keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran masih relatif rendah dan belum sepenuhnya mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat diidentifikasi adanya kesenjangan penelitian, yaitu belum tersedianya media pembelajaran berbasis STEM yang terintegrasi, kontekstual, serta mendukung implementasi pembelajaran berbasis proyek di sekolah dasar. Sejumlah penelitian sebelumnya telah mengembangkan media pembelajaran berbasis mock-up maupun media STEM, namun masih memiliki keterbatasan. Misalnya, penelitian oleh Dayanti (2014) mengembangkan media mock-up untuk

memvisualisasikan konsep sains, tetapi masih bersifat representatif dan belum melibatkan proses rekayasa oleh siswa. Penelitian [Nurlaila et al. \(2016\)](#) mengembangkan media pembelajaran berbasis STEM, namun implementasinya masih berfokus pada satu domain keilmuan dan belum mengintegrasikan keempat komponen STEM secara utuh dalam satu aktivitas pembelajaran. Sementara itu, [Ghina \(2020\)](#) mengembangkan media berbasis STEM dengan bantuan teknologi digital, tetapi belum dirancang untuk mendukung aktivitas konstruksi produk secara langsung oleh siswa sebagai bagian dari proses *engineering design*.

Berangkat dari keterbatasan tersebut, penelitian ini mengembangkan media *mock-up* berbasis STEM berupa Proyektor Mini (PROM) yang dirancang tidak hanya sebagai alat bantu visual, tetapi sebagai media pembelajaran yang memungkinkan siswa terlibat langsung dalam proses rekayasa. Media PROM mengintegrasikan konsep gelombang cahaya (sains), prinsip kerja alat optik sederhana (teknologi), proses perancangan dan pembuatan produk (*engineering*), serta konsep bangun ruang (matematika) dalam satu kesatuan aktivitas berbasis proyek. Media PROM dilengkapi dengan panduan penggunaan yang memfasilitasi siswa untuk melakukan proses rekayasa secara mandiri dan kolaboratif, sehingga memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna dibandingkan dengan media pembelajaran konvensional. Dengan demikian, kebaruan penelitian ini terletak pada desain media yang bersifat integratif dan operasional, yang tidak hanya merepresentasikan konsep, tetapi juga memfasilitasi siswa untuk mengalami secara langsung proses perancangan, pembuatan, dan evaluasi produk sesuai dengan karakteristik pembelajaran STEM dan Kurikulum Merdeka. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan, menguji, dan menilai kelayakan media PROM berbasis STEM sebagai media pembelajaran inovatif di sekolah dasar.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Educational Design Research* (EDR) dengan model [McKenney & Reeves \(2018\)](#) yang berorientasi pada pengembangan solusi terhadap permasalahan pendidikan sekaligus menghasilkan produk pembelajaran yang valid dan aplikatif. Model ini dilaksanakan melalui tiga tahapan utama, yaitu *analysis and exploration*; *design and construction*; serta *evaluation and reflection* yang bersifat iteratif. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran berbasis STEM berupa *Mock-Up* Proyektor Mini (PROM) serta menguji kelayakan dan keterpakaian media dalam konteks pembelajaran di sekolah dasar. Istilah efektivitas dalam penelitian ini tidak digunakan dalam pengertian eksperimental, melainkan dibatasi pada keterpakaian (*usability*) dan respon pengguna terhadap media yang dikembangkan. Model ini dipilih karena berorientasi pada pemecahan permasalahan pendidikan sekaligus menghasilkan produk pembelajaran yang inovatif dan aplikatif. EDR dilakukan melalui tahapan analisis dan eksplorasi, desain dan konstruksi, serta evaluasi dan refleksi yang berulang. Penelitian pengembangan ini bertujuan untuk merancang media pembelajaran berbasis STEM berupa *Mock Up* Proyektor Mini (PROM) serta menguji kelayakan, keterpakaian, dan efektivitasnya dalam pembelajaran di sekolah dasar.

Subjek penelitian terdiri atas siswa kelas V SDN 2 Pengadilan Kota Tasikmalaya yang berjumlah 28 orang, satu guru kelas V, serta kepala sekolah sebagai informan pendukung. Pemilihan subjek dilakukan secara *purposive* dengan mempertimbangkan kesesuaian konteks penelitian, yaitu kelas yang telah menerapkan Kurikulum Merdeka dan memiliki kebutuhan terhadap pengembangan media pembelajaran inovatif berbasis STEM. Selain itu, penelitian ini melibatkan dua validator ahli, yaitu ahli media dan ahli materi/pembelajaran, yang memiliki kompetensi di bidang pengembangan media dan pembelajaran sekolah dasar.

Instrumen penelitian meliputi: (1) lembar observasi yang digunakan untuk mengamati keterlaksanaan pembelajaran dan aktivitas siswa selama penggunaan media PROM; (2) pedoman wawancara semi-terstruktur untuk menggali informasi dari guru dan kepala sekolah terkait kebutuhan, implementasi, serta manfaat media; (3) angket respon siswa untuk mengukur tingkat keterpakaian media; dan (4) lembar validasi ahli untuk menilai kelayakan media dari aspek isi, tampilan, dan keberfungsian. Angket disusun menggunakan skala Likert empat tingkat, yaitu skor 4 (sangat baik), 3 (baik), 2 (cukup), dan 1 (kurang). Jumlah butir angket siswa sebanyak 15 item yang mencakup indikator ketertarikan, kemudahan penggunaan, kebermanfaatan, dan keterlibatan dalam pembelajaran.

Prosedur pengumpulan data dilaksanakan sesuai dengan tahapan EDR. Pada tahap *analysis and exploration*, peneliti melakukan studi literatur, observasi kelas, dan wawancara untuk mengidentifikasi permasalahan pembelajaran. Tahap *design and construction* dilakukan dengan merancang media PROM beserta buku panduannya, kemudian divalidasi oleh ahli. Tahap *evaluation and reflection* dilakukan melalui uji coba produk dalam dua siklus iteratif, di mana setiap siklus terdiri atas tiga pertemuan (pembuatan kerangka, perakitan dan uji fungsi media, serta presentasi hasil). Dua siklus ini merupakan bagian dari proses

iterasi dalam EDR untuk menyempurnakan produk berdasarkan hasil refleksi pada setiap tahap, sehingga tidak dimaksudkan sebagai desain penelitian tindakan kelas (PTK).

Data penelitian terdiri atas data kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif diperoleh melalui observasi, wawancara, serta masukan dari validator ahli, kemudian dianalisis secara deskriptif melalui tahapan reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Sementara itu, data kuantitatif diperoleh dari hasil angket dan lembar validasi yang dianalisis menggunakan teknik persentase dengan rumus:

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

Keterangan:

P = persentase kelayakan

$\sum X$ = total skor yang diperoleh

$\sum X$ maks = skor maksimum

Hasil perhitungan kemudian diinterpretasikan menggunakan kriteria kelayakan sebagai berikut: 81–100% (sangat layak), 61–80% (layak), 41–60% (cukup layak), dan $\leq 40\%$ (tidak layak). Analisis ini digunakan untuk menentukan tingkat kelayakan dan keterpakaian media PROM berdasarkan penilaian ahli dan respon siswa. Seluruh hasil analisis data selanjutnya digunakan sebagai dasar refleksi untuk melakukan revisi dan penyempurnaan produk agar sesuai dengan prinsip pembelajaran STEM dan karakteristik Kurikulum Merdeka.

Hasil dan Pembahasan

Penelitian pengembangan media PROM (Proyektor Mini) berbasis pembelajaran STEM dilaksanakan melalui tahapan Educational Design Research (EDR) yang meliputi *analysis and exploration*, *design and construction*, serta *evaluation and reflection*. Setiap tahapan dilakukan secara sistematis dan iteratif untuk menghasilkan produk pembelajaran yang valid dan aplikatif. Hasil penelitian disajikan berdasarkan ketiga tahapan tersebut untuk menunjukkan proses pengembangan sekaligus kualitas produk yang dihasilkan. Selain itu, penyajian hasil juga memadukan data kualitatif dan kuantitatif guna memberikan gambaran yang lebih komprehensif. Dengan demikian, temuan penelitian ini tidak hanya bersifat deskriptif, tetapi juga didukung oleh data empiris yang terukur.

Analysis and Exploration

Pada tahap *analysis and exploration*, hasil kajian literatur menunjukkan bahwa pembelajaran konvensional berbasis ceramah masih mendominasi praktik pembelajaran di sekolah dasar dan kurang efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa. Jafar (2021) menyatakan bahwa metode tersebut cenderung membuat siswa pasif, kurang termotivasi, serta mengalami kesulitan dalam memahami konsep pembelajaran secara mendalam. Temuan ini diperkuat oleh hasil studi pendahuluan di SDN 2 Pengadilan Kota Tasikmalaya yang menunjukkan bahwa guru masih mengandalkan buku teks sebagai sumber utama pembelajaran. Penggunaan media pembelajaran berbasis proyek maupun media yang inovatif masih sangat terbatas dalam praktik pembelajaran di kelas. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara tuntutan pembelajaran abad ke-21 dengan praktik pembelajaran yang berlangsung di lapangan.

Hasil observasi dan wawancara dengan guru kelas V menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek belum diterapkan secara optimal, meskipun Kurikulum Merdeka menuntut pengembangan keterampilan abad ke-21 melalui pendekatan tersebut. Guru juga belum memiliki pemahaman yang komprehensif terkait integrasi STEM dalam pembelajaran, sehingga keterkaitan antara sains, teknologi, teknik, dan matematika belum pernah diimplementasikan secara terpadu. Selain itu, media pembelajaran yang digunakan masih bersifat parsial dan belum mendukung aktivitas eksploratif siswa. Kondisi ini berdampak pada rendahnya keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan media pembelajaran berbasis STEM yang mampu menjembatani kebutuhan tersebut.

Design and Construction

Pada tahap *design and construction*, peneliti mengembangkan media PROM (Proyektor Mini) sebagai media pembelajaran berbasis STEM yang dirancang untuk mengintegrasikan berbagai konsep dalam satu aktivitas pembelajaran berbasis proyek. Media ini dibuat menggunakan bahan sederhana seperti kardus, karton hitam, dan kaca pembesar, namun dikemas secara sistematis agar mampu merepresentasikan keterkaitan antara konsep sains dan matematika dalam konteks yang nyata. Integrasi unsur STEM telah dirancang sejak tahap awal pengembangan, di mana unsur sains (*science*) tercermin melalui konsep cahaya dan sifat-sifatnya sebagai prinsip dasar kerja proyektor mini, sedangkan unsur teknologi (*technology*) diwujudkan melalui pemanfaatan perangkat sederhana seperti handphone dan kaca pembesar sebagai sistem

proyeksi visual. Produk yang dihasilkan juga dilengkapi dengan buku panduan yang memuat langkah-langkah pembuatan, petunjuk penggunaan, serta tautan video tutorial yang berfungsi sebagai *scaffolding* bagi siswa dalam melaksanakan aktivitas pembelajaran. Dengan demikian, media PROM tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu visual, tetapi juga sebagai sarana pembelajaran aktif yang memungkinkan siswa membangun pengetahuan melalui pengalaman langsung.

Proses pembuatan kerangka media PROM dirancang untuk mengakomodasi unsur rekayasa (*engineering*) dan matematika (*mathematics*) secara terintegrasi dalam kegiatan pembelajaran. Tahap awal dimulai dengan membuat pola jaring-jaring balok pada kertas kardus dan karton hitam, yang selanjutnya ditempelkan dan dirangkai hingga membentuk kerangka bangun ruang balok sebagai struktur utama media. Proses ini menuntut siswa untuk memahami konsep jaring-jaring bangun ruang, pengukuran, serta proporsi, yang merupakan representasi dari integrasi unsur matematika dalam desain media. Setelah kerangka terbentuk, komponen kaca pembesar dipasang untuk menghasilkan fungsi proyeksi, yang kemudian diuji dan disesuaikan hingga menghasilkan tampilan visual yang optimal. Seluruh prosedur pembuatan dan penggunaan media dijabarkan secara rinci dalam Buku Panduan PROM, sehingga siswa dapat mengikuti setiap tahapan secara sistematis, baik secara mandiri maupun dalam kelompok. Dengan desain yang demikian, media PROM tidak hanya menekankan pada hasil akhir produk, tetapi juga pada proses perancangan, pengujian, dan perbaikan yang mencerminkan praktik rekayasa dalam pembelajaran STEM.







Sebelum diimplementasikan, produk yang dikembangkan terlebih dahulu melalui tahap validasi oleh tiga validator yang memiliki latar belakang keahlian berbeda, khususnya ahli bidang media pembelajaran dan ahli materi. Validator pertama (DAML) merupakan ahli di bidang matematika dan media pembelajaran, validator kedua (SM) merupakan ahli di bidang media pembelajaran dan IPA, sedangkan validator ketiga (ARP) merupakan ahli di bidang IPA. Keterlibatan ketiga validator ini dimaksudkan untuk memastikan bahwa media PROM memenuhi aspek kelayakan dari sisi isi, tampilan, serta keterpaduan konsep STEM dalam pembelajaran. Validator dengan keahlian media pembelajaran menilai aspek desain, konstruksi, dan keberfungsian media, sedangkan validator dengan keahlian bidang studi menilai kesesuaian materi dengan capaian pembelajaran serta akurasi konsep yang disajikan. Proses validasi tersebut menggunakan lembar penilaian yang diberikan kepada para pakar yang sesuai dengan bidangnya, yaitu ahli media dan ahli materi. Berdasarkan hasil validasi, media yang dikembangkan dinyatakan layak untuk diuji coba pada siswa kelas V sekolah dasar, meskipun para ahli tetap memberikan beberapa catatan, masukan, dan saran perbaikan sebagaimana dijabarkan pada tabel 1.

Tabel 1. Validasi Ahli Media

Validator	Kriteria	Saran
DAML	Faktor pendukung dalam penggunaan PROM	Mengingat uji coba PROM dilakukan di ruang kelas dan memerlukan ruangan yang gelap total tanpa adanya pencahayaan lain selain dari PROM, uji coba proyektor mini sebaiknya dibantu dengan menggunakan sebuah ruangan kecil berukuran kurang lebih 2mx1m yang terbuat dari papan/tirai hitam agar pengujian PROM dapat dilakukan secara maksimal.
SM	Konsep cara kerja PROM	Pahami kembali mengapa warna bagian dalam kerangka media PROM berwarna hitam, apakah pemilihan warna tersebut akan berpengaruh terhadap cara kerja PROM
ARP	Konstruksi media PROM	Jarak antara posisi <i>handphone</i> dengan kaca pembesar perlu diperhatikan agar PROM dapat bekerja dengan baik

Berdasarkan masukan dan saran perbaikan dari validator ahli media, maka dilakukan perbaikan sehingga konsep media proyektor mini lebih mudah dimengerti dan diketahui dengan baik oleh siswa maupun guru pada proses uji coba lapangan. Perbaikan yang telah dilakukan dijelaskan pada tabel 2.

Tabel 2. Revisi Hasil Validasi Ahli Media

Sebelum Perbaikan	Saran	Sesudah Perbaikan
	Uji coba proyektor mini sebaiknya dibantu dengan menggunakan sebuah ruangan kecil berukuran kurang lebih 2mx1m yang terbuat dari papan/tirai hitam agar pengujian PROM dapat dilakukan secara maksimal	
	Pemilihan warna hitam pada bagian dalam kerangka PROM akan berpengaruh terhadap maksimal cara kerjanya	
	Jarak antara posisi handphone dengan kaca pembesar perlu diperhatikan agar PROM dapat bekerja dengan baik	

Adapun hasil validasi materi terhadap buku panduan menunjukkan bahwa buku tersebut dinyatakan layak untuk digunakan dalam proses pembelajaran, meskipun para ahli memberikan sejumlah catatan serta saran perbaikan yang dirincikan pada tabel 3.

Tabel 3. Validasi Ahli Materi

Validator	Kriteria	Saran
DAML	Petunjuk penggunaan produk	Tambahkan QR Code video tutorial media PROM
SM	Sudah sesuai dengan kriteria dan telah layak untuk digunakan	-
ARP	Desain sampul buku	Tambahkan logo kampus dan logo program studi sebagai identitas pengembang (<i>developer</i>) produk
	Judul, subjudul dan angka halaman	Perbaiki beberapa sub judul agar tidak membingungkan pembaca
	Petunjuk penggunaan produk	Menambahkan keterangan langkah-langkah menggunakan angka 1,2,3, dst.

Berdasarkan masukan dan saran perbaikan dari validator materi buku panduan PROM, maka dilakukan perbaikan sehingga buku panduan lebih baik dan sesuai koneksi media yang dikembangkan. Perbaikan hasil validasi dipaparkan sebagai berikut:

Tabel 4. Revisi Hasil Validasi Ahli Materi

Saran
Pada bagian tutorial PROM (Proyektor Mini) dalam buku panduan, ditambahkan QR Code video tutorial media PROM

Sebelum Perbaikan



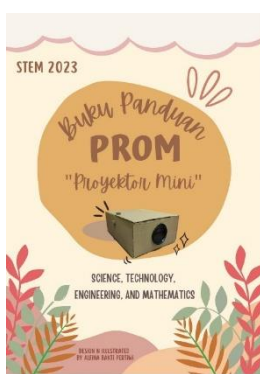
Sesudah Perbaikan



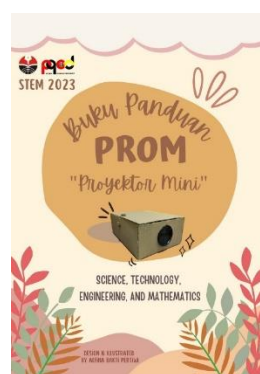
Saran

Tambahkan logo kampus dan logo program studi pada bagian sampul buku sebagai identitas pengembang (*developer*) produk

Sebelum Perbaikan



Sesudah Perbaikan



Saran

Perbaiki beberapa sub judul agar tidak membingungkan pembaca

Sebelum Perbaikan

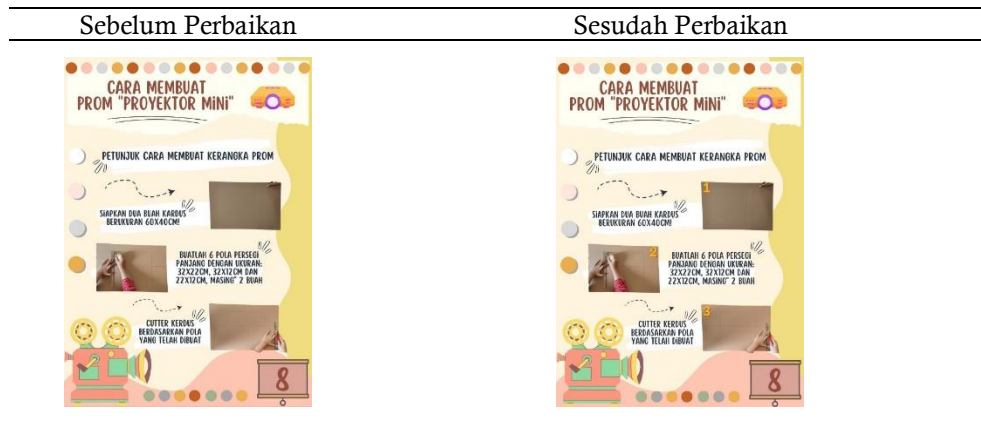


Sesudah Perbaikan



Saran

Menambahkan keterangan langkah-langkah menggunakan angka 1,2,3, dst.



Hasil validasi menunjukkan bahwa media PROM memperoleh skor rata-rata sebesar 3,52 dengan persentase 88,00% pada aspek media, serta skor rata-rata sebesar 3,45 dengan persentase 86,25% pada aspek materi. Berdasarkan kriteria yang digunakan, kedua hasil tersebut termasuk dalam kategori sangat layak untuk digunakan dalam pembelajaran. Selain penilaian kuantitatif, validator juga memberikan sejumlah masukan terkait aspek teknis dan substansi produk. Masukan tersebut menjadi dasar bagi peneliti dalam melakukan perbaikan dan penyempurnaan produk sebelum tahap uji coba.

Berdasarkan hasil validasi, dilakukan beberapa revisi terhadap media dan buku panduan PROM untuk meningkatkan kualitas produk. Revisi yang dilakukan meliputi penambahan QR code video tutorial, penyempurnaan desain visual, serta perbaikan sistematika petunjuk penggunaan agar lebih jelas dan mudah dipahami. Selain itu, dilakukan penyesuaian pada aspek teknis media, seperti pengaturan jarak fokus antara lensa dan sumber cahaya serta optimalisasi kondisi penggunaan media. Proses revisi ini merupakan bagian dari iterasi dalam EDR yang bertujuan untuk menghasilkan produk yang lebih operasional. Hasil revisi menunjukkan bahwa media PROM telah memenuhi kriteria kelayakan untuk diujicobakan pada siswa sekolah dasar yang diilustrasikan pada gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Media PROM (Proyektor Mini)



Gambar 2. Buku Panduan PROM

Evaluation and Reflection

Uji coba media dilakukan dalam dua siklus yang masing-masing diterapkan pada kelas yang berbeda. Setiap siklus terdiri atas tiga kali pertemuan pembelajaran yang memanfaatkan media PROM. Pada pertemuan pertama, kegiatan diarahkan pada perakitan rangka dasar PROM. Pertemuan kedua digunakan untuk melanjutkan penyusunan komponen PROM sekaligus mencoba hasil rakitan yang dibuat oleh siswa. Adapun pertemuan ketiga menjadi sesi presentasi dan evaluasi, baik terhadap proses maupun produk yang telah dihasilkan siswa. Pelaksanaan uji coba siklus I dilakukan pada tanggal 13–15 Maret 2023 di SDN 2

Pengadilan Kota Tasikmalaya dengan melibatkan 14 siswa kelas V-B (5 laki-laki dan 9 perempuan). Proses pembelajaran dirancang berbasis STEM dengan mengacu pada tahapan *ask, imagine, plan, create, dan improve* (Cunningham, 2017). Siswa dibagi ke dalam beberapa kelompok dan difasilitasi menggunakan LKPD yang terintegrasi dengan buku panduan PROM. Secara umum, pembelajaran berlangsung kondusif dan mampu melibatkan siswa dalam aktivitas berbasis proyek secara aktif.

Pelaksanaan uji coba siklus II dilakukan pada tanggal 28–31 Maret 2023 dengan melibatkan 23 siswa (10 laki-laki dan 13 perempuan) kelas V-C di SDN 2 Pengadilan Kota Tasikmalaya. Kegiatan pembelajaran dilaksanakan melalui tahapan yang sama seperti pada siklus I. Pembelajaran tetap mengacu pada tahapan STEM, dengan perbaikan berdasarkan refleksi pada siklus I. Guru memberikan bimbingan yang lebih intensif serta menekankan penggunaan buku panduan dan LKPD dalam setiap tahapan kegiatan. Seperti yang diilustrasikan pada gambar 4, secara umum, proses pembelajaran pada siklus 2 berlangsung lebih terarah, kondusif, dan sistematis dibandingkan siklus sebelumnya.



Gambar 3. Uji Coba Siklus 2

Hasil observasi menunjukkan adanya peningkatan kualitas pelaksanaan pembelajaran dari siklus I ke siklus II. Pada siklus I, pembelajaran telah berjalan sesuai tahapan STEM, namun masih ditemukan beberapa kendala, seperti kurang optimalnya bimbingan guru, adanya miskonsepsi materi, serta keterlibatan siswa yang belum merata dalam kerja kelompok. Siswa juga cenderung bergantung pada arahan guru dibandingkan memanfaatkan buku panduan yang telah disediakan. Sebaliknya, pada siklus II, guru mampu memberikan arahan yang lebih sistematis dan terstruktur, serta menunjukkan penguasaan materi yang lebih baik sehingga tidak ditemukan lagi miskonsepsi. Siswa juga terlihat lebih mandiri, aktif, dan mampu mengikuti setiap tahapan pembelajaran secara sistematis, sehingga proses pembelajaran berlangsung lebih kondusif, komunikatif, dan efektif.

Hasil revisi produk yang dilakukan setelah pelaksanaan uji coba siklus I menunjukkan adanya penyempurnaan yang signifikan pada aspek desain media maupun buku panduan PROM. Pada siklus I, masih ditemukan beberapa kendala teknis, seperti ketidaksesuaian penggunaan bahan (misalnya penggunaan lem kertas yang kurang kuat), belum dicantumkannya seluruh komponen dalam buku panduan, serta kurang optimalnya kejelasan instruksi pada beberapa tahapan pembuatan. Selain itu, dari sisi implementasi pembelajaran, siswa masih mengalami kesulitan pada tahap perakitan tertentu dan cenderung bergantung pada arahan guru dibandingkan mengikuti panduan secara mandiri. Berdasarkan temuan tersebut, dilakukan revisi berupa penambahan bahan yang relevan (lem tembak), penyempurnaan instruksi langkah kerja dalam buku panduan, serta penguatan peran guru dalam memberikan *scaffolding* pada tahap-tahap krusial. Perbaikan ini bertujuan untuk meningkatkan kejelasan prosedur, kemudahan penggunaan, serta kemandirian siswa dalam proses pembelajaran berbasis proyek.

Sebelum Perbaikan Siklus 1

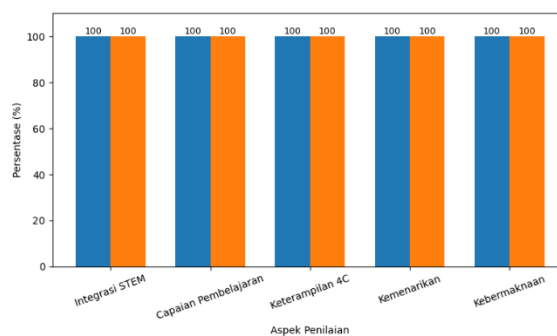


Sesudah Perbaikan Siklus 1



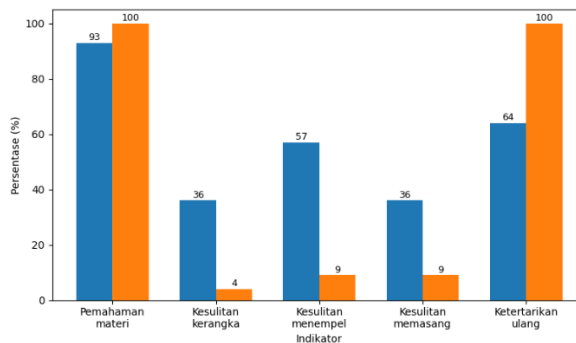
Gambar 4. Hasil Perbaikan Produk untuk Siklus 2

Respon guru pada kedua siklus menunjukkan penilaian yang sangat positif terhadap penggunaan media PROM, dengan seluruh indikator kuesioner memperoleh jawaban afirmatif (100%) baik pada siklus I maupun siklus II. Pada siklus I, guru telah menilai bahwa media PROM mampu mengintegrasikan pembelajaran STEM, mendukung ketercapaian capaian pembelajaran, serta memfasilitasi keterampilan abad ke-21. Namun demikian, pada siklus II terdapat peningkatan kualitas implementasi yang ditunjukkan melalui penguatan pada aspek penyampaian materi dan pengelolaan pembelajaran. Guru secara eksplisit menyatakan bahwa media PROM pada siklus II mampu menyampaikan materi secara lebih maksimal serta menciptakan suasana pembelajaran yang lebih menarik dan bermakna. Selain itu, proses pembelajaran dinilai lebih terarah dan sistematis seiring dengan perbaikan strategi pembelajaran dan penyempurnaan buku panduan. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun secara kuantitatif hasil kuesioner guru bersifat konsisten, secara kualitatif terjadi peningkatan kualitas implementasi pembelajaran pada siklus II. Untuk memperjelas perbandingan respon guru pada kedua siklus, berikut disajikan ringkasan hasil kuesioner dalam bentuk grafik pada gambar 5.



Gambar 5. Perbandingan Hasil Kuisisioner Guru pada Siklus 1 dan 2

Berbeda dengan respon guru, hasil kuesioner siswa menunjukkan adanya peningkatan yang lebih terukur secara kuantitatif antara siklus I dan siklus II. Pada siklus I, tingkat ketertarikan dan kepuasan siswa terhadap media sudah tinggi, dengan persentase mencapai 100% pada indikator kesenangan, kemenarikan, dan kepuasan. Namun demikian, beberapa indikator kesulitan teknis masih cukup tinggi, seperti kesulitan dalam menempel komponen (57%), menyusun kerangka (36%), serta memasang kaca pembesar (36%). Kondisi ini menunjukkan bahwa pada tahap awal, siswa masih membutuhkan bimbingan intensif dalam proses pembuatan media. Pada siklus II, setelah dilakukan perbaikan pada buku panduan, penggunaan bahan, serta strategi pembelajaran, terjadi penurunan signifikan pada tingkat kesulitan siswa. Kesulitan dalam menyusun kerangka menurun menjadi 4%, kesulitan menempel komponen menjadi 9%, serta kesulitan memasang pengait dan komponen lainnya berada pada kisaran 9% atau lebih rendah. Di sisi lain, indikator pemahaman, kepuasan, dan kemenarikan media meningkat hingga mencapai 100% pada hampir seluruh aspek. Selain itu, seluruh siswa (100%) menyatakan lebih memahami materi, merasa senang, serta tertarik untuk menggunakan kembali media PROM dalam pembelajaran. Temuan ini menunjukkan bahwa perbaikan yang dilakukan pada siklus II berdampak langsung terhadap kemudahan penggunaan media serta kualitas pengalaman belajar siswa. Sebagai ilustrasi perbandingan hasil kuesioner siswa, berikut disajikan grafik ringkasan dalam gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan Hasil Kuisisioner Guru pada Siklus 1 dan 2

Ditinjau dari aspek keterpakaian, media PROM pada siklus I telah menunjukkan potensi sebagai media pembelajaran yang layak dan dapat digunakan dalam pembelajaran berbasis proyek. Namun demikian, masih terdapat beberapa kekurangan, seperti ketidaksesuaian penggunaan bahan, keterbatasan

informasi dalam buku panduan, serta kurangnya optimalisasi bimbingan dalam proses pembelajaran. Perbaikan terhadap aspek-aspek tersebut pada siklus II menghasilkan peningkatan kualitas media secara signifikan, di mana seluruh komponen media telah sesuai dengan kebutuhan, mudah digunakan, serta mampu mendukung keterlibatan aktif siswa dalam pembelajaran. Selain itu, pada siklus II tidak ditemukan lagi kendala teknis maupun miskonsepsi konsep, sehingga media PROM dapat digunakan secara lebih efektif dan efisien.

Berdasarkan hasil refleksi kedua siklus, dapat disimpulkan bahwa proses iterasi dalam EDR berperan penting dalam meningkatkan kualitas media dan pembelajaran. Perbaikan yang dilakukan setelah siklus I, baik pada aspek desain produk, buku panduan, maupun strategi pembelajaran, terbukti mampu meningkatkan keterpakaian media serta kualitas pengalaman belajar siswa. Dengan demikian, media PROM dapat dinyatakan layak dan praktis digunakan dalam pembelajaran STEM berbasis proyek di sekolah dasar, dengan didukung oleh respon positif dari guru dan siswa. Namun demikian, klaim penelitian ini dibatasi pada aspek kelayakan dan kepraktisan media, mengingat tidak dilakukan pengukuran kuantitatif terhadap peningkatan hasil belajar siswa melalui desain eksperimen.

Penggunaan Media Pembelajaran di Sekolah Dasar

Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa pemanfaatan media pembelajaran di sekolah dasar masih didominasi oleh media konvensional seperti buku teks dan gambar dua dimensi, sehingga belum sepenuhnya mendukung pembelajaran yang berpusat pada siswa. Kondisi ini berimplikasi pada terbatasnya keterlibatan aktif siswa dalam membangun pemahaman konseptual, khususnya pada materi yang bersifat abstrak. Dalam konteks ini, penggunaan media yang lebih interaktif dan berbasis aktivitas menjadi penting untuk mendorong keterlibatan siswa secara lebih aktif. Sejalan dengan itu, penelitian oleh [Salam & Junaidi \(2022\)](#) menunjukkan bahwa penggunaan media interaktif mampu meningkatkan keaktifan peserta didik dalam proses pembelajaran. Temuan ini sejalan dengan penelitian [OECD \(2019\)](#) yang menegaskan bahwa pembelajaran yang tidak kontekstual cenderung menghasilkan pemahaman yang dangkal dan kurang aplikatif. Dalam konteks ini, penggunaan media pembelajaran yang mampu menghubungkan konsep dengan pengalaman nyata menjadi sangat penting pada jenjang sekolah dasar. Dengan demikian, kebutuhan akan inovasi media pembelajaran berbasis STEM menjadi semakin relevan untuk menjawab tantangan tersebut.

Selain itu, rendahnya pemahaman guru terhadap pendekatan STEM yang ditemukan dalam penelitian ini menunjukkan adanya kesenjangan antara kebijakan kurikulum dan praktik pembelajaran di lapangan. Kurikulum Merdeka menuntut pembelajaran berbasis proyek, namun implementasinya masih terbatas karena kurangnya dukungan media dan pemahaman pedagogis. Hal ini sejalan dengan penelitian [Thibaut et al. \(2018\)](#) yang menyatakan bahwa integrasi STEM memerlukan kesiapan guru dalam mengelola pembelajaran lintas disiplin. Media pembelajaran seperti PROM dalam penelitian ini berfungsi sebagai jembatan yang membantu guru mengimplementasikan pembelajaran STEM secara lebih konkret. Dengan demikian, pengembangan media tidak hanya berorientasi pada siswa, tetapi juga sebagai dukungan pedagogis bagi guru. Hal ini menunjukkan bahwa inovasi media memiliki peran strategis dalam transformasi pembelajaran di sekolah dasar.

Desain Media PROM (Proyektor Mini) pada Pembelajaran STEM

Media PROM dirancang dengan mengintegrasikan unsur Science, Technology, Engineering, dan Mathematics dalam satu aktivitas pembelajaran berbasis proyek. Unsur sains tercermin dalam pemahaman konsep cahaya dan sifat-sifatnya, sedangkan unsur teknologi tampak pada pemanfaatan perangkat sederhana seperti handphone dan lensa sebagai sistem proyeksi. Unsur rekayasa terlihat pada proses perancangan dan perakitan media berbentuk jaring-jaring balok, yang menuntut siswa untuk melakukan iterasi desain. Sementara itu, unsur matematika diintegrasikan melalui konsep bangun ruang dan pengukuran proporsi dalam pembuatan kerangka media. Integrasi ini sejalan dengan penelitian [Martín-Páez et al. \(2019\)](#) yang menegaskan bahwa STEM efektif ketika keempat komponennya terhubung dalam satu konteks pembelajaran.

Selain aspek integrasi STEM, keberadaan buku panduan dan video tutorial dalam media PROM berperan penting dalam mendukung keterlaksanaan pembelajaran berbasis proyek. Siswa dapat mengikuti tahapan pembuatan media secara sistematis, sementara guru memiliki panduan yang jelas dalam mengarahkan pembelajaran. Hal ini menunjukkan bahwa desain media tidak hanya berfokus pada produk, tetapi juga pada proses penggunaannya dalam pembelajaran. Temuan ini sejalan dengan penelitian [Adila & Fernandes \(2025\)](#) yang menyatakan bahwa desain pembelajaran yang terstruktur dapat meningkatkan motivasi belajar siswa melalui pengalaman belajar yang lebih terarah. Validasi ahli yang menyatakan media layak digunakan menunjukkan bahwa desain telah memenuhi aspek kejelasan konten, kepraktisan, dan kesesuaian dengan karakteristik siswa. Hal ini sejalan dengan penelitian [Koes-H & Putri \(2021\)](#) yang menyatakan bahwa media berbasis proyek yang dilengkapi panduan meningkatkan efektivitas pembelajaran. Desain sederhana namun fungsional juga menunjukkan bahwa inovasi tidak selalu memerlukan teknologi

tinggi. Dengan demikian, media PROM dapat dikategorikan sebagai media STEM yang kontekstual dan aplikatif di sekolah dasar.

Implementasi dan Kelayakan Media PROM

Hasil implementasi menunjukkan adanya peningkatan kualitas pembelajaran dari siklus I ke siklus II sebagai hasil dari proses refleksi dan revisi produk. Pada siklus I, kendala yang muncul berkaitan dengan aspek teknis dan pedagogis, seperti kurangnya pemahaman instruksi dan keterbatasan bimbingan guru. Setelah dilakukan perbaikan, siklus II menunjukkan peningkatan dalam kelancaran proses, kemandirian siswa, serta kualitas interaksi pembelajaran. Perbedaan ini menegaskan bahwa efektivitas media tidak hanya bergantung pada desain produk, tetapi juga pada strategi implementasinya. Temuan ini sejalan dengan penelitian [English \(2017\)](#) yang menekankan pentingnya desain aktivitas dan dukungan guru dalam pembelajaran STEM.

Respon guru dan siswa yang lebih positif pada siklus II menunjukkan bahwa revisi produk berdampak langsung terhadap kualitas pengalaman belajar. Namun demikian, temuan terkait peningkatan motivasi dan keterampilan abad ke-21 dalam penelitian ini perlu diposisikan sebagai data berbasis persepsi, bukan hasil pengukuran eksperimental. Meskipun demikian, keterlibatan siswa dalam aktivitas merancang dan membuat produk menunjukkan potensi pengembangan keterampilan berpikir kritis dan kolaboratif. Hal ini didukung oleh penelitian [Lidya et al. \(2024\)](#) yang menunjukkan bahwa aktivitas desain dalam STEM meningkatkan keterlibatan dan pemecahan masalah. Hasil ini diperkuat dengan penelitian [Bers et al. \(2002\)](#) yang menegaskan bahwa keterlibatan siswa dalam merancang dan membuat produk meningkatkan pemahaman konsep dan motivasi belajar. Respon positif guru dan siswa mengindikasikan bahwa media PROM mendukung ketercapaian tujuan Kurikulum Merdeka, yaitu pembelajaran yang kontekstual, proyek berbasis, dan menumbuhkan profil Pelajar Pancasila ([Ummah & Nadhir, 2023](#)). Selain itu, guru menilai bahwa media PROM mampu menumbuhkan keterampilan komunikasi, kolaborasi, kreativitas, dan berpikir kritis siswa. Lebih jauh, temuan ini sesuai dengan [Wahono et al. \(2020\)](#) yang menyebutkan bahwa implementasi STEM terbukti meningkatkan hasil belajar dan keterampilan abad 21 pada siswa Asia. Dengan demikian, media PROM dapat dinilai layak digunakan dalam pembelajaran berbasis proyek. Namun, diperlukan penelitian lanjutan untuk mengukur dampak secara kuantitatif terhadap hasil belajar.

Produk Akhir Media PROM

Produk akhir berupa media PROM dan buku panduan menunjukkan bahwa pendekatan *Educational Design Research* (EDR) efektif dalam menghasilkan media pembelajaran yang kontekstual dan aplikatif. Media ini memberikan kontribusi praktis sebagai alternatif pembelajaran STEM berbasis proyek yang dapat diterapkan di sekolah dengan keterbatasan fasilitas. Selain itu, penelitian ini juga memberikan kontribusi teoretis dalam menunjukkan bagaimana integrasi STEM dapat diwujudkan melalui aktivitas konkret di sekolah dasar. Hal ini sejalan dengan penelitian [Wahono et al. \(2020\)](#) yang menekankan pentingnya pendekatan kontekstual dalam implementasi STEM. Dengan demikian, media PROM tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu pembelajaran, tetapi juga sebagai model implementasi STEM yang praktis.

Melalui tahapan validasi, perbaikan, dan uji coba, produk akhir berupa PROM (Proyektor Mini) beserta Buku Panduan dinyatakan memenuhi kelayakan untuk digunakan dalam pembelajaran. Media ini mampu memfasilitasi siswa memahami konsep yang bersifat abstrak secara lebih nyata, menstimulasi keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS), serta meningkatkan motivasi mereka dalam belajar. Persepsi siswa yang merasa pembelajaran menjadi lebih menarik dan bermakna menunjukkan bahwa PROM tidak hanya digunakan sebagai media pendukung, tetapi juga sebagai inovasi pembelajaran berbasis STEM yang sesuai dengan tuntutan pendidikan abad ke-21. Dengan demikian, hasil penelitian ini menegaskan bahwa PROM dapat menjadi alternatif untuk mengatasi keterbatasan media pembelajaran tradisional sekaligus memenuhi kebutuhan integrasi pembelajaran STEM dalam Kurikulum Merdeka.

Namun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan pada aspek pengukuran dampak, karena belum menggunakan instrumen kuantitatif untuk mengukur peningkatan hasil belajar secara objektif. Selain itu, uji coba yang dilakukan hanya pada satu sekolah dengan jumlah sampel terbatas sehingga generalisasi temuan masih terbatas. Meskipun demikian, hasil penelitian ini tetap memberikan implikasi penting bagi praktik pembelajaran di sekolah dasar. Media sederhana seperti PROM terbukti dapat mendukung pembelajaran yang lebih aktif dan bermakna jika dirancang dengan baik. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas cakupan dan menggunakan pendekatan *mixed-method* agar hasilnya lebih komprehensif.

Kesimpulan

Hasil penelitian pengembangan media PROM (Proyektor Mini) berbasis pembelajaran STEM pada siswa kelas V sekolah dasar menunjukkan bahwa pemanfaatan media pembelajaran berbasis STEM di sekolah dasar masih terbatas, sehingga diperlukan inovasi media yang mampu mengintegrasikan pembelajaran secara kontekstual dan berbasis proyek. Media PROM yang dikembangkan, beserta buku panduannya, dinyatakan layak berdasarkan validasi ahli dan menunjukkan respon positif dari guru dan siswa pada uji coba dua siklus, terutama dalam mendukung keterlibatan siswa dalam aktivitas pembelajaran serta membantu mengonkretkan konsep abstrak melalui pengalaman langsung. Implikasi penelitian ini menunjukkan bahwa media PROM dapat menjadi alternatif praktis bagi guru dalam mengimplementasikan pembelajaran STEM yang selaras dengan Kurikulum Merdeka, sekaligus berpotensi memfasilitasi pengembangan keterampilan abad ke-21 seperti kolaborasi, komunikasi, kreativitas, dan berpikir kritis. Namun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan pada aspek pengukuran dampak yang masih berbasis persepsi (kuesioner dan observasi) serta ruang lingkup uji coba yang terbatas pada satu sekolah, sehingga generalisasi temuan perlu dilakukan secara hati-hati. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan pendekatan kuantitatif atau *mixed methods* guna mengukur secara lebih objektif pengaruh media terhadap hasil belajar dan keterampilan siswa, serta memperluas implementasi pada materi, jenjang, dan konteks sekolah yang berbeda agar diperoleh gambaran efektivitas yang lebih komprehensif.

Daftar Pustaka

- Adila, A., & Fernandes, R. (2025). Pengembangan Desain Pembelajaran Berdiferensiasi pada Mata Pelajaran Sosiologi untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Peserta Didik di SMAN 1 V Koto Kampung Dalam. *Naradidik: Journal of Education and Pedagogy*, 4(1), 9–16. <https://doi.org/10.24036/nara.v4i1.231>
- Bers, M. U., Ponte, I., Juelich, C., Viera, A., & Schenker, J. (2002). Teachers as designers: Integrating robotics in early childhood education. *Information Technology in Childhood Education Annual*, 2002(1), 123–145.
- Bybee, R. W. (2010). What is STEM education? In *Science* (Vol. 329, Number 5995, p. 996). American Association for the Advancement of Science.
- Cunningham, C. M. (2017). *Engineering in elementary STEM education: Curriculum design, instruction, learning, and assessment*. Teachers College Press.
- Dayanti, E. N. (2014). Pemanfaatan Media Mock-Up Tentang Energi Listrik untuk Meningkatkan Hasil Belajar dalam Mata Pelajaran IPA pada Siswa Kelas VI SDN Gelam II Candi Sidoarjo. *Jurnal Mahasiswa Teknologi Pendidikan*, 5(2), 1–7. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jmtp/article/view/7390>
- Devita, R., & Budiyanto, C. (2022). Pengaruh Metode Pembelajaran Konvensional Terhadap Kecerdasan Naturlis Siswa Pada Pembelajaran Ipa Di Kelas IV SDN 1 Mekarsari Saat Pandemi Covid-19. *Jurnal Pendidikan Sekolah Dasar*, 3(1), 29–36.
- Drew, D. E. (2015). *STEM the tide: Reforming science, technology, engineering, and math education in America*. JHU Press.
- English, L. D. (2017). Advancing Elementary and Middle School STEM Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(S1), 5–24. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9802-x>
- English, L. D., & King, D. T. (2015). STEM learning through engineering design: fourth-grade students' investigations in aerospace. *International Journal of STEM Education*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0027-7>
- Ghina, I. (2020). *Pengembangan Media Perahu Bertenaga UAP Pada Pembelajaran STEM di Kelas V Sekolah Dasar*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Indarta, Y., Jalinus, N., Waskito, W., Samala, A. D., Riyanda, A. R., & Adi, N. H. (2022). Relevansi Kurikulum Merdeka Belajar dengan Model Pembelajaran Abad 21 dalam Perkembangan Era Society 5.0. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(2), 3011–3024. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v4i2.2589>
- Jafar, A. F. (2021). Penerapan Metode Pembelajaran Konvensional Terhadap Hasil Belajar Fisika Peserta Didik. *Al Asma : Journal of Islamic Education*, 3(2), 190. <https://doi.org/10.24252/asma.v3i2.23748>
- Kemendikbudristek. (2022). *Panduan Pengembangan Proyek Penguatan Profil Pelajar Pancasila*. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi.
- Koes-H, S., & Putri, N. D. (2021). The Effect of Project-Based Learning in STEM on Students' Scientific Reasoning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1835(1), 012006. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1835/1/012006>

-
- Lidinillah, D. A. M. (2012). Educational design research: a theoretical framework for action. *Tasikmalaya: Universitas Pendidikan Indonesia Kampus Tasikmalaya*.
- Lidinillah, D. A. M., Mulyana, E. H., Karlimah, K., & Hamdu, G. (2019). Integration of STEM learning into the elementary curriculum in Indonesia: An analysis and exploration. *Journal of Physics: Conference Series*, 1318(1), 012053.
- Lidya, N., Habibah, H., & Suryadi, A. (2024). The effect of design-based STEM learning on students' scientific creativity in solar energy topic. *Momentum: Physics Education Journal*, 8(2), 166–180. <https://doi.org/10.21067/mpej.v8i2.9767>
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vilchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 103(4), 799–822. <https://doi.org/10.1002/sc.21522>
- McKenney, S., & Reeves, T. (2018). *Conducting educational design research*. Routledge.
- Nurlaila, N., Hamdu, G., & Muliastuti, D. N. (2016). Pengembangan Media Mock-Up Pada Model Pembelajaran Latihan Penelitian di Sekolah Dasar. *PEDADIDAKTIKA: Jurnal Ilmiah Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 3(1), 85–93. <https://ejournal.upi.edu/index.php/pedadidaktika/article/view/5096>
- OECD. (2019). *PISA 2018 Results (Volume I)*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>
- Salam, N., & Junaidi, J. (2022). Penerapan Media Pembelajaran Power Point Interaktif guna Meningkatkan Keaktifan Peserta Didik. *Naradidik: Journal of Education and Pedagogy*, 1(3), 189–197. <https://doi.org/10.24036/nara.v1i3.56>
- Siew, N. M., Amir, N., & Chong, C. L. (2015). The perceptions of pre-service and in-service teachers regarding a project-based STEM approach to teaching science. *SpringerPlus*, 4(1), 8.
- Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W., Deprez, J., De Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., Van de Velde, D., Van Petegem, P., & Depaepe, F. (2018). Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education. *European Journal of STEM Education*, 3(1). <https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525>
- Tseng, K.-H., Chang, C.-C., Lou, S.-J., & Chen, W.-P. (2013). Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning (PjBL) environment. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(1), 87–102.
- Ummah, D. N., & Nadlir, N. (2023). Konsep Kurikulum Merdeka Dan Integrasi Media Pembelajaran Berbasis Digital Pada Jenjang Sekolah Dasar. *Elementeris: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar Islam*, 5(1), 26–38.
- Wahono, B., Lin, P.-L., & Chang, C.-Y. (2020). Evidence of STEM enactment effectiveness in Asian student learning outcomes. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 36.