E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Pengembangan Perangkat Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Berbasis STEM Pada Materi Fluida Statis Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA

Siti Nur Haliza Oktavia Latodjo[1], Trisnawaty Junus Buhungo[2], I Made Hermanto[3]
[1]Universitas Negeri Gorontalo, jovitalatodjo5@gmail.com
[2]Universitas Negeri Gorontalo, trisnawaty.buhungo@ung.ac.id
[3]Universitas Negeri Gorontalo, imadehermanto@ung.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengembangkan perangkat pembelajaran inkuiri terbimbing berbasis Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) pada materi fluida statis untuk mendukung peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa SMA serta mengetahui tingkat kevalidan perangkat yang dikembangkan. Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (Research and Development) dengan model ADDIE yang meliputi lima tahap, yaitu analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Produk yang dikembangkan terdiri atas modul ajar, bahan ajar, Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD), serta instrumen penilaian yang mencakup tes berpikir kritis berdasarkan indikator Ennis, angket respons guru dan siswa, lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran, dan lembar aktivitas siswa. Validasi dilakukan oleh dua dosen ahli menggunakan lembar validasi dengan skala penilaian 1–4. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh perangkat dan instrumen yang dikembangkan memenuhi kriteria valid hingga sangat valid, dengan skor rata-rata berkisar antara 3,36–3,75. Skor validitas tertinggi diperoleh lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran sebesar 3,75, sedangkan skor terendah diperoleh LKPD sebesar 3,36. Revisi dilakukan berdasarkan masukan validator, terutama pada aspek redaksi pertanyaan pemantik, bahasa, isi, penampilan, dan keterbacaan. Dengan demikian, perangkat pembelajaran inkuiri terbimbing berbasis STEM pada materi fluida statis dinyatakan valid dan layak digunakan dalam pembelajaran fisika di SMA.

Kata Kunci: perangkat pembelajaran, inkuiri terbimbing, STEM, berpikir kritis, fluida statis

Abstract

This study aimed to develop guided inquiry learning materials integrated with Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) on static fluid topics to support the improvement of high school students' critical thinking skills and determine the validity of the developed materials. This research employed a Research and Development (R&D) method using the ADDIE model, which consists of five stages: analysis, design, development, implementation, and evaluation. The developed products included a teaching module, teaching materials, student worksheets, and assessment instruments comprising a critical thinking test based on Ennis' indicators, teacher and student response questionnaires, a learning implementation observation sheet, and a student activity observation sheet. Validation was conducted by two expert lecturers using validation sheets with a four-point rating scale. The results indicated that all developed learning materials and assessment instruments met the valid to highly valid criteria, with average validation scores ranging from 3.36 to 3.75. The highest validation score was obtained by the learning implementation observation sheet (3.75), while the lowest score was obtained by the student worksheets (3.36). Revisions were made based on the experts' feedback,

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

particularly regarding the wording of introductory questions, language, content, presentation, and readability. Therefore, the guided inquiry learning materials integrated with STEM on static fluid topics were considered valid and suitable for use in high school physics learning.

Keywords: *learning materials, guided inquiry, STEM, critical thinking, static fluids*

Corresponding Author:
Siti Nur Haliza Oktavia Latodjo
Universitas Negeri Gorontalo, jovitalatodjo5@gmail.com

PENDAHULUAN

Pendidikan abad ke-21 menuntut siswa menguasai keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS), dan berpikir kritis adalah salah satu kompetensi utamanya. Keterampilan ini memungkinkan siswa menelaah informasi secara mendalam, menilai keabsahan argumen, memecahkan masalah kompleks, dan mengambil keputusan yang rasional (Surayanah & Karma, 2023). Kurikulum Merdeka dan Kurikulum 2013 sama-sama menekankan pembelajaran aktif, kontekstual, dan berbasis proyek untuk mengembangkannya (Hapsari et al., 2025).

Kenyataannya, keterampilan berpikir kritis siswa SMA masih relatif rendah. Siswa belum optimal dalam mengidentifikasi masalah, menganalisis keterkaitan konsep, menyusun argumen logis, dan mengevaluasi fenomena ilmiah (Sundari & Sarkity, 2021). Hal ini berkaitan dengan pembelajaran yang berorientasi pada guru, dominasi ceramah, dan terbatasnya ruang bagi siswa untuk melakukan penyelidikan ilmiah (Hutasoit, 2021). Padahal fisika menuntut penalaran sebab-akibat dan kemampuan matematis, sehingga tidak cukup dipelajari sebagai hafalan rumus (Novianti, 2020); (Sundari & Sarkity, 2021).

Fluida statis, yang mencakup tekanan hidrostatis, Hukum Pascal, dan Hukum Archimedes, menuntut kemampuan berpikir kritis. Materi ini dekat dengan kehidupan sehari-hari, tetapi sering dianggap sulit karena memerlukan pemahaman konseptual yang mendalam (Rahma et al., 2022). Banyak siswa mengalami miskonsepsi, misalnya tentang hubungan kedalaman dan tekanan atau gaya apung, akibat minimnya pengalaman praktikum dan investigasi langsung (Sukariasih & Yuris, 2024). Pembelajaran yang masih didominasi penyampaian teori dan contoh soal membuat siswa menghafal rumus tanpa memahami keterkaitan antarvariabel (Jumran, 2023).

Perangkat pembelajaran yang digunakan di sekolah umumnya masih konvensional dan belum mendukung proses penyelidikan serta penguatan berpikir kritis (Nabila, 2024); (Arpiawan et al., 2022). Model inkuiri terbimbing direkomendasikan untuk mengatasinya karena siswa terlibat dalam observasi, perumusan pertanyaan dan hipotesis, percobaan, analisis data, dan penarikan kesimpulan dengan bimbingan terstruktur dari guru (Arpiawan et al., 2022); (Agustin et al., 2020). Pendekatan STEM melengkapinya dengan mengaitkan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam pemecahan masalah nyata, seperti merancang sistem hidrolik sederhana atau model kapal selam mini (Rahmawati et al., 2022).

Penelitian terdahulu telah menggabungkan sebagian unsur tersebut, tetapi belum ada yang memadukan inkuiri terbimbing, STEM, dan fluida statis dalam satu pengembangan perangkat. (Lestari & Muhajir, 2021) menerapkan STEM pada fluida

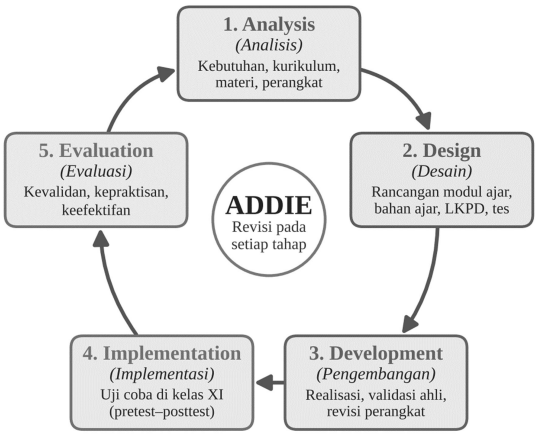
E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

statis tanpa inkuiri terbimbing dan tanpa pengembangan perangkat. (Syukri et al., 2023) mengembangkan lembar kerja STEM berbasis inkuiri terbimbing, tetapi tidak khusus pada fluida statis. Penelitian (Ramanda et al., 2024), (Harjilah et al., 2019), dan (Diah, 2025) menggunakan inkuiri terbimbing tanpa integrasi STEM dan bukan pengembangan perangkat formal. Penelitian ini mengisi celah tersebut dengan mengembangkan perangkat inkuiri terbimbing berbasis STEM pada fluida statis.

Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan perangkat pembelajaran inkuiri terbimbing berbasis STEM pada materi fluida statis melalui model ADDIE dan mengetahui tingkat kevalidannya berdasarkan penilaian validator ahli.

METODE

Penelitian ini adalah penelitian dan pengembangan (R&D) yang menghasilkan perangkat pembelajaran inkuiri terbimbing berbasis STEM pada materi fluida statis. Model pengembangan yang dipakai adalah ADDIE dengan lima tahap, yaitu Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation Sugiyono, (Syahid et al., 2024). Siklus model ADDIE disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Siklus model ADDIE

1. Analysis (Analisis). Menganalisis kebutuhan (observasi dan wawancara guru fisika), kurikulum, karakteristik siswa, materi, dan perangkat yang sudah ada.

2. Design (Desain). Menyusun struktur modul ajar, bahan ajar, LKPD, dan instrumen penilaian berpikir kritis yang mengacu pada indikator Ennis.

3. Development (Pengembangan). Kegiatan pengembangan merupakan realisasi dari rancangan pada tahap desain. Peneliti menyusun modul ajar, bahan ajar, LKPD, dan instrumen penilaian (lembar validasi, tes berpikir kritis, angket respon guru dan siswa, lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran, dan lembar aktivitas siswa) menjadi produk nyata sesuai rancangan awal. Draf perangkat kemudian dikonsultasikan dengan dosen pembimbing dan diperbaiki sampai disetujui. Hasilnya adalah perangkat yang siap diserahkan kepada validator.

4. Implementation (Implementasi). Perangkat yang sudah jadi diujikan kepada validator ahli, yaitu dua dosen Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Negeri Gorontalo. Validator menilai perangkat dan instrumen dengan lembar validasi pada aspek konstruksi, isi, keterbacaan, bahasa, dan tampilan menggunakan skala 1–4. Validator juga memberikan komentar dan saran perbaikan.

5. Evaluation (Evaluasi). Peneliti mengevaluasi hasil penilaian validator terhadap perangkat pembelajaran. Skor tiap butir dari kedua validator dirata-ratakan dan

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

dikategorikan menurut kriteria kevalidan. Perangkat direvisi sesuai komentar dan saran validator sampai berkategori valid atau sangat valid dan layak digunakan.

Data dianalisis secara deskriptif dengan Microsoft Excel. Kevalidan dinilai oleh dua validator pada aspek konstruksi, isi, keterbacaan, bahasa, dan tampilan dengan skala 1–4. Skor setiap butir dari kedua validator dirata-ratakan untuk memperoleh skor rata-rata tiap aspek dan tiap perangkat dengan rumus berikut.

$$V = \frac{\text{jumlah skor seluruh validator}}{\text{banyak butir} \times \text{banyak validator}}$$

Skor rata-rata kevalidan (V) dikategorikan sesuai Tabel 1 (Wida et al., 2024). Perangkat dinyatakan layak digunakan jika berada pada kategori valid atau sangat valid, sedangkan komentar dan saran validator dijadikan dasar revisi.

Tabel 1. Kriteria kevalidan perangkat

Rentang skor (V)	Kategori
$3{,}50 \leq V \leq 4{,}00$	Sangat valid
$3{,}00 \leq V < 3{,}50$	Valid
$2{,}00 \leq V < 3{,}00$	Kurang valid
$1{,}00 \leq V < 2{,}00$	Tidak valid

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pengembangan perangkat mengikuti lima tahap ADDIE. Hasil tiap tahap diuraikan berikut ini, dilanjutkan dengan pembahasan kevalidan perangkat.

Tahap Analysis (Analisis)

Tahap analisis meliputi analisis kebutuhan pembelajaran, analisis kurikulum, dan analisis materi. Observasi awal dan wawancara dengan guru fisika menunjukkan pembelajaran masih berpusat pada guru. Ceramah mendominasi, sedangkan interaksi siswa berupa bertanya, berdiskusi, dan bereksperimen terbatas. Perangkat yang dipakai masih buku paket dan LKPD sederhana yang belum mengintegrasikan percobaan dengan STEM dan belum melatih berpikir kritis secara sistematis. Hasil analisis kebutuhan pembelajaran dirangkum pada Tabel 2. Solusi yang dipilih adalah mengembangkan perangkat inkuiri terbimbing berbasis STEM pada fluida statis.

Tabel 2. Hasil analisis kebutuhan pembelajaran

Aspek	Kondisi di lapangan	Kebutuhan pengembangan
Proses pembelajaran	Berpusat pada guru dan didominasi ceramah	Pembelajaran yang menempatkan siswa sebagai pelaku (inkuiri terbimbing)
Aktivitas siswa	Bertanya, berdiskusi, dan bereksperimen masih terbatas	Kegiatan penyelidikan, diskusi, dan eksperimen yang terstruktur
Perangkat pembelajaran	Buku paket dan LKPD sederhana yang belum mengintegrasikan percobaan dengan STEM	Perangkat yang memadukan percobaan dan unsur STEM
Berpikir kritis	Belum dilatih secara sistematis	Kegiatan dan tes yang mengacu pada indikator Ennis

Sekolah memakai Kurikulum Merdeka. Fisika kelas XI berada pada Fase F dengan dua elemen Capaian Pembelajaran (CP): pemahaman fisika dan keterampilan

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

proses (Keputusan Kepala BSKAP Nomor 046/H/KR/2025). Untuk fluida statis, siswa diharapkan memahami tekanan hidrostatis, Hukum Pascal, dan Hukum Archimedes serta menerapkannya pada fenomena sehari-hari. Siswa juga diharapkan menyelidiki fenomena dari merumuskan pertanyaan sampai mengomunikasikan hasil. Tuntutan ini menjadi dasar tujuan pembelajaran, indikator, dan kegiatan pada perangkat. Hasil analisis kurikulum disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis kurikulum

Komponen	Hasil analisis
Kurikulum	Kurikulum Merdeka
Fase dan kelas	Fase F, fisika kelas XI
Acuan CP	Keputusan Kepala BSKAP Nomor 046/H/KR/2025
Elemen CP	Pemahaman fisika dan keterampilan proses
Tuntutan pemahaman fisika	Memahami tekanan hidrostatis, Hukum Pascal, dan Hukum Archimedes serta menerapkannya pada fenomena sehari-hari
Tuntutan keterampilan proses	Menyelidiki fenomena, dari merumuskan pertanyaan sampai mengomunikasikan hasil
Implikasi pada perangkat	Menjadi dasar tujuan pembelajaran, indikator, dan kegiatan pembelajaran

Analisis materi dilakukan untuk menentukan cakupan konsep fluida statis yang dipelajari pada tiga pertemuan (Tabel 4). Materi ini dekat dengan kehidupan sehari-hari, tetapi sering menimbulkan miskonsepsi, misalnya anggapan bahwa tekanan hidrostatis ditentukan oleh volume atau bentuk wadah (Jayantini et al., 2020). dan kekeliruan memahami hubungan kedalaman dengan tekanan atau gaya apung (Sukariasih & Yuris, 2024). Oleh karena itu, materi disusun agar siswa menemukan hubungan antarvariabel melalui percobaan.

Tabel 4. Hasil analisis materi

Perteman	Materi pokok	Konsep kunci
1	Tekanan hidrostatis	Tekanan pada fluida diam bergantung pada massa jenis fluida, percepatan gravitasi, dan kedalaman ($p = \rho g h$), bukan pada bentuk wadah
2	Hukum Pascal dan prinsip Archimedes	Tekanan pada fluida tertutup diteruskan sama besar ke segala arah (dongkrak hidrolik); gaya apung sama dengan berat fluida yang dipindahkan ($F_A = \rho g V_{tercelup}$) (kapal laut)
3	Tegangan permukaan dan viskositas	Tegangan permukaan berkaitan dengan gaya pada permukaan fluida, sedangkan viskositas menyatakan kekentalan fluida yang menghambat gerak benda atau aliran

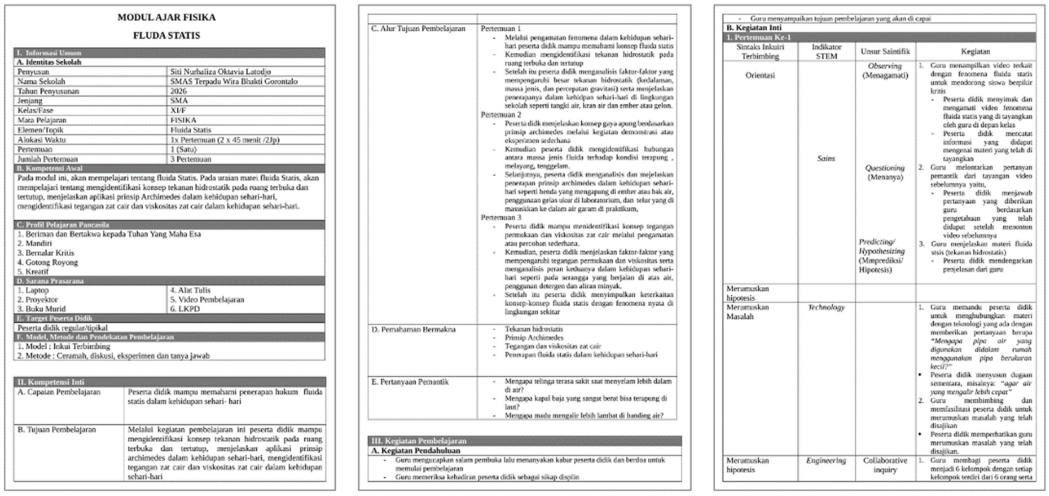
Tahap Design (Desain)

Perancangan perangkat berangkat dari hasil analisis kebutuhan dan kurikulum, dengan mengintegrasikan sintaks inkuiri terbimbing dan pendekatan STEM. Inkuiri terbimbing dipilih karena mendorong siswa terlibat aktif dalam pembelajaran (Kusumasuti et al., 2024). STEM dipakai untuk mengaitkan konsep fisika dengan

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

sains, teknologi, rekayasa, dan matematika sehingga pembelajaran lebih kontekstual dan siswa menggunakan pengetahuannya untuk memecahkan masalah.

Perangkat yang dirancang terdiri atas modul ajar, bahan ajar, LKPD, dan instrumen penilaian. Modul ajar disusun untuk tiga kali pertemuan dengan tujuh tahap inkuiri terbimbing: orientasi masalah, merumuskan masalah, merumuskan hipotesis, mengumpulkan data melalui penyelidikan atau eksperimen, menganalisis data, menguji hipotesis, dan menarik kesimpulan. Pada setiap tahap, unsur STEM diintegrasikan. Science berupa pemahaman konsep fisika pada fluida statis. Technology berupa pemanfaatan alat bantu seperti alat-alat praktikum. Engineering berupa kegiatan merancang percobaan atau mencari solusi atas suatu masalah. Mathematics berupa penggunaan persamaan dan perhitungan hasil pengukuran. Bahan ajar disusun dari materi dalam modul ajar dan dilengkapi gambar, ilustrasi, contoh fenomena sehari-hari, dan persamaan matematis agar siswa dapat menghubungkan konsep dengan kejadian nyata. Instrumen penilaian meliputi lembar validasi, tes berpikir kritis, angket respon guru dan siswa, lembar keterlaksanaan pembelajaran, dan lembar aktivitas siswa. Rancangan awal perangkat disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain awal modul ajar. (a) Informasi umum, kompetensi awal, dan kompetensi inti, (b) alur tujuan pembelajaran, pemahaman bermakna, dan pertanyaan pemantik, (c) kegiatan inti pertemuan 1 berdasarkan sintaks inkuiri terbimbing dan indikator STEM

Tahap Development (Pengembangan)

Tahap pengembangan merupakan realisasi dari rancangan pada tahap desain. Peneliti menyusun modul ajar, bahan ajar, LKPD, dan instrumen penilaian (lembar validasi, tes berpikir kritis, angket respon guru dan siswa, lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran, dan lembar aktivitas siswa) menjadi produk nyata sesuai rancangan awal pada Gambar 2. Draf perangkat didiskusikan dengan dosen pembimbing dan diperbaiki sampai mendapat persetujuan. Hasil tahap ini adalah perangkat yang siap diserahkan kepada validator.

Tahap Implementation (Implementasi)

Perangkat yang telah disetujui diujikan kepada dua validator ahli, yaitu dosen Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Negeri Gorontalo. Validator menilai

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

perangkat dan instrumen dengan lembar validasi serta memberikan komentar dan saran perbaikan. Seluruh perangkat dan instrumen dinyatakan valid dengan sedikit revisi. Skor rata-rata keseluruhan pada skala 4 disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil validasi perangkat dan instrumen pembelajaran (skala 4)

NO	Perangkat dan instrumen	Skor rata-rata	Kategori
1	Modul ajar	3,46	Valid
2	Bahan ajar	3,40	Valid
3	LKPD	3,36	Valid
4	Tes berpikir kritis	3,70	Sangat valid
5	Angket respon guru	3,62	Sangat valid
6	Angket respon siswa	3,62	Sangat valid
7	Lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran	3,75	Sangat valid
8	Lembar aktivitas siswa	3,71	Sangat valid

Aspek yang dinilai pada modul ajar dan bahan ajar adalah konstruksi, isi, bahasa, dan keterbacaan, sedangkan pada LKPD ditambah penampilan. Tes berpikir kritis berbentuk pilihan ganda 12 soal yang disusun dari kisi-kisi indikator Ennis. Angket respon guru dan angket respon siswa masing-masing memiliki enam indikator. Skor tertinggi diperoleh lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran (3,75) dan skor terendah diperoleh LKPD (3,36). Skor aspek terendah adalah bahasa pada modul ajar (3,00), isi pada bahan ajar (3,25), serta penampilan dan keterbacaan pada LKPD (3,00).

Tahap Evaluation (Evaluasi)

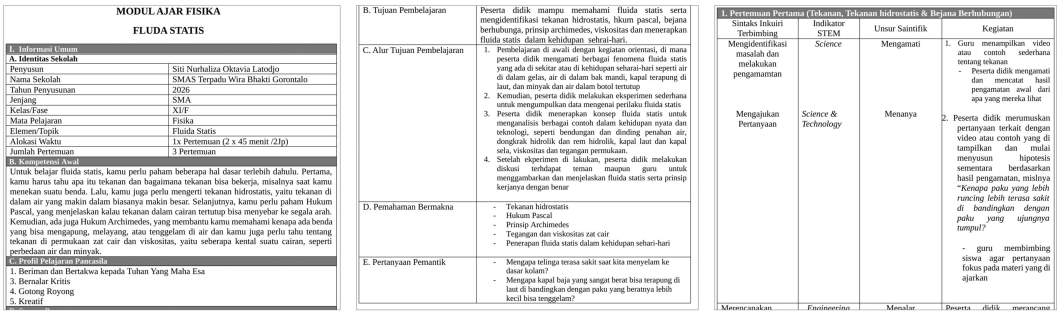
Evaluasi dilakukan terhadap hasil penilaian validator pada Tabel 5 beserta komentar dan sarannya. Revisi yang disarankan validator terutama menyangkut redaksi pertanyaan pemantik dan penyajian bahasa, dan seluruhnya ditindaklanjuti sehingga perangkat layak digunakan. Hasil revisi dirangkum pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil revisi perangkat berdasarkan saran validator

Bagian yang direvisi	Saran validator	Hasil revisi
Pertanyaan pemantik	Redaksi pertanyaan pemantik perlu diperbaiki	Redaksi pertanyaan pemantik diperbaiki sesuai saran validator
Penyajian bahasa	Bahasa perlu disempurnakan (aspek bahasa pada modul ajar 3,00)	Bahasa pada perangkat diperbaiki sesuai saran validator
Penyajian isi, penampilan, dan keterbacaan	Penyajian perlu disempurnakan (isi bahan ajar 3,25; penampilan dan keterbacaan LKPD 3,00)	Penyajian isi, penampilan, dan keterbacaan diperbaiki sesuai saran validator

Setelah seluruh saran validator ditindaklanjuti, perangkat final hasil pengembangan disajikan pada Gambar 3. Dibandingkan dengan desain awal pada Gambar 2, perangkat final memuat redaksi pertanyaan pemantik yang telah diperbaiki, bahasa yang lebih baik, serta penyajian isi, penampilan, dan keterbacaan yang lebih tertata sehingga layak digunakan dalam pembelajaran.

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X



MODUL AJAR FISIKA

FLUDA STATIS

I. Informasi Umum	
A. Identitas Sekolah	
Penyusun	Siti Nurhaliza Oktavia Latodjo
Nama Sekolah	SMAS Terpadu Wira Bhakti Gorontalo
Tahun Penyusunan	2026
Jenjang	SMA
Kelas/Fase	XI/F
Mata Pelajaran	Fisika
Elemen/Topik	Fluida Statis
Alokasi Waktu	1x Pertemuan (2 x 45 menit /2Jp)
Jumlah Pertemuan	3 Pertemuan
B. Kompetensi Awal	
Untuk belajar fluida statis, kamu perlu paham beberapa hal dasar terlebih dahulu. Pertama, kamu harus tahu apa itu tekanan dan bagaimana tekanan bisa bekerja, misalnya saat kamu menekan suatu benda. Lalu, kamu juga perlu mengerti tekanan hidrostatis, yaitu tekanan di dalam air yang makin dalam biasanya makin besar. Selanjutnya, kamu perlu paham Hukum Pascal, yang menjelaskan kalau tekanan dalam cairan tertutup bisa menyebar ke segala arah. Kemudian, ada juga Hukum Archimedes, yang membantu kamu memahami kenapa ada benda yang bisa mengapung, melayang, atau tenggelam di air dan kamu juga perlu tahu tentang tekanan di permukaan zat cair dan viskositas, yaitu seberapa kental suatu cairan, seperti perbedaan air dan minyak.	
C. Profil Pelajaran Pancasila	
1. Beriman dan Bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa 3. Bernalar Kritis 4. Gotong Royong 5. Kreatif	

(a) Informasi Umum dan Kompetensi Inti

B. Tujuan Pembelajaran	Peserta didik mampu memahami fluida statis serta mengidentifikasi tekanan hidrostatis, hkum pascal, bejana berhubunga, prinsip archimedes, viskositas dan menerapkan fluida statis dalam kehidupan sehrai-hari.
C. Alur Tujuan Pembelajaran	1. Pembelajaran di awali dengan kegiatan orientasi, di mana peserta didik mengamati berbagai fenomena fluida statis yang ada di sekitar atau di kehidupan sehrari-hari seperti air di dalam gelas, air di dalam bak mandi, kapal terapung di laut, dan minyak dan air dalam botol tertutup 2. Kemudian, peserta didik melakukan eksperimen sederhana untuk mengumpulkan data mengenai perilaku fluida statis 3. Peserta didik menerapkan konsep fluida statis untuk menganalisis berbagai contoh dalam kehidupan nyata dan teknologi, seperti bendungan dan dinding penahan air, dongkrak hidrolik dan rem hidrolik, kapal laut dan kapal sela, viskositas dan tegangan permukaan. 4. Setelah ekperimen di lakukan, peserta didik melakukan diskusi terhdapat teman maupun guru untuk menggambarkan dan menjelaskan fluida statis serta prinsip kerjanya dengan benar
D. Pemahaman Bermakna	- Tekanan hidrostatis - Hukum Pascal - Prinsip Archimedes - Tegangan dan viskositas zat cair - Penerapan fluida statis dalam kehidupan sehari-hari
E. Pertanyaan Pemantik	- Mengapa telinga terasa sakit saat kita menyelam ke dasar kolam? - Mengapa kapal baja yang sangat berat bisa terapung di laut di bandingkan dengan paku yang beratnya lebih kecil bisa tenggelam?

(b) Alur Tujuan, Pemahaman Bermakna, dan Pertanyaan Pemantik

1. Pertemuan Pertama (Tekanan, Tekanan hidrostatis & Bejana Berhubungan)			
Sintaks Inkuiri Terbimbing	Indikator STEM	Unsur Saintifik	Kegiatan
Mengidentifikasi masalah dan melakukan pengamamtan	Science	Mengamati	1. Guru menampilkan video atau contoh sederhana tentang tekanan - Peserta didik mengamati dan mencatat hasil pengamatan awal dari apa yang mereka lihat
Mengajukan Pertanyaan	*Science & Technology*	Menanya	2. Peserta didik merumuskan pertanyaan terkait dengan video atau contoh yang di tampilkan dan mulai menyusun hipotesis sementara berdasarkan hasil pengamatan, mislnya "*Kenapa paku yang lebih runcing lebih terasa sakit di bandingkan dengan paku yang ujungnya tumpul?* - guru membimbing siswa agar pertanyaan fokus pada materi yang di ajarkan
Merencanakan	Engineering	Menalar	Peserta didik merancang

(c) Kegiatan Inti: Inkuiri Terbimbing dan STEM

Gambar 3. Perangkat final modul ajar setelah revisi. (a) Informasi umum, kompetensi awal, dan kompetensi inti, (b) alur tujuan pembelajaran, pemahaman bermakna, dan pertanyaan pemantik, (c) kegiatan inti pertemuan 1 berdasarkan sintaks inkuiri terbimbing dan indikator STEM

Pembahasan

Analisis (Analysis). Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa pembelajaran fisika di sekolah masih berpusat pada guru, didominasi ceramah, dan memberi ruang terbatas bagi siswa untuk bertanya, berdiskusi, dan bereksperimen (Tabel 2). Perangkat yang dipakai berupa buku paket dan LKPD sederhana yang belum mengintegrasikan percobaan dengan STEM dan belum melatih berpikir kritis secara sistematis. Kondisi ini sejalan dengan (Hutasoit, 2021) tentang pembelajaran yang berorientasi pada guru, serta (Nabila, 2024) dan (Arpiawan et al., 2022) tentang perangkat konvensional yang belum mendukung penyelidikan dan penguatan berpikir kritis. Dengan demikian, masalah yang perlu dijawab bukan sekadar ketiadaan perangkat baru, tetapi ketiadaan perangkat yang menempatkan siswa sebagai pelaku penyelidikan dan melatih indikator berpikir kritis secara terarah. Analisis kurikulum memperkuat arah tersebut. Capaian Pembelajaran Fase F pada Kurikulum Merdeka menuntut pemahaman fisika sekaligus keterampilan proses (Tabel 3), sehingga inkuiri terbimbing yang mendorong siswa terlibat aktif (Syahrial, 2024). dipilih sebagai model, dan STEM dipadukan agar konsep fisika dikaitkan dengan konteks nyata. Analisis materi menunjukkan bahwa fluida statis dekat dengan kehidupan sehari-hari tetapi rawan miskonsepsi, misalnya anggapan bahwa tekanan hidrostatis ditentukan oleh bentuk wadah dan kekeliruan hubungan kedalaman dengan tekanan atau gaya apung (Pulu & Amahoru, 2023); (Sukariasih & Yuris, 2024). Kesulitan ini berkaitan dengan pembelajaran yang menekankan rumus tanpa pemahaman keterkaitan antarvariabel (Jumran, 2023); (Rahma et al., 2022). Oleh karena itu, materi dalam Tabel 4 disusun agar siswa menemukan hubungan antarvariabel melalui percobaan, bukan menerimanya sebagai rumus jadi.

Desain (Design). Rancangan perangkat bertolak langsung dari temuan analisis. Tujuh tahap inkuiri terbimbing (orientasi masalah sampai menarik kesimpulan) dipetakan pada tiga pertemuan, dan pada setiap tahap dilekatkan satu atau lebih unsur STEM: Science pada pemahaman konsep fluida statis, Technology pada pemanfaatan alat bantu praktikum, Engineering pada kegiatan merancang percobaan atau mencari solusi masalah, dan Mathematics pada penggunaan persamaan dan perhitungan hasil pengukuran. Pemetaan ini mengikuti pandangan bahwa STEM memadukan keempat bidang dalam pembelajaran aktif berbasis masalah (Al Musafiri & Lestari, 2025); (Nasrudin et al., 2026) dan melatih berpikir kritis dan kolaborasi (Kurniati et al., 2026). Pertanyaan pemantik dirancang dari fenomena sehari-hari, seperti telinga yang terasa sakit saat menyelam dan kapal baja yang tetap terapung, karena fenomena

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

tersebut berpotensi memunculkan konflik kognitif terhadap miskonsepsi yang ditemukan pada analisis materi. Secara teoretis, rancangan ini bertumpu pada belajar penemuan (Siregar & Soebagyo, 2026) dan bimbingan bertahap atau scaffolding (Swastika & Utami, 2024), sedangkan unsur STEM memberi konteks penerapan konsep (Muttaqiin, 2023). Bimbingan guru yang terstruktur juga dimaksudkan agar siswa berkemampuan rendah tidak tertinggal (Putri & Arifin, 2022) dan kegiatan yang tertulis rinci dalam modul serta LKPD membantu guru mengendalikan jalannya penyelidikan, yang menurut (Firdaus & Wilujeng, 2018) menjadi kelemahan inkuiri terbimbing pada kelas besar. Instrumen tes berpikir kritis disusun dari kisi-kisi lima indikator Ennis sehingga penilaian selaras dengan kemampuan yang hendak dilatih (Kusumo & Nindiasari, 2024).

Pengembangan (Development). Pada tahap ini rancangan diwujudkan menjadi modul ajar, bahan ajar, LKPD, dan seluruh instrumen penilaian (Gambar 2). Draf dikonsultasikan dengan dosen pembimbing dan diperbaiki sampai disetujui sebelum diserahkan kepada validator. Langkah ini berfungsi sebagai penjaminan mutu awal karena kekeliruan yang bersifat mendasar, seperti ketidaksesuaian antara tujuan pembelajaran, kegiatan, dan instrumen, sudah diperbaiki sebelum penilaian formal. Hal ini diduga ikut menjelaskan mengapa penilaian validator menghasilkan kategori valid hingga sangat valid dengan revisi yang relatif sedikit. Perangkat yang diserahkan kepada validator juga bukan hanya produk utama, tetapi paket yang lengkap dengan instrumen penilaiannya, sehingga seluruh komponen yang kelak dipakai untuk menilai kualitas pembelajaran dapat diperiksa kelayakannya sejak awal.

Implementasi (Implementation). Perangkat final hasil pengembangan diujikan kepada dua dosen Jurusan Fisika sebagai validator ahli. Seluruh perangkat dan instrumen berada pada kategori valid hingga sangat valid dengan skor 3,36 sampai 3,75 (Tabel 5). Instrumen yang strukturnya baku, yaitu tes berpikir kritis (3,70), lembar observasi keterlaksanaan (3,75), dan lembar aktivitas siswa (3,71), memperoleh skor tertinggi karena komponennya sudah jelas dan relatif mudah dinilai. Sebaliknya, LKPD (3,36) dan bahan ajar (3,40) memperoleh skor terendah karena memuat banyak keputusan desain, misalnya pemilihan contoh, urutan langkah, dan penyajian visual, yang membuka lebih banyak ruang bagi validator untuk memberi saran. Pada tingkat aspek, kelemahan relatif ada pada bahasa modul ajar (3,00), isi bahan ajar (3,25), serta penampilan dan keterbacaan LKPD (3,00). Pola ini menunjukkan bahwa kekuatan perangkat terletak pada rancangan pembelajarannya, yaitu keterpaduan sintaks inkuiri terbimbing dan unsur STEM, sedangkan perbaikan diperlukan pada kemasan bahasa dan penyajian. Hasil ini sejalan dengan (Arpiawan et al., 2022) yang memperoleh skor validitas rata-rata 3,38 pada perangkat inkuiri terbimbing, serta (Hidayat et al., 2022) dan (Mandang & Marianus, 2024) yang melaporkan perangkat valid hingga sangat valid.

Evaluasi (Evaluation). Evaluasi dilakukan terhadap skor dan saran validator. Saran yang diberikan terutama menyangkut redaksi pertanyaan pemantik dan penyajian bahasa, serta penyempurnaan isi, penampilan, dan keterbacaan (Tabel 6). Ketiganya relevan secara pedagogis. Pertanyaan pemantik menjadi pintu masuk penyelidikan, sehingga redaksi yang kurang tepat dapat membuat siswa kurang terarah dalam merumuskan masalah dan hipotesis. Bahasa modul dan keterbacaan LKPD yang hanya mencapai skor 3,00 berada di batas bawah kategori valid, sehingga berisiko menimbulkan salah tafsir pada petunjuk kerja. Seluruh saran ditindaklanjuti, dan perbandingan Gambar 2 dengan Gambar 3 menunjukkan perangkat final memuat redaksi pertanyaan pemantik yang telah diperbaiki, bahasa yang lebih baik, serta penyajian yang lebih tertata. Evaluasi ini juga menunjukkan bahwa revisi bersifat

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

penyempurnaan, bukan perombakan rancangan, sehingga struktur tujuh tahap inkuiri terbimbing dan keterpaduan STEM dipertahankan. Dengan demikian, perangkat final dinyatakan layak digunakan dalam pembelajaran. Artikel ini membatasi pembahasan pada tingkat kevalidan perangkat, sedangkan kepraktisan dan keefektifannya dalam pembelajaran di kelas dikaji pada tulisan terpisah.

SIMPULAN

Perangkat pembelajaran inkuiri terbimbing berbasis STEM pada fluida statis yang dikembangkan dengan model ADDIE memenuhi kriteria valid. Perangkat berupa modul ajar, bahan ajar, LKPD, dan instrumen penilaian dinyatakan valid oleh dua validator ahli dengan sedikit revisi (modul ajar 3,46, bahan ajar 3,40, LKPD 3,36, tes berpikir kritis 3,70, angket respon guru 3,62, angket respon siswa 3,62, lembar observasi keterlaksanaan 3,75, dan lembar aktivitas siswa 3,71). Revisi terutama menyangkut redaksi pertanyaan pemantik dan penyajian bahasa, dan seluruhnya ditindaklanjuti sehingga perangkat final layak digunakan dalam pembelajaran. Artikel ini membatasi pembahasan pada tingkat kevalidan perangkat. Kepraktisan dan keefektifan perangkat dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa dapat dikaji pada tulisan terpisah. Sekolah disarankan menyediakan alat praktikum seperti neraca pegas, gelas ukur, dan model sistem hidrolik agar kegiatan penyelidikan dalam perangkat dapat terlaksana.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan masukan selama proses penelitian dan penyusunan artikel ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada kedua validator ahli dari Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Gorontalo, atas penilaian, saran, dan masukan yang diberikan dalam penyempurnaan perangkat pembelajaran. Penulis juga berterima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan sehingga penelitian dan penyusunan artikel ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Agustin, L., Haryanto, Z., & Efwinda, S. (2020). Pengaruh model pembelajaran inkuiri terbimbing terhadap kemampuan berpikir kritis siswa kelas XI SMA Negeri 9 Samarinda. *Jurnal Literasi Pendidikan Fisika*, *1*(1), 56–64.

Al Musafiri, M. R., & Lestari, A. P. (2025). Synergy of STEM and geography: Developing critical thinking skills in high school students for the future. *SIMFONI: Jurnal Sains Dan Sosial Multidisipliner*, *1*(1), 1–14.

Arpiawan, N., Syahrial, A., & Sutrio, S. (2022). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Model Inkuiri Terbimbing Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Fisika Peserta Didik SMA. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, *7*(2c), 974–979.

Diah, R. (2025). *Penerapan model pembelajaran inkuiri terbimbing berbantuan media curipod untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi fluida statis*. UIN Sunan Gunung Djati Bandung.

Firdaus, M., & Wilujeng, I. (2018). Pengembangan LKPD inkuiri terbimbing untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, *4*(1), 26–40.

Hapsari, N. R., Fauziyah, S., Attas, S. G., & Muliastuti, L. (2025). Analisis

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

Perencanaan Materi Pembelajaran Teks Drama pada Jenjang Sekolah Menengah dalam Kurikulum Nasional. *Metafora: Jurnal Pembelajaran Bahasa Dan Sastra*, *12*(2), 120–135.

Harjilah, N., Medriati, R., & Hamdani, D. (2019). Pengaruh model inkuiri terbimbing terhadap keterampilan berpikir kritis pada mata pelajaran fisika. *Jurnal Kumparan Fisika*, *2*(2), 79–84.

Hidayat, R. K., Sahidu, H., & Gunada, I. W. (2022). Pengembangan perangkat pembelajaran berbasis inkuiri terbimbing terintegritas dengan karakter untuk meningkatkan pemahaman konsep Fisika peserta didik. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, *7*(2), 285–291.

Hutasoit, S. A. (2021). Pembelajaran Teacher Centered Learning (TCL) dan Project Based Learning (PBL) dalam pengembangan kinerja ilmiah dan peninjauan karakter siswa. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, *2*(10), 1775–1799.

Jayantini, N. L. K. R., Suma, K., & Sarini, P. (2020). Identifikasi konsepsi siswa kelas viii smp negeri 2 blahbatuh pada topik tekanan zat dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Sains Indonesia (JPPSI)*, *3*(1), 41–48.

Jumran, J. (2023). Bagaimana Siswa Memahami Penggunaan Rumus Dalam Penyelesaian Kasus Fisika. *SEARCH: Science Education Research Journal*, *2*(1), 15–24.

Kurniati, D. R., Putri, A. R., & Mulyati, S. (2026). Analisis Kebutuhan LKPD Berbasis Etno-STEM Kincir Cai untuk Melatih Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar. *JURNAL PENDIDIKAN MIPA*, *16*(4), 1342–1350.

Kusumasuti, M. E., Soerjanto, S., & Cholik, M. (2024). Hubungan antara kemampuan berpikir kritis dengan hasil belajar melalui model inkuiri terbimbing. *Jurnal Pendidikan Madrasah*, *9*(2), 207–212.

Kusumo, B. J., & Nindiasari, H. (2024). PENGEMBANGAN INSTRUMEN TES ESAI BERBASIS KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PADA MATERI GARIS DAN SUDUT DI TINGKAT SMP. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, *9*(03), 180–191.

Lestari, I. F., & Muhajir, S. N. (2021). Pendekatan STEM untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada materi fluida statis. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, *1*(2), 62–68.

Mandang, T., & Marianus, M. (2024). Pengembangan Panduan Praktikum Elektronika Dasar Alat Electricity Demonstration Kit-B Berbasis Model Inkuiri Terbimbing. *Jurnal Penelitian Sains Dan Pendidikan (JPSP)*, *4*(1), 43–56.

Muttaqiin, A. (2023). Pendekatan STEM (sains, teknologi, teknik, matematika) pada pembelajaran IPA untuk melatih keterampilan abad 21. *Jurnal Pendidikan Mipa*, *13*(1), 34–45.

Nabila, R. (2024). *Pengembangan Perangkat Pembelajaran Fisika Berbasis Kurikulum Merdeka Pada Materi Fluida SMA/MA*. UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Nasrudin, L., Hidayat, F. N., Maulana, E., Muzaini, M. C., & Suseno, N. N. (2026). Eksplorasi keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi siswa pada pembelajaran IPAS terintegrasi STEAM melalui model PjBL. *Science Education and Development Journal Archives*, *4*(3), 114–128.

Novianti, W. (2020). Urgensi berpikir kritis pada remaja di era 4.0. *Journal of Education and Counseling (JECO)*, *1*(1), 38–52.

Pulu, S. R., & Amahoru, A. H. (2023). Analisis miskonsepsi mahasiswa pada

E-ISSN : 2962-9713
P-ISSN : 2963-928X

pembelajaran IPA menggunakan tes diagnostik multiple choice berbantuan CRI (Certainty of Response Index). *Jurnal Pendidikan Mipa*, *13*(2), 478–486.

Putri, D. N. P., & Arifin, M. B. U. B. (2022). Peran kinerja guru dalam membentuk karakter kerjasama pada siswa kelas IV. *Al-Mada: Jurnal Agama, Sosial, Dan Budaya*, *5*(2), 176–189.

Rahma, A. M., Suyudi, A., & Wulan, D. (2022). Kesulitan Siswa dalam Memahami Konsep Fluida Statis. *Compton: Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, *9*(1).

Rahmawati, L., Juandi, D., & Nurlaelah, E. (2022). Implementasi STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif matematis. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, *11*(3), 2002.

Ramanda, N., Rahmad, M., & Islami, N. (2024). Pengaruh model pembelajaran inkuiri terbimbing berbantuan simulasi PhET terhadap kemampuan berpikir kritis siswa pada materi fluida dinamis. *Silampari Jurnal Pendidikan Ilmu Fisika*, *6*(2), 223–239.

Siregar, Y. M. R., & Soebagyo, J. (2026). Efektivitas Model Pembelajaran Penemuan Bruner (Discovery Learning) dalam Meningkatkan Hasil Belajar Matematika Siswa Kelas IV Sekolah Dasar. *Polinomial: Jurnal Pendidikan Matematika*, *5*(3), 1596–1607.

Sukariasih, L., & Yuris, M. (2024). Identifikasi miskonsepsi siswa kelas XI pada konsep fluida statis dengan menggunakan four-tier diagnostic test di SMA Negeri 2 Kendari. *Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika*, *9*(3), 139–151.

Sundari, P. D., & Sarkity, D. (2021). Keterampilan berpikir kritis siswa SMA pada materi suhu dan kalor dalam pembelajaran fisika. *Journal of Natural Science and Integration*, *4*(2), 149–161.

Surayanah, S., & Karma, L. (2023). Mengembangkan higher order thinking skills dan prestasi belajar melalui elaborasi nilai-nilai kearifan lokal dalam pembelajaran sains. *JIIP-Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, *6*(5), 3469–3481.

Swastika, A. I., & Utami, I. W. P. (2024). Penerapan scaffolding pada Zone of Proximal Development (ZPD) kelas X DKV-2 di SMK terhadap mata pelajaran sejarah. *Journal of Innovation and Teacher Professionalism*, *3*(1), 68–76.

Syahid, I. M., Istiqomah, N. A., & Azwary, K. (2024). Model ADDIE dan ASSURE dalam pengembangan media pembelajaran. *Journal of International Multidisciplinary Research*, *2*(5).

Syahrial, A. (2024). Analisis Pembelajaran Fisika Terintegrasi STEAM untuk Melatih Keterampilan Abad 21 dan Keterampilan Proses Sains Siswa pada Implementasi Kurikulum Merdeka: A Review. *Journal of Classroom Action Research*, *6*(4), 881–892.

Syukri, M., Herliana, F., Maryono, M., Ngadimin, N., & Artika, W. (2023). Development of physics worksheet based on stem integrating engineering design process (EDP) through guided inquiry model to improve students' critical thinking. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, *9*(2), 225–236.

Wida, E. K., Harjono, A., Astria, F. P., & Nurwahidah, N. (2024). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis Proyek untuk Meningkatkan Hasil Belajar IPA Peserta Didik Kelas V. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, *9*(3), 2207–2217.