

**MODEL PEMBELAJARAN PRISMA-E'xi BERBASIS
MULTI REPRESENTASI TERINTEGRASI STEM
YANG BERORIENTASI PADA PENINGKATAN
KEMAMPUAN *CREATIVE PROBLEM SOLVING***

DISERTASI

Disusun untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mencapai Derajat Doktor
Program Studi Doktor Pendidikan



**Oleh: Rahma Diani
NPM 2133031006**

**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2025**

PERNYATAAN ORISINALITAS DAN PUBLIKASI

Saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Disertasi yang berjudul “MODEL PEMBELAJARAN PRISMA-E’XI BERBASIS MULTI REPRESENTASI TERINTEGRASI STEM YANG BERORIENTASI PADA PENINGKATAN KEMAMPUAN *CREATIVE PROBLEM SOLVING*” ini adalah karya penelitian saya sendiri dan bebas plagiat, serta tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali secara tertulis digunakan sebagai acuan dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber acuan serta daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam karya ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan (Permendiknas No. 17, Tahun 2010).
2. Publikasi sebagian atau keseluruhan isi Disertasi pada jurnal atau forum ilmiah lain harus seijin dan menyertakan tim pembimbing sebagai author dan FKIP UNILA sebagai Institusinya. Apabila dalam waktu sekurang-kurangnya satu semester (enam bulan sejak pengesahan Disertasi) saya tidak melakukan publikasi dari sebagian atau keseluruhan Disertasi ini, maka Program Studi Doktor Pendidikan, FKIP UNILA berhak mempublikasikan pada jurnal ilmiah yang diterbitkan oleh Program Studi Doktor Pendidikan, FKIP UNILA. Apabila saya melakukan pelanggaran dari ketentuan publikasi ini, maka saya bersedia mendapatkan sanksi akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, Desember 2025

Yang membuat pernyataan,

Rahma Diani

NPM 2133031006



**MODEL PEMBELAJARAN PRISMA-E'xi BERBASIS MULTI REPRESENTASI
TERINTEGRASI STEM YANG BERORIENTASI PADA PENINGKATAN
KEMAMPUAN *CREATIVE PROBLEM SOLVING***

DISERTASI

**Oleh: Rahma Diani
NPM 2133031006**

**Komisi
Pembimbing
Promotor**

Nama

Tanda Tangan

Tanggal

**Dr. Viyanti, M.Pd.
NIP 198003302005012001**



17-12-2025

Co-Promotor I

**Dr. Tri Jalmo, M.Si.
NIP 196109101986031005**



17-12-2025

Co-Promotor II

**Dr. Dewi Lengkana, M.Sc.
NIP 196110271986032001**



17-12-2025

Telah dinyatakan memenuhi syarat pada tanggal 22 September 2025

**Koordinator Program Studi Doktor Pendidikan
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung,**



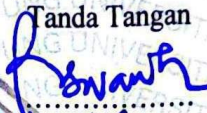







**Prof. Hasan Hariri, S.Pd., M.B.A., Ph.D.
NIP 196705212000121001**

**MODEL PEMBELAJARAN PRISMA-E'xi BERBASIS MULTI
REPRESENTASI TERINTEGRASI STEM YANG BERORIENTASI PADA
PENINGKATAN KEMAMPUAN *CREATIVE PROBLEM SOLVING***

DISERTASI

**Oleh: Rahma Diani
NPM 2133031006**

Tim Penguji

Jabatan	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	Dr. Riswandi, M.Pd. NIP 197608082009121001		30/12/2025
Sekretaris	Prof. Hasan Hariri, S.Pd., M.B.A., Ph.D. NIP 196705212000121001		24/12/2025
Anggota	Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si. NIP 196008211985031004		23/12-2025
	Prof. Dr. Yuberti, M.Pd. NIP 197709202006042011		18/12/25
	Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd. NIP 196003011985031003		30/12-2025
	Dr. Viyanti, M.Pd. NIP 198003302005012001		17-12-2025
	Dr. Tri Jalmo, M.Si. NIP 196109101986031005		17-12-2025
	Dr. Dewi Lengkana, M.Sc. NIP 196110271986032001		17-12-2025

Telah dipertahankan di depan penguji pada Sidang Tertutup dan
dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 2 Oktober 2025



Dekan FKIP Universitas Lampung,

Koordinator Program Studi Doktor Pendidikan


Dr. Albert Maydiantoro, S.Pd., M.Pd.
NIP 198708042014041001



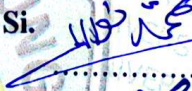







Prof. Hasan Hariri, S.Pd., M.B.A., Ph.D.
NIP 196705212000121001

**MODEL PEMBELAJARAN PRISMA-E'xi BERBASIS MULTI
REPRESENTASI TERINTEGRASI STEM YANG BERORIENTASI PADA
PENINGKATAN KEMAMPUAN *CREATIVE PROBLEM SOLVING***

DISERTASI

**Oleh: Rahma Diani
NPM 2133031006**

Tim Penguji

Jabatan	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	Prof. Dr. Sunyono, M.Si NIP 196512301991111001		23/12-2025
Sekretaris	Prof. Hasan Hariri, S.Pd., M.B.A., Ph.D. NIP 196705212000121001		24/12-2025
Anggota	Dr. Muhammad Nurwahidin, M. Ag., M. Si. NIP 197412202009121002		23/12/2025
	Prof. Dr. Yuberti, M.Pd. NIP 197709202006042011		18/12-25
	Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si. NIP 196008211985031004		23/12-25
	Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd. NIP 196003011985031003		8/12-2025
	Dr. Viyanti, M.Pd. NIP 198003302005012001		17-12-2025
	Dr. Tri Jalmo, M.Si. NIP 196109101986031005		17-12-2025
	Dr. Dewi Lengkana, M.Sc. NIP 196110271986032001		17-12-2025

Telah dipertahankan di depan penguji pada Sidang Terbuka dan
dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 16 Desember 2025


Dr. Albet Maydiantoro, S.Pd., M.Pd.
NIP 198708042014041001


Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP 196403261989021001

Tanggal lulus ujian disertasi 16 Desember 2025

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Rahma Diani, lahir di Koto Baru Semerap pada tanggal 17 April 1989. Penulis merupakan dosen tetap pada Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung, sejak tahun 2015. Pendidikan jenjang sarjana (S1) diselesaikan pada tahun 2010 di Universitas Jambi pada Program Studi Pendidikan Fisika. Selanjutnya, penulis menyelesaikan pendidikan magister (S2) pada Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Padang, pada tahun 2013. Saat ini, penulis sedang menempuh studi doktoral pada Program Studi S3 Pendidikan di Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung, dengan fokus penelitian pada pengembangan model pembelajaran berbasis multi representasi yang terintegrasi dengan pendekatan STEM dan berorientasi pada peningkatan kemampuan *Creative Problem Solving*.

Dalam perjalanan karier akademik, penulis aktif mengampu berbagai mata kuliah inti, seperti Fisika Dasar, Strategi Pembelajaran Fisika, Metodologi Penelitian, dan *Microteaching*, serta secara aktif membimbing mahasiswa dalam kegiatan penelitian dan publikasi ilmiah. Fokus keilmuan penulis berada pada bidang keterampilan berpikir dalam fisika, yang menjadi landasan utama dalam pengembangan model pembelajaran inovatif berbasis integrasi multi representasi dan pendekatan STEM.

Penulis telah mempublikasikan sejumlah artikel pada jurnal nasional terakreditasi maupun jurnal internasional bereputasi, yang mencakup topik-topik seperti pengembangan model pembelajaran, instrumen penilaian, pembelajaran berbasis proyek, pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran fisika, dan penguatan keterampilan berpikir ilmiah. Penulis juga berperan aktif sebagai editor dan reviewer pada berbagai jurnal ilmiah nasional dan internasional serta secara rutin berkontribusi dalam forum ilmiah tingkat nasional maupun internasional. Komitmen penulis terhadap kemajuan pendidikan tercermin melalui konsistensi dalam publikasi ilmiah, baik dalam bentuk artikel jurnal, buku ajar, maupun karya inovatif berbasis Hak Kekayaan Intelektual (HKI) yang telah resmi didaftarkan.

MOTTO

“Education is the soul of devotion: A sacred journey to think with clarity, to act with integrity, and to love with truth”

— Rahma Diani

Maka, Mahasuci (Allah) yang di tangan-Nya kekuasaan atas segala sesuatu dan kepada-Nya kamu dikembalikan (Q.S. Yasin: 83)

Sesungguhnya jika kamu bersyukur, niscaya Aku akan menambah (nikmat) kepadamu (Q.S. Ibrahim: 7)

PERSEMBAHAN

Karya sederhana ini dipersembahkan sebagai wujud rasa syukur kepada Allah SWT dan penghargaan yang tinggi kepada semua pihak yang telah mendukung perjalanan akademik penulis dalam menyelesaikan studi, antara lain:

1. Mama tercinta Hj. Eka Yuliani, S.Pd, yang senantiasa menjadi sumber kekuatan dan doa tanpa henti, serta papa tercinta (almarhum H. Agusti) dan Nenek (almarhumah Hj. Aminah Akhmad), yang semangatnya tetap hidup dan menginspirasi.
2. Kampus tercinta Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung yang memfasilitasi dan mendukung perjalanan studi penulis.
3. Kampus tercinta Universitas Lampung sebagai almamater terbaik yang telah memberikan ilmu dan pengalaman berharga selama menempuh studi.

Rahma Diani. 2025. *Model Pembelajaran PRISMA-E'xi Berbasis Multi Representasi Terintegrasi STEM yang Berorientasi pada Peningkatan Kemampuan Creative Problem Solving*. Disertasi. Promotor: Dr. Viyanti, M.Pd. Co-promotor 1: Dr. Tri Jalmo, M.Si. Co-promotor 2: Dr. Dewi Lengkana, M.Sc. Program Studi Doktor Pendidikan, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model pembelajaran PRISMA-E'xi, yaitu model pembelajaran berbasis multi representasi yang terintegrasi dengan pendekatan STEM dan berorientasi pada peningkatan kemampuan *creative problem solving* (CPS) peserta didik. Jenis penelitian ini adalah penelitian dan pengembangan (*research and development*) yang mengacu pada model Borg dan Gall (2003). Uji coba terbatas untuk menilai aspek kepraktisan dilaksanakan di satu sekolah dengan melibatkan 2 pendidik dan 37 peserta didik kelas XI SMA. Selanjutnya, uji coba skala luas menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain *quasi-experiment* tipe *non-equivalent control group design*, dengan subjek penelitian terdiri dari 350 peserta didik kelas XI SMA yang terbagi dalam dua kelompok: eksperimen (175 peserta didik) dan kontrol (175 peserta didik), masing-masing mewakili tiga kategori wilayah (rural, sub-urban, dan urban). Analisis data untuk mengukur efektivitas model mencakup perhitungan *n-gain*, *independent t-test*, *effect size*, *one-way ANOVA*, dan MANOVA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model pembelajaran PRISMA-E'xi valid, praktis, dan efektif. Efektifitas model ditunjukkan oleh rata-rata *n-gain* tinggi pada kelompok eksperimen, perbedaan signifikan berdasarkan uji t dengan *effect size* besar, tidak terdapat perbedaan signifikan rata-rata *n-gain* antar wilayah sekolah (rural, sub-urban, dan urban), serta pengaruh signifikan terhadap seluruh indikator kemampuan CPS berdasarkan uji MANOVA dan univariat, khususnya pada aspek *solution finding*, *objective finding*, dan *fact finding*. Dengan demikian, model pembelajaran PRISMA-E'xi terbukti layak digunakan sebagai model pembelajaran inovatif dalam pembelajaran fisika tingkat SMA di berbagai wilayah (rural, sub-urban, dan urban). Implikasinya, model ini dapat menjadi alternatif strategis dalam mendesain pembelajaran yang menekankan pengembangan kemampuan CPS.

Kata kunci: *creative problem solving*, model pembelajaran PRISMA-E'xi, multi representasi, pembelajaran fisika, STEM

Rahma Diani. 2025. *The PRISMA-E'xi Learning Model: A STEM-Integrated Multi-Representation-Based Approach Oriented Toward Enhancing Creative Problem-Solving Skills*. Dissertation. Promoter: Dr. Viyanti, M.Pd. Co-Promoter 1: Dr. Tri Jalmo, M.Si. Co-Promoter 2: Dr. Dewi Lengkana, M.Sc. Doctoral Program in Education, Faculty of Teacher Training and Education, University of Lampung.

ABSTRACT

This study was designed to develop the PRISMA-E'xi learning model, an instructional framework based on multiple representations, integrated with a STEM approach, and aimed at enhancing students' creative problem-solving (CPS) skills. The research employed a research and development (R&D) methodology following the Borg and Gall (2003) model. A small-scale trial was conducted in one senior high school to examine the model's practicality, involving two teachers and 37 Grade-XI students. Subsequently, a large-scale field trial was implemented using a quantitative quasi-experimental design of the non-equivalent control group type. The large-scale trial involved 350 Grade-XI students, divided into an experimental group ($n = 175$) and a control group ($n = 175$), each representing three school settings: rural, suburban, and urban. Data analysis to evaluate the model's effectiveness included n -gain computation, independent t -test, effect size estimation, one-way ANOVA, and MANOVA. The results of the study demonstrate that the PRISMA-E'xi learning model is valid, practical, and effective. Its effectiveness is evidenced by a high average normalized gain (n -gain) in the experimental groups, a significant difference confirmed by the t -test with a large effect size, no significant differences in mean n -gain across school regions (rural, suburban, and urban), and a significant impact on all indicators of CPS skills based on both MANOVA and univariate analyses, particularly in the aspects of solution finding, objective finding, and fact finding. These findings indicate that the PRISMA-E'xi learning model is a feasible and innovative instructional model for senior high school physics across diverse contexts (rural, suburban, and urban). The study implies that this model can serve as a strategic alternative for designing instruction that explicitly fosters students' CPS abilities.

Keywords: *creative problem solving, PRISMA-E'xi learning model, multi representation, physics learning, STEM*

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan disertasi yang berjudul **“Model Pembelajaran PRISMA-E’xi Berbasis Multi Representasi Terintegrasi STEM yang Berorientasi pada Peningkatan Kemampuan *Creative Problem Solving*”** dengan baik dan lancar. Disertasi ini lahir dari semangat untuk menghadirkan solusi inovatif dalam pembelajaran fisika yang mampu merespons tantangan abad ke-21, khususnya dalam pengembangan kemampuan *creative problem solving*. Model pembelajaran PRISMA-E’xi yang dikembangkan mengintegrasikan pendekatan multi representasi dan *Engineering Design Process* dalam konteks pembelajaran STEM, dengan harapan mampu menjadi alternatif pembelajaran yang kontekstual, aplikatif, dan transformatif dalam pembelajaran fisika jenjang SMA.

Penyusunan disertasi ini tidak lepas dari bantuan, dukungan, dan inspirasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setulus-tulusnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.,IPM., Rektor yang telah memfasilitasi dan bertanggung jawab atas proses kegiatan akademik di lingkungan Universitas Lampung.
2. Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., Direktur Pascasarjana yang telah memfasilitasi dan mendukung penyelenggaraan proses akademik di lingkungan Pascasarjana Universitas Lampung.
3. Dr. Albet Maydiantoro, S.Pd., M.Pd., Dekan yang telah memfasilitasi dan bertanggung jawab atas proses kegiatan akademik di lingkungan FKIP Universitas Lampung.
4. Prof. Hasan Hariri, S.Pd., M.B.A., Ph.D., Koordinator Program Studi Doktor Pendidikan FKIP Universitas Lampung yang telah memfasilitasi dan bertanggung jawab atas proses kegiatan akademik di Program Studi Doktor Pendidikan.

5. Dr. Viyanti, M.Pd., selaku promotor yang telah memberikan bimbingan intensif, arahan ilmiah, dan dorongan motivasi yang tiada henti selama proses penyusunan disertasi ini.
6. Dr. Tri Jalmo, M.Si., selaku co-promotor I yang telah memberikan masukan konstruktif, panduan yang aplikatif, serta dukungan moral dan akademik yang sangat berarti dalam setiap tahap penelitian ini.
7. Dr. Dewi Lengkana, M.Sc., selaku co-promotor II yang telah memberikan kontribusi pemikiran, koreksi kritis, serta perhatian yang mendalam terhadap kualitas substansi disertasi ini.
8. Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si., selaku Penguji I, atas bimbingan, arahan konstruktif, dan evaluasi mendalam terhadap disertasi ini.
9. Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd., selaku Penguji II, atas bimbingan, saran konstruktif, dan ketelitian dalam menelaah disertasi ini.
10. Dr. Muhammad Nurwahidin, M.Ag., M.Si., selaku penguji internal, atas pertanyaan reflektif dan penguatan perspektif nilai yang membantu melihat penelitian ini dari dimensi keilmuan yang lebih luas.
11. Prof. Dr. Yuberti, M.Pd., selaku penguji eksternal, atas pertanyaan, serta pandangan kritisnya yang memperkuat posisi kebaruan dan kontribusi ilmiah disertasi ini.
12. Para validator: Prof. Dr. Sunyono, M.Si., Prof. Dr. Parmin, M.Pd., Prof. Dr. Yuberti, M.Pd., Dr. Mukarramah Mustari, M.Pd., Dr. Achmad Samsudin, M.Pd., Rosida Rakhmawati, Ph.D., Dr. Muhammad Nur Hudha, M.Pd., R. Ahmad Zaky El Islami, Ph.D., Sri Latifah, M.Sc., dan Widya Wati, M.Pd. yang telah memberikan penilaian, arahan, dan saran yang berharga.
13. Para pendidik mitra penelitian: Safira Lusiana Marinda Malik, S.Pd., Melinda, S.Pd., Eka Septiyani, S.Pd., Supadi, S.Kom., M.T.I., dan Drs. Khudri, M.Pd.I. yang telah mendukung dan memfasilitasi terlaksananya penelitian ini dengan baik dan lancar.
14. Semua pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan kontribusi dalam proses penyusunan disertasi ini.

Penulis menyadari bahwa disertasi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi penyempurnaan disertasi ini. Semoga disertasi ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang pendidikan fisika dan praktik pembelajaran di sekolah.

Bandar Lampung, Desember 2025
Penulis

DAFTAR ISI

	HALAMAN
JUDUL.....	i
PERNYATAAN ORISINALITAS DAN PUBLIKASI.....	ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	iii
PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	vi
MOTTO.....	vii
PERSEMBAHAN.....	viii
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
PRAKATA.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xx
Bab I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah.....	8
C. Tujuan Penelitian.....	8
D. Manfaat Penelitian.....	9
E. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan.....	9
Bab II. KAJIAN PUSTAKA DAN KERANGKA BERPIKIR.....	11
A. Kajian Pustaka.....	11
1. Teori Konstruktivisme.....	11
2. Pembelajaran Fisika Berbasis Multi Representasi.....	13
3. Pendekatan STEM.....	19
4. Pembelajaran Multi Representasi Terintegrasi STEM pada Materi Fluida.....	24
5. Kemampuan CPS.....	29
6. Model Pembelajaran.....	32
B. Kerangka Berpikir.....	35
Bab III. METODE PENELITIAN.....	38
A. Jenis Penelitian.....	38
B. Prosedur Penelitian.....	38
1. Tahap Pendahuluan.....	40
2. Tahap Pengembangan.....	41
3. Tahap Pengujian.....	42
4. Diseminasi Produk.....	45

	C. Prosedur Pengumpulan Data.....	45
	1. Teknik Pengumpulan Data.....	45
	2. Teknik Analisis Data.....	53
Bab IV.	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	73
	A. Hasil Studi Pendahuluan.....	73
	1. Hasil Studi Literatur.....	73
	2. Hasil Studi Lapangan.....	78
	B. Hasil Pengembangan Produk.....	81
	1. Hasil Penyusunan Prototipe Produk.....	81
	2. Hasil Validasi Produk.....	89
	C. Hasil Pengujian Produk.....	125
	1. Hasil Uji Coba Terbatas.....	126
	2. Hasil Uji Coba Skala Luas.....	132
	D. Hasil Diseminasi Produk.....	146
	E. Pembahasan.....	147
	1. Urgensi Pengembangan Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	147
	2. Karakteristik dan Keunggulan Prototipe Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	150
	3. Kepraktisan Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	155
	4. Keefektifan Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	157
	5. Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	180
	6. Keterbatasan Penelitian.....	182
	F. Luaran Penelitian.....	184
Bab V.	SIMPULAN IMPLIKASI, DAN SARAN.....	187
	A. Simpulan.....	187
	B. Implikasi.....	188
	C. Saran.....	190
	DAFTAR PUSTAKA.....	192
	LAMPIRAN.....	218

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1 Capaian Pembelajaran Materi Fluida	25
2 Desain Penelitian Uji Coba Skala Luas.....	43
3 Lokasi dan Subyek Uji Coba Skala Luas.....	44
4 Daftar Validator Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	46
5 Daftar Validator Instrumen Penelitian.....	47
6 Hasil Validasi Lembar Validasi Isi Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	47
7 Hasil Validasi Lembar Validasi Konstruk Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	48
8 Hasil Validasi Lembar Observasi Keterlaksanaan Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	49
9 Hasil Validasi Lembar Observasi Kemampuan Pendidik dalam Pengelolaan Pembelajaran dengan Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	50
10 Hasil Validasi Lembar Observasi Aktivitas Peserta Didik.....	50
11 Hasil Validasi Angket Respon Pendidik Terhadap Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	51
12 Hasil Validasi Angket Respon Peserta Didik Terhadap Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	51
13 Hasil Validasi Tes Kemampuan CPS.....	52
14 Kriteria Penilaian Validasi.....	54
15 Analisis Kecocokan Butir.....	57
16 Evaluasi Skala Penskoran dalam Rubrik Penilaian.....	58
17 Statistik Reliabilitas dan Pemisahan Responden dan Item.....	60
18 <i>The Distribution of Item Difficulty</i>	61
19 Kriteria Keterlaksanaan Model.....	64
20 Kriteria Kemampuan Pendidik dalam Mengelola Pembelajaran.....	65
21 Kriteria Aktivitas Peserta Didik.....	66
22 Kriteria Respon Pendidik.....	67
23 Kriteria Respon Peserta Didik.....	67
24 Kriteria Interpretasi <i>N-Gain</i>	68
25 Hasil Studi Lapangan.....	78
26 <i>Storyboard</i> Prototipe I Sintaks Model Pembelajaran PRISMA-E'xi...	84
27 Rekapitulasi Saran/Komentar Validator Terhadap Buku Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	91
28 <i>Storyboard</i> Prototipe II Sintaks Model Pembelajaran PRISMA-E'xi...	102
29 Hasil Validasi Isi Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	112

30	Hasil Validasi Konstruk Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	112
31	Rekapitulasi Saran/Komentar Validator Terhadap Modul Ajar.....	116
32	Rekapitulasi Saran/Komentar Validator Terhadap E-LKPD.....	117
33	Hasil Validasi Modul Ajar.....	121
34	Hasil Validasi E-LKPD.....	122
35	Rekapitulasi Saran/Komentar Validator Terhadap Instrumen Tes Kemampuan CPS.....	123
36	Hasil Observasi Keterlaksanaan Model Pembelajaran PRISMA-E'xi	127
37	Hasil Observasi Kemampuan Pendidik dalam Mengelola Pembelajaran Model PRISMA-E'xi.....	128
38	Hasil Observasi Aktivitas Peserta Didik dalam Pembelajaran Model PRISMA-E'xi.....	129
39	Respon Pendidik Terhadap Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	130
40	Respon Peserta Didik Terhadap Model Pembelajaran PRISMA-E'xi	131
41	Rekapitulasi Saran/Komentar Pendidik dan Peserta Didik Terhadap Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	131
42	Deskriptif Data Kemampuan CPS Peserta Didik Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol.....	133
43	Nilai N-Gain Kelas Eksperimen.....	135
44	Nilai N-Gain Kelas Kontrol.....	135
45	Normalitas n-gain Kelompok Eksperimen dan Kelompok Kontrol.....	139
46	Normalitas n-gain Kelompok Eksperimen dan Kelompok Kontrol Berdasarkan Wilayah.....	140
47	Uji MANOVA	142
48	<i>Univariate Tests</i>	144
49	<i>Storyboard</i> Model Pembelajaran PRISMA-E'xi dan Keterkaitan Indikator Kemampuan CPS.....	177

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1 Representasi Grafik Hubungan Antara Tekanan Hidrostatik dengan Kedalaman Zat Cair.....	27
2 Representasi Diagram Hukum Bernoulli.....	28
3 Kerangka Pemikiran	37
4 Prosedur Penelitian.....	39
5 Analisis Unidimensionalitas Instrumen Penilaian Kemampuan CPS.....	56
6 Grafik <i>Andrich Threshold</i> pada Titik Perpotongan Kategori.....	59
7 <i>Wirght Map (Person-Item Map)</i>	59
8 Hasil Analisis <i>Differential Item Functioning</i> (DIF).....	62
9 Grafik Analisis DIF Berdasarkan Jenis Kelamin (L: Laki-Laki, P: Perempuan).....	63
10 Pemetaan Bibliometric Menggunakan <i>Database</i> Scopus Terhadap Kemampuan CPS.....	76
11 Prototipe I Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	83
12 Model Konseptual Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	99
13 Prototipe II Visualisasi Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	100
14 Plots Skor (a) <i>Pretest</i> dan (b) <i>Posttest</i>	134
15 Distribusi Persentase Peserta Didik Berdasarkan Kriteria n-gain pada Kelas Eksperimen.....	136
16 Distribusi Persentase Peserta Didik Berdasarkan Kriteria n-gain pada Kelas Kontrol.....	136
17 Distribusi Persentase Peserta Didik Berdasarkan Kriteria n-gain pada Kelas Eksperimen Perindikator CPS.....	137
18 Distribusi Persentase Peserta Didik Berdasarkan Kriteria n-gain pada Kelas Kontrol Perindikator CPS.....	138
19 Respon Peserta Didik pada Indikator <i>Objective Finding</i> dalam E-LKPD	159
20 Respon Peserta Didik pada Indikator <i>Fact Finding</i> dalam E-LKPD: (a) Analisis Variabel dan (b) Hipotesis.....	161
21 Respon Peserta Didik pada Indikator <i>Problem Finding</i> dalam E-LKPD: (a) Grafik Hubungan Ketinggian dan Tekanan, (b) Grafik Hubungan Tekanan dan Gaya, (c) Grafik Hubungan Kedalaman dan Gaya, dan (d) Masalah Diajukan.....	163
22 Respon Peserta Didik pada Indikator <i>Idea Finding</i> dalam E-LKPD.....	164
23 Respon Peserta Didik pada Indikator <i>Solution Finding</i> dalam E-LKPD...	166
24 Respon Peserta Didik pada Indikator <i>Acceptance Finding</i> dalam E-LKPD.....	168
25 Jawaban Peserta Didik Untuk Indikator <i>Objective Finding</i>	170

26	Jawaban Peserta Didik Untuk Indikator <i>Fact Finding</i>	171
27	Jawaban Peserta Didik Untuk Indikator <i>Problem Finding</i>	172
28	Jawaban Peserta Didik Untuk Indikator <i>Idea Finding</i>	173
29	Jawaban Peserta Didik Untuk Indikator <i>Solution Finding</i>	174
30	Jawaban Peserta Didik Untuk Indikator <i>Acceptance Finding</i>	175

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1 Hasil Validasi Lembar Validasi Isi Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	218
2 Hasil Validasi Lembar Validasi Konstruk Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	219
3 Hasil Validasi Lembar Validasi Modul Ajar Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	220
4 Hasil Validasi Lembar Validasi E-LKPD Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	221
5 Hasil Validasi Lembar Observasi Keterlaksanaan Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	222
6 Hasil Validasi Lembar Observasi Kemampuan Pendidik dalam Pengelolaan Pembelajaran dengan Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	223
7 Hasil Validasi Lembar Observasi Aktivitas Peserta Didik pada Pembelajaran dengan Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	225
8 Hasil Validasi Angket Respon Pendidik Terhadap Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	226
9 Hasil Validasi Angket Respon Peserta Didik Terhadap Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	227
10 Hasil Validasi Tes Kemampuan CPS.....	228
11 Rekapitulasi Data Validasi Isi Model Pembelajaran PRISMA-E'xi..	229
12 Rekapitulasi Data Validasi Konstruk Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	240
13 Rekapitulasi Data Validasi Modul Ajar Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	246
14 Rekapitulasi Data Validasi E-LKPD Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	250
15 Rekapitulasi Data Validasi Instrumen Tes Kemampuan CPS.....	251
16 Hasil Observasi Keterlaksanaan Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	253
17 Hasil Observasi Kemampuan Pendidik Mengelola Pembelajaran Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	256
18 Hasil Observasi Aktivitas Peserta Didik pada Pembelajaran dengan Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	262
19 Hasil Angket Respon Pendidik Terhadap Pembelajaran dengan Model PRISMA-E'xi.....	265

20	Hasil Angket Respon Peserta Didik Terhadap Pembelajaran dengan Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	268
21	Data Analisis Kebutuhan Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	270
22	<i>Output</i> Analisis Data Jamovi.....	276
23	Surat Keterangan Penelitian SMA Global Madani.....	285
24	Surat Keterangan Penelitian SMA Gajah Mada Bandar Lampung....	286
25	Surat Keterangan Penelitian SMA N 1 Melinting Lampung Timur...	287
26	Surat Keterangan Penelitian SMAN 1 Bandar Lampung.....	288
27	Surat Keterangan Penelitian MAN 1 Kerinci.....	289
28	Dokumentasi Penelitian.....	290
29	Modul Ajar.....	301
31	Tes Kemampuan CPS.....	340
30	E-LKPD.....	354
31	Buku Model Pembelajaran PRISMA-E'xi.....	449

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Kemampuan *Creative Problem Solving* (CPS) merupakan kemampuan esensial pada era modern ini, karena memungkinkan peserta didik untuk beradaptasi secara efektif terhadap dinamika perubahan yang cepat serta menyelesaikan permasalahan yang semakin kompleks (*ill-structured problems*). Kemampuan CPS menggabungkan dua kemampuan secara seimbang, yaitu kemampuan analitis dan imajinatif (Anik & Romero, 2024; Yurt, 2025). Proses berpikir yang terkandung dalam kemampuan CPS adalah berpikir divergen dan berpikir konvergen (Creative Education Foundation, 2015; Fiteriani *et al.*, 2021). CPS adalah kemampuan yang menekankan berbagai alternatif ide dan mencari berbagai kemungkinan tindakan pada setiap langkah proses pemecahan masalah (Diani *et al.*, 2019; Rabbani *et al.*, 2023; Sulistiani *et al.*, 2024). Mempelajari dan menerapkan CPS merupakan sarana untuk memahami dan memupuk kreativitas yang ada dalam diri peserta didik (Isaksen, 2017).

CPS mempersiapkan peserta didik untuk karir di era globalisasi dan digitalisasi, di mana berpikir kreatif dan pemecahan masalah sangat dibutuhkan (García-Pérez *et al.*, 2021; Ismail & Nugroho, 2022). Kemampuan CPS juga dapat membantu peserta didik beradaptasi dengan lingkungan yang selalu berubah dan menyelesaikan masalah yang kompleks dan multidimensi di dunia nyata (Proctor, 2018). CPS membantu peserta didik dalam memahami konsep yang kompleks, merumuskan strategi penyelesaian masalah dan memperkuat pemahaman peserta didik terhadap materi akademik (Tseng *et al.*, 2013). Hal ini berdampak positif terhadap hasil belajar akademik peserta didik (Lim & Han, 2020). Dengan demikian, kemampuan CPS menjadi modal penting bagi peserta didik dalam membangun inovasi dan mengambil keputusan yang tepat dalam berbagai konteks kehidupan nyata.

Fisika merupakan ilmu yang menyelidiki benda mati dan kejadian alam (Arifuddin *et al.*, 2022). Fisika terdiri dari beberapa konsep yang membutuhkan pemahaman mendalam selain teori dan rumus yang harus diingat (Naf'atuzzahrah *et al.*, 2022). Pembelajaran fisika tergolong pembelajaran yang sulit dipahami, dikarenakan dalam pembelajaran fisika terdapat banyak konsep yang abstrak dan kompleks, sehingga peserta didik berkemungkinan besar dapat mengalami miskonsepsi (Ainsworth, 1999; Bahaudin *et al.*, 2019; Chi *et al.*, 1994; Duit, 1991; Duit *et al.*, 2017; Mobus & Kalton, 2022; Permatasari *et al.*, 2022). Fluida merupakan salah satu materi fisika yang membahas tentang zat yang tidak memiliki bentuk tetap seperti air, dan gas. Pembelajaran fluida seringkali dianggap sebagai materi yang membosankan oleh peserta didik karena hanya terfokus pada teori dan konsep-konsep yang abstrak, sehingga menyebabkan minat belajar peserta didik menurun (Suyatna *et al.*, 2020). Salah satu faktor yang membuat peserta didik menganggap fisika itu sulit adalah model pembelajaran yang digunakan pendidik yang belum tepat dalam mengajarkan fisika (Assem *et al.*, 2023; Muñoz Alvarez *et al.*, 2025).

Peserta didik sering mengalami kesulitan dalam memahami materi fisika karena sifatnya yang kompleks, menuntut hafalan, dan sangat matematis (Samudra *et al.*, 2014). Model pembelajaran konvensional yang selama ini diterapkan oleh pendidik seringkali terfokus pada penyampaian materi secara langsung dan terpusat pada pendidik, sehingga kurang memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk mengembangkan kemampuan pemecahan masalah (Suyatna *et al.*, 2024; Wulandari, 2021). Untuk memenuhi capaian pembelajaran, khususnya pada materi fluida, peserta didik tidak hanya dituntut untuk memahami konsep secara teoritis, tetapi juga mampu mempraktikkan ide-ide dan menerapkannya dalam konteks nyata (Melawati *et al.*, 2022; Rosidin *et al.*, 2023). Oleh karena itu, diperlukan model pembelajaran yang mampu menciptakan lingkungan belajar aktif dan bermakna, agar peserta didik dapat mengonstruksi pengetahuan, mengasah keterampilan proses, serta menumbuhkan sikap ilmiah (Severinus, 2013). Model seperti ini berperan penting dalam menjembatani konsep dengan penerapan nyata.

Tujuan utama pembelajaran fisika adalah membantu peserta didik menjadi pemikir analitis yang mampu memecahkan masalah secara kuantitatif maupun kualitatif dengan menggunakan konsep dan prinsip fisika untuk menjelaskan fenomena kehidupan sehari-hari (Pramudia & Agustin, 2018). Peserta didik harus berusaha untuk mengembangkan keterampilan pemecahan masalah karena hal ini merupakan salah satu capaian penting dalam pembelajaran fisika (Lestari *et al.*, 2021). Namun, hasil asesmen terhadap 150 peserta didik SMA di Provinsi Lampung menunjukkan bahwa kemampuan CPS peserta didik masih tergolong rendah. Sebanyak 60,67% peserta didik berada pada kategori kurang baik, 6% peserta didik berada pada kategori tidak baik, dan hanya 33,33% peserta didik yang masuk dalam kategori cukup baik. Tidak ada peserta didik yang tergolong dalam kategori baik maupun sangat baik. Temuan ini mengindikasikan bahwa sebagian besar peserta didik belum mampu mengembangkan kemampuan berpikir kreatif dan menyelesaikan masalah secara efektif, sehingga dibutuhkan inovasi model pembelajaran yang lebih tepat sasaran untuk mengoptimalkan potensi peserta didik dalam konteks pembelajaran fisika.

Pembelajaran berbasis multi representasi merupakan pembelajaran yang direkomendasikan dalam pembelajaran fisika (Yusup, 2012). Pembelajaran ini sejalan dengan teori konstruktivisme yang dikemukakan oleh Jean Piaget dan Lev Vygotsky, yang menekankan pentingnya proses konstruksi pengetahuan yang terjadi dalam otak peserta didik. Dengan multi representasi, peserta didik tidak hanya menerima pengetahuan dalam bentuk pasif, tetapi juga berinteraksi dengan materi dalam cara yang aktif dan bermakna. Peserta didik membangun sendiri pemahaman tentang konsep, yang merupakan prinsip utama konstruktivisme (Ainsworth, 2006). Pembelajaran berbasis multi representasi merupakan pembelajaran yang dapat menjawab tantangan pembelajaran di abad 21, karena pembelajaran ini dapat diselaraskan dengan perkembangan zaman (Fratiwi *et al.*, 2019; Matsumiya, 2022; Septiani *et al.*, 2020; Septiani & Yulkifli, 2021).

Pembelajaran fisika dapat dengan mudah dipahami dengan mengimplementasikan multi representasi (Moh'd *et al.*, 2022; Murshed *et al.*, 2022; Permatasari *et al.*, 2022). Penggunaan multi representasi dalam kegiatan

pembelajaran sangat dibutuhkan untuk mempelajari konsep-konsep abstrak, seperti pada pembelajaran fisika (Syahmel & Jumadi, 2020). Pengimplementasian multi representasi memungkinkan untuk memunculkan motivasi, keterlibatan belajar, pemikiran kritis dan pemecahan masalah, sehingga dapat menciptakan pembelajaran yang efektif (Ainsworth, 1999; Chusni *et al.*, 2022; Gautam *et al.*, 2020; Munfaridah *et al.*, 2022). Pembelajaran berbasis multi representasi mampu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan memperlancar proses pembelajaran fisika (Nikat *et al.*, 2021); (Ismet, 2013); (Dufresne *et al.*, 1997), (Hwang & Hu, 2013), (Aha *et al.*, 2020). Pembelajaran multi representasi melatih peserta didik untuk menyajikan suatu konsep dalam berbagai bentuk yang menarik, sehingga dapat meningkatkan kreativitas peserta didik (Fitriana & Sudiana, 2020; Ismet & Agus, 2013). Dengan demikian, pembelajaran berbasis multi representasi dapat menjadi solusi terhadap permasalahan-permasalahan yang terjadi pada pembelajaran fisika materi fluida serta dapat mencapai tujuan pembelajaran fisika.

Hasil analisis literatur terhadap artikel jurnal ilmiah dari database Scopus dan *Web of Science* menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis multi representasi telah digunakan dalam pembelajaran fisika diantaranya terhadap hasil belajar dan kemampuan berpikir tingkat tinggi (Bajracharya *et al.*, 2019; Campos *et al.*, 2020; Chang *et al.*, 2021; Conceição *et al.*, 2021; Danday & Monterola, 2019; Fatmaryanti *et al.*, 2018; Halim *et al.*, 2021; Hochberg *et al.*, 2020; Jaakkola & Veermans, 2020; Jumini *et al.*, 2021; Liaw *et al.*, 2021; Munfaridah *et al.*, 2021, 2022; Nielsen *et al.*, 2022). Dari hasil analisis artikel, ditemukan bahwa meskipun pembelajaran berbasis multi representasi memiliki banyak potensi, implementasinya dapat menimbulkan beban kognitif bagi peserta didik. Kewajiban untuk memahami dan menerjemahkan berbagai bentuk representasi yang disajikan dalam pembahasan materi sains sering kali mengarah pada pemikiran konvergen, yang membatasi eksplorasi peserta didik dalam berpikir kreatif dan memecahkan masalah kompleks (Campos *et al.*, 2020; Diani *et al.*, 2024; Duit *et al.*, 2017; Matsumiya, 2022; Munfaridah *et al.*, 2021; Murshed *et al.*, 2022; Susilaningsih *et al.*, 2019; C. J. Wu & Liu, 2021). Tantangan lainnya yang ditemukan adalah ketersediaan dan kemahiran dalam menggunakan teknologi sebagai pendukung pembelajaran

berbasis multi representasi (Danday & Monterola, 2019; Hochberg *et al.*, 2020; Nielsen *et al.*, 2022) serta perlunya pelatihan pendidik dalam jabatan untuk menerapkan teknologi dan berbagai representasi sebagai strategi pengajaran (Hochberg *et al.*, 2020; Namdar & Shen, 2018). Untuk itu perlu adanya perbaikan dalam pembelajaran berbasis multi representasi dalam pembelajaran fisika.

Salah satu pendekatan yang berpotensi mengakomodasi kebutuhan tersebut adalah STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). STEM merupakan suatu pendekatan pembelajaran interdisipliner yang memadukan empat bidang ilmu yaitu *science, technology, engineering*, dan *mathematics* yang terintegrasi untuk memecahkan masalah dan mencapai tujuan tertentu (Rosidin *et al.*, 2019; Suwardi, 2021; Widayanti *et al.*, 2019). Pendekatan STEM membantu peserta didik mempersiapkan diri untuk masuk ke dunia kerja di bidang STEM yang semakin berkembang (Gonzalez & Kuenzi, 2014; Viyanti *et al.*, 2021). STEM menekankan pada penerapan pengetahuan dalam pemecahan masalah nyata (Rosidin *et al.*, 2019; Stohlmann *et al.*, 2012; Viyanti *et al.*, 2020). STEM juga memperkenalkan peserta didik pada teknologi dan peralatan modern untuk membantu peserta didik mempersiapkan diri untuk masa depan yang semakin kompleks dan terus berubah (Gonzalez & Kuenzi, 2014; Stohlmann *et al.*, 2012). Pembelajaran STEM melibatkan penggunaan teknologi modern dalam pengajaran dan pembelajaran, termasuk perangkat lunak, perangkat keras, dan peralatan lainnya (Farwati, 2021; Oktaviani *et al.*, 2021).

Dengan mengintegrasikan pendekatan STEM dalam pembelajaran materi fluida berbasis multi representasi, dapat melatih peserta didik berpikir divergen. Selain itu, peserta didik juga mendapatkan pengalaman belajar yang berbeda dengan adanya pengintegrasian teknologi dalam pembelajaran. Dengan mengintegrasikan elemen-elemen yang menarik dan relevan dari STEM ke dalam multi representasi dapat membantu meningkatkan motivasi dan minat peserta didik dalam belajar fisika (Salikha *et al.*, 2021). Selain itu, pembelajaran STEM melibatkan pengembangan keterampilan kritis, pemecahan masalah, kreativitas, dan kolaborasi, yang diperlukan untuk memecahkan masalah dunia nyata dan

menciptakan solusi inovatif (Erlinawati *et al.*, 2019; Meita *et al.*, 2018; Nurjanah, 2020; Setiawan *et al.*, 2020).

Salah satu strategi untuk mengimplementasikan pendidikan STEM adalah melalui *Engineering Design Process* (EDP) (Linh & Huong, 2021; Shahat *et al.*, 2024; Zhong *et al.*, 2024). EDP memungkinkan peserta didik untuk berpikir kreatif, mengeksplorasi berbagai solusi, dan terlibat dalam proyek berbasis STEM yang relevan dengan dunia nyata. Selain memperbaiki kekurangan yang ada, pengintegrasian STEM juga dapat memperbaiki kekurangan yang ada serta melatih kemampuan CPS peserta didik. Dengan demikian, perlu dilakukan redesign pembelajaran berbasis multi representasi dengan mengintegrasikan STEM yang berorientasi pada peningkatan kemampuan CPS peserta didik, model tersebut adalah model pembelajaran PRISMA-E'xi.

Studi pendahuluan selanjutnya dilakukan dengan metode survei yang disebar secara daring melalui Google Form terhadap 50 pendidik mata pelajaran fisika yang tersebar di Lampung untuk mengetahui kebutuhan pendidik. Diperoleh data bahwa sebanyak 82,9% pendidik belum menggunakan multi representasi dalam proses pembelajaran materi fluida. Beberapa pendidik yang sudah menggunakan multi representasi, namun belum terarah dan tidak sesuai dengan alur kognitif peserta didik. Dalam pembelajaran fluida, 9,75% pendidik menyampaikan materi dengan mengkombinasi dua representasi dalam pembelajaran (verbal dan gambar/diagram) dan 7,35% pendidik menyampaikan materi dengan mengkombinasi tiga atau lebih representasi dalam pembelajaran (verbal, matematis, grafik, dan gambar/diagram). Dalam pembelajaran fluida 63,4% pendidik belum menggiring peserta didik menemukan rumus, pendidik langsung menyebutkan rumusnya dan cara menggunakannya dalam perhitungan. Selain itu, 71% pendidik belum mengarahkan peserta didik untuk mengeksplorasi konsep-konsep fluida melalui berbagai sumber belajar. Terdapat 78% pendidik belum mengarahkan peserta didik untuk merepresentasikan suatu konsep fisika ke dalam berbagai bentuk. Selain itu, 51,2% pendidik belum menerapkan pendekatan STEM dalam pembelajaran. Pendidik setuju bahwa kemampuan CPS penting dikuasai oleh peserta didik, namun 78% pendidik belum pernah menggunakan pembelajaran

berbasis pemecahan masalah. Hal demikian terjadi karena, pendidik merasa kurang paham tentang pembelajaran berbasis pemecahan dan menganggap pembelajaran berbasis pemecahan masalah memerlukan waktu yang lebih lama. Selanjutnya, 97.6% pendidik setuju bahwa model pembelajaran berbasis multi representasi terintegrasi STEM dapat digunakan untuk melatih kemampuan CPS peserta didik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa dibutuhkan model pembelajaran berbasis multi representasi terintegrasi STEM yang berorientasi pada peningkatan kemampuan CPS peserta didik. Hal ini diperkuat dengan hasil pemetaan bibliometric menggunakan *database* Scopus terhadap kemampuan CPS. Hasil tersebut menggambarkan bahwa peluang pengembangan model pembelajaran PRISMA-E'xi dapat dikategorikan besar.

Model pembelajaran berbasis multi representasi yang telah dikembangkan adalah model SiMaYang (Sunyono, 2020). Model SiMaYang dikembangkan untuk menjembatani pemahaman peserta didik terhadap konsep-konsep kimia dengan menghubungkan tiga level representasi: makroskopis, submikroskopis, dan simbolik. Terinspirasi dari kerangka model IF-SO (Waldrip *et al.*, 2010) dan diterapkan dalam pembelajaran fisika kuantum (Abdurrahman, 2010) serta pembelajaran biologi (Lengkana, 2018), model SiMaYang memperkaya pendekatan multi representasi dengan mempertimbangkan interaksi faktor konseptual (C), penalaran (R), dan mode representasi (M) (Schönborn & Anderson, 2009). Pendekatan ini memberikan dasar bagi pengembangan model pembelajaran yang berfokus pada membangun model mental peserta didik melalui tahapan orientasi, eksplorasi-imajinasi, internalisasi, dan evaluasi, yang disusun secara diagramatis berbentuk layang-layang, dikenal sebagai Si Lima Layang-layang.

Kebaruan dari model pembelajaran PRISMA-E'xi terletak pada integrasi pendekatan multi representasi dengan prinsip STEM, yang berorientasi pada peningkatan kemampuan CPS melalui penerapan EDP. Model ini dirancang untuk memperluas konteks pembelajaran melalui integrasi lintas disiplin sains, teknologi, rekayasa, dan matematika. Dengan pendekatan EDP, peserta didik diarahkan untuk terlibat dalam proses sistematis mulai dari identifikasi masalah hingga pengujian dan penyempurnaan solusi berbasis proyek. Hal ini mendorong pengembangan

keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan kolaboratif secara lebih mendalam. Selain itu, model ini juga mengutamakan pemanfaatan teknologi digital interaktif sebagai sarana eksplorasi dan eksperimen, sehingga pembelajaran menjadi lebih aplikatif dan kontekstual. Dengan demikian, PRISMA-E'xi memberikan kontribusi inovatif terhadap pengembangan model pembelajaran yang holistik, integratif, dan adaptif terhadap dinamika kebutuhan pendidikan masa kini. Model ini menjadi strategi efektif untuk merancang pembelajaran fisika yang kontekstual dan berorientasi pada kompetensi abad ke-21.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana prototipe model pembelajaran PRISMA-E'xi berbasis multi representasi terintegrasi STEM yang berorientasi pada peningkatan kemampuan CPS?
2. Bagaimana kepraktisan model pembelajaran PRISMA-E'xi berbasis multi representasi terintegrasi STEM yang berorientasi pada peningkatan kemampuan CPS?
3. Bagaimana keefektifan model pembelajaran PRISMA-E'xi berbasis multi representasi terintegrasi STEM yang berorientasi pada peningkatan kemampuan CPS di wilayah urban, sub-urban, dan rural?
4. Bagaimana redesain model pembelajaran berbasis multi representasi?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian pengembangan ini adalah sebagai berikut.

1. Menghasilkan prototipe model pembelajaran PRISMA-E'xi berbasis multi representasi terintegrasi STEM yang berorientasi pada peningkatan kemampuan CPS

2. Mendeskripsikan kepraktisan model pembelajaran PRISMA-E'xi berbasis multi representasi terintegrasi STEM yang berorientasi pada peningkatan kemampuan CPS
3. Mendeskripsikan keefektifan model pembelajaran PRISMA-E'xi berbasis multi representasi terintegrasi STEM yang berorientasi pada peningkatan kemampuan CPS di wilayah urban, sub-urban, dan rural
4. Meredesain model pembelajaran berbasis multi representasi

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Manfaat Teoritis: untuk melengkapi dan menyempurnakan bangunan teori terkait model pembelajaran berbasis multi representasi pada pembelajaran fisika yang berorientasi pada peningkatan kemampuan CPS peserta didik
2. Manfaat Praktis
 - a. Bagi peserta didik: model pembelajaran PRISMA-E'xi dapat digunakan untuk meningkatkan kemampuan CPS peserta didik
 - b. Bagi pendidik: model pembelajaran PRISMA-E'xi dapat digunakan sebagai salah satu alternatif pembelajaran di kelas.
 - c. Bagi peneliti lain: hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan kajian dan referensi untuk penelitian yang sejenis.

E. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan

Adapun asumsi pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pembelajaran berbasis multi representasi dapat meningkatkan kemampuan CPS peserta didik
2. Pembelajaran berbasis STEM dapat meningkatkan kemampuan CPS peserta didik
3. Pendidik belum menerapkan pembelajaran berbasis multi representasi terintegrasi STEM dalam pembelajaran fisika di kelas

4. Belum adanya pengembangan model pembelajaran berbasis multi representasi terintegrasi STEM yang berorientasi pada peningkatan kemampuan CPS peserta didik

Masalah-masalah yang telah diuraikan sebelumnya dan berkaitan dengan penelitian ini sangat luas. Oleh karena itu, masalah yang muncul kemudian dibatasi agar secara teoritis pengkajian akan lebih mendalam. Selain faktor teoritis tersebut, pembatasan masalah ini juga didasarkan pada faktor subjektif dari peneliti sendiri yakni keterbatasan peneliti dari segi waktu dan biaya. Atas dasar pertimbangan dua aspek tersebut, penelitian ini kemudian dibatasi pada beberapa hal berikut.

1. Model pembelajaran yang dikembangkan adalah model pembelajaran PRISMA-E'xi berbasis multi representasi terintegrasi STEM yang berorientasi pada peningkatan kemampuan CPS
2. Kemampuan yang ingin ditingkatkan melalui model ini adalah kemampuan CPS peserta didik SMA dengan indikator meliputi: *objective finding*, *fact finding*, *problem finding*, *idea finding*, *solution finding*, dan *acceptance finding*
3. Kepraktisan model pembelajaran PRISMA-E'xi diukur berdasarkan penilaian keterlaksanaan model, kemampuan pendidik dalam mengelola pembelajaran, aktivitas peserta didik, respon pendidik dan respon peserta didik terhadap model pembelajaran. Model pembelajaran PRISMA-E'xi dinyatakan praktis apabila kelima aspek penilaian memperoleh persentase minimal 76% (kategori "baik" atau "setuju").
4. Keefektifan model pembelajaran PRISMA-E'xi diukur melalui tes kemampuan CPS. Model pembelajaran PRISMA-E'xi dinyatakan efektif apabila memenuhi tiga kriteria. Pertama, rerata nilai *n-gain* kemampuan CPS peserta didik pada seluruh wilayah (urban, sub-urban, dan rural) berada dalam kategori tinggi ($g > 0,70$). Kedua, nilai *effect size* hasil perbandingan kelompok eksperimen dan kontrol mencapai $\geq 0,80$, yang menunjukkan pengaruh dalam kategori besar. Ketiga, sekurang-kurangnya 50% peserta didik memperoleh *n-gain* tinggi pada setiap indikator kemampuan CPS (*objective finding*, *fact finding*, *problem finding*, *idea finding*, *solution finding*, dan *acceptance finding*).

BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN KERANGKA BERPIKIR

A. Kajian Pustaka

1. Teori Konstruktivisme

Konstruktivisme merupakan suatu aliran dalam filsafat pengetahuan yang menekankan bahwa pengetahuan bukanlah suatu entitas yang diterima secara pasif, melainkan hasil dari konstruksi individu berdasarkan pengalaman dan interaksi dengan lingkungannya. Dalam pandangan konstruktivis, proses belajar terjadi secara aktif, di mana individu membangun sendiri pemahaman dan pengetahuannya melalui kegiatan mental yang melibatkan penafsiran, integrasi, dan modifikasi informasi baru berdasarkan skemata atau struktur kognitif yang telah dimilikinya (Saguni, 2019). Teori ini menekankan bahwa pembelajaran tidak dapat dipisahkan dari konteks sosial dan kultural, serta melibatkan peran aktif individu dalam mengonstruksi makna. Jean Piaget dan Lev Vygotsky merupakan tokoh utama yang mengembangkan dasar teori konstruktivisme. Piaget menekankan aspek perkembangan kognitif individu melalui tahapan-tahapan tertentu, sedangkan Vygotsky lebih menekankan pentingnya interaksi sosial dan peran mediasi budaya dalam proses belajar. Secara umum, konstruktivisme memandang bahwa pengetahuan dibangun secara internal melalui proses berpikir dan refleksi, serta divalidasi melalui interaksi dengan lingkungan eksternal (Biggs & Tang, 2013; Giridharan, 2012; Lowenthal & Muth, 2008).

Teori konstruktivisme merupakan salah satu pendekatan belajar yang berpengaruh signifikan dalam perkembangan ilmu pengetahuan, dengan menekankan bahwa pengetahuan dibangun secara aktif oleh individu, bukan diperoleh melalui proses transfer atau pemindahan secara pasif. Dalam konteks pembelajaran, konstruktivisme memiliki sejumlah karakteristik utama, antara lain: (1) pembelajaran bersifat aktif (*active learning*) di mana peserta didik secara langsung terlibat dalam proses membangun pengetahuannya sendiri; (2)

keterlibatan peserta didik dalam aktivitas belajar yang bersifat otentik dan kontekstual; (3) kegiatan pembelajaran dirancang agar menarik dan menantang, sehingga mampu mendorong keterlibatan kognitif yang tinggi; (4) integrasi antara pengetahuan baru dan pengetahuan yang telah dimiliki sebelumnya melalui proses pengaitan yang dikenal sebagai *bridging*; (5) kemampuan peserta didik dalam melakukan refleksi terhadap pengetahuan yang sedang dipelajari menjadi bagian penting dalam proses konstruksi makna; (6) pendidik berperan sebagai fasilitator yang mendukung peserta didik dalam membangun pemahamannya secara mandiri; dan (7) pemberian bantuan belajar yang bersifat sementara atau *scaffolding* oleh pendidik sesuai dengan kebutuhan peserta didik dalam menjalani proses belajar (Masgumelar & Mustafa, 2021).

Teori konstruktivisme kognitif yang dikembangkan oleh Jean Piaget pada abad ke-20 menekankan pentingnya kontekstualisasi dalam proses pembelajaran, yaitu bagaimana individu membangun pemahaman terhadap informasi baru berdasarkan pengalaman dan pengetahuan yang telah dimiliki sebelumnya. Dalam pandangan ini, proses belajar dipandang sebagai aktivitas aktif yang melibatkan peserta didik dalam membentuk makna melalui interaksi dengan lingkungannya. Teori ini kemudian menjadi salah satu landasan utama dalam pengembangan pendekatan pembelajaran modern dan telah banyak diadopsi dalam berbagai konteks pendidikan. Konstruktivisme kognitif menyatakan bahwa peserta didik akan belajar secara lebih efektif apabila peserta didik mampu mengaitkan pengetahuan baru dengan struktur kognitif yang telah dimiliki. Oleh karena itu, strategi pembelajaran yang menekankan pada aktivitas belajar yang bermakna dan interaktif lebih disarankan dibandingkan pendekatan konvensional yang bersifat pasif dan hanya berfokus pada penyampaian informasi secara verbal (Peppler, 2017). Beberapa pendekatan pembelajaran yang selaras dengan prinsip konstruktivisme kognitif antara lain *problem-based learning*, *inquiry-based learning*, dan *project-based learning* (Coghlan *et al.*, 2014).

Beberapa kemampuan berpikir tingkat tinggi, seperti berpikir kritis, berpikir kreatif, dan pemecahan masalah, sangat relevan untuk dikembangkan melalui pendekatan konstruktivisme kognitif. Pendekatan ini memiliki sejumlah

keunggulan yang mendukung pengembangan kemampuan tersebut, antara lain: (1) menekankan peran aktif individu dalam proses konstruksi pengetahuan, sehingga memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk mengeksplorasi dan memahami konsep secara mandiri dan mendalam; (2) menggunakan pendekatan yang bersifat individualistik, yang memungkinkan pemberian solusi pembelajaran yang disesuaikan dengan kebutuhan dan karakteristik peserta didik secara spesifik; serta (3) memperkuat keterampilan pemecahan masalah dan kreativitas melalui pengalaman belajar yang menantang dan bermakna (Bosancic & Matijevic, 2020). Dengan demikian, teori belajar konstruktivisme dapat dijadikan sebagai landasan teoretis yang kuat dalam pengembangan model pembelajaran yang bertujuan untuk meningkatkan kemampuan CPS peserta didik.

2. Pembelajaran Fisika berbasis Multi Representasi

Multi representasi merupakan cara untuk menyampaikan suatu konsep dengan berbagai cara dan bentuk (Patriot, 2019). Multi representasi merupakan sebuah kegiatan penyajian ulang konsep yang sama melalui berbagai cara, bentuk atau format yang berbeda baik itu verbal, gambar, grafik maupun matematis (Ainsworth, 2006; Ardiyansyah *et al.*, 2019; Dharma, 2021; Finnajah *et al.*, 2016; Firmando *et al.*, 2016; Ningrum *et al.*, 2015; Sutarto *et al.*, 2018; Trisanti & Sudarti, 2021; Wati *et al.*, 2006). Representasi verbal disajikan dalam bentuk kata-kata atau susunan kalimat, representasi gambar dalam bentuk gambar, representasi fisis dalam bentuk grafik atau diagram, dan representasi matematis dalam bentuk rumus matematika.

Peserta didik akan belajar lebih efektif dan efisien ketika peserta didik aktif untuk mengolah informasi dengan multi representasi (Corradi *et al.*, 2013). Multi representasi merupakan suatu cara yang dapat digunakan dalam menilai suatu penguasaan konsep pada peserta didik (Wati *et al.*, 2006). Multi representasi dapat membantu dalam proses kognitif untuk membangun suatu pemahaman mengenai materi (Trisanti & Sudarti, 2021). Penerapan multi representasi mampu memberikan pengetahuan dan pemahaman yang lebih dalam dibandingkan dengan

pembelajaran konvensional (Utami *et al.*, 2021). Multi representasi berarti memahami konsep dengan berbagai untuk memperkuat pemahaman konsep.

Pembelajaran fisika harus menekankan pada konsep fisika dengan berlandaskan hakikat IPA yang menyangkut produk, proses, dan sikap ilmiah (Sutarto *et al.*, 2014). Fisika merupakan proses dan produk. Proses artinya prosedur untuk menemukan produk fisika (fakta, konsep, prinsip, teori atau hukum) yang dilakukan melalui langkah-langkah ilmiah (Hanna *et al.*, 2016). Fisika merupakan mata pelajaran yang memerlukan pemahaman daripada penghafalan, tetapi diletakkan pada pengertian dan pemahaman konsep yang dititik beratkan pada proses terbentuknya pengetahuan melalui penemuan, penyajian data secara matematis dan berdasarkan aturan-aturan tertentu, sehingga dalam mempelajarinya perlu aturan tertentu. Berikut adalah karakteristik mata pelajaran fisika untuk tingkat SMA:

- a. Penguasaan konsep dasar dan keterkaitan antar-konsep: Materi pelajaran fisika di tingkat SMA dirancang untuk membangun pemahaman yang mendalam terhadap konsep-konsep dasar seperti gaya, energi, gerak, listrik, dan magnetisme. Peserta didik didorong untuk memahami keterkaitan antara berbagai konsep dasar ini agar dapat mengembangkan pemahaman yang holistik dan terstruktur tentang fisika (Duit & Treagust, 2003).
- b. Pendekatan berbasis inkuiri dan eksperimen: Materi fisika di tingkat SMA menekankan eksperimen berbasis inkuiri untuk membantu peserta didik memahami konsep melalui pengalaman langsung (Millar, 2004). Pendekatan ini mendorong keterlibatan aktif peserta didik dengan melakukan pengamatan, pengujian, dan analisis fenomena, sehingga membangun pemahaman yang bermakna dan berbasis bukti.
- c. Matematisasi dalam pembelajaran fisika: Matematisasi merupakan karakteristik utama dalam fisika yang mengubah fenomena alam menjadi model teoretis melalui persamaan matematis (Redish, 2006). Di tingkat SMA, peserta didik diajarkan bagaimana menggunakan persamaan matematis untuk memahami, menganalisis, dan memprediksi berbagai fenomena fisika.

- d. Penggunaan teknologi dan simulasi: Pembelajaran fisika di tingkat SMA menggunakan teknologi dan simulasi sebagai alat bantu untuk memvisualisasikan dan memahami konsep-konsep yang abstrak. Teknologi memungkinkan peserta didik untuk melakukan eksperimen virtual dan simulasi komputer yang mendukung pengembangan pemahaman melalui visualisasi fenomena yang sulit diamati secara langsung (Hestenes, 1997).
- e. Pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi: Materi fisika di tingkat SMA dirancang untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis, analitis, dan sintesis pada peserta didik (Bloom *et al.*, 1956). Peserta didik dilatih untuk mengumpulkan data, menganalisis hasil eksperimen, mengevaluasi model, dan merumuskan solusi terhadap masalah fisika.
- f. Pendekatan berbasis multi representasi: Fisika menuntut peserta didik untuk menggunakan berbagai bentuk representasi, seperti grafik, diagram, persamaan, dan deskripsi verbal (Ainsworth, 2006). Materi fisika di SMA mendorong peserta didik untuk mengintegrasikan berbagai representasi ini untuk memperdalam pemahaman tentang fenomena fisika.

Multi representasi dapat diterapkan dalam pembelajaran. Multi representasi mempunyai tiga fungsi yaitu: memberikan kelengkapan informasi untuk memahami sebuah konsep materi yang sempurna, menghindari kemungkinan adanya misinterpretasi dari sebuah konsep, dan membentuk pengetahuan agar peserta didik dapat memahami konsep materi fisika secara mendalam (Ainsworth, 2006; Dharma, 2021; Rizky *et al.*, 2014; Utami *et al.*, 2021). Pendekatan multi representasi dapat membentuk suatu pola pembelajaran yang menuju satu kesatuan pemahaman yang memudahkan mengidentifikasi konsep serta menarik kesimpulan dengan tepat. Selain itu, beberapa fitur multi representasi dapat berfungsi sebagai alat untuk memecahkan masalah fisika. Salah satu contoh representasi grafik mampu menghubungkan dua konsep fisika dan mampu memberikan kesimpulan hubungan antar dua variabel tersebut. Multi representasi dapat menambah wawasan dalam mengembangkan konsep dasar pemecahan masalah fisika (Doyan *et al.*, 2018). Hubungan pendekatan multi representasi dengan pembelajaran abad 21 adalah konsep pembelajaran fisika lebih ditekankan pada peningkatan kemampuan

berpikir tingkat tinggi dan integrasi teknologi informasi. Kemampuan tersebut tidak hanya membutuhkan satu pendekatan pembelajaran saja, melainkan dibutuhkan multi-pendekatan atau pendekatan campuran agar tercapai tujuan pembelajaran. Melalui pendekatan multi representasi peserta didik akan diarahkan untuk menganalisis, menguraikan, menggambarkan serta menyajikan konsep kedalam bentuk format berbeda yang beragam (Wati *et al.*, 2006).

Multi representasi dapat membantu peserta didik memahami konsep yang dipelajari di sekolah (Sari *et al.*, 2015). Pendekatan multi representasi dapat mempertajam dan mengokohkan pemahaman konsep karena makna suatu konsep akan lebih jelas ketika disajikan dengan berbagai representasi. Oleh karena itu, multi representasi dalam pembelajaran fisika dapat digunakan untuk meminimalisir kesulitan dalam belajar fisika (Simamora *et al.*, 2016). Pendapat ini diperkuat oleh (Kohl *et al.*, 2007) yang mengatakan bahwa pembelajaran dengan menggunakan multi representasi dapat dianggap sebagai kunci dari pembelajaran fisika (Putri & Chandra, 2020).

Pada pembelajaran fisika, multi representasi melibatkan penerjemahan secara berurutan dari masalah fisika yang diberikan dari satu simbol bahasa ke lainnya, dimulai dengan menulis deskripsi masalah secara verbal, kemudian dipindahkan ke bentuk gambar yang disesuaikan dan representasi diagram, dan diakhiri (biasanya) dengan rumus matematis yang dapat digunakan untuk menentukan jawaban menggunakan angka. Pendekatan multi representasi pada suatu pembelajaran dapat memberikan peserta didik sebuah kesempatan untuk lebih memahami konsep fisika melalui berbagai representasi yang berbeda. Dalam mempelajari fisika dibutuhkan kemampuan verbal dan kemampuan gambar untuk memahami suatu teori fisika.

Banyak kelebihan yang didapat dari penerapan multi representasi: penggunaan berbagai representasi membantu peserta didik membentuk pengetahuan, menguasai konsep, dan memecahkan masalah. Keberhasilan peserta didik dalam memecahkan masalah fisika perlu diiringi dengan kesuksesan memahami dan menggunakan multi representasi (Prakoso *et al.*, 2017). Multi representasi juga dapat menjadikan pembelajaran fisika peserta didik lebih

bermakna dan dapat memahami konsep menjadi lebih baik. Multi representasi juga dapat digunakan untuk mendeskripsikan dan merepresentasikan, menyimbolkan objek atau suatu proses (Rosengrant *et al.*, 2009). Multi representasi dapat meningkatkan kemampuan pemahaman konsep fisika peserta didik serta penggunaan multi representasi yang baik juga merupakan kunci pembelajaran fisika. Selain itu, penggunaan multi representasi juga dapat menjadi kunci pembelajaran fisika yaitu sebagai pembantu dan penggerak peserta didik dalam membangun pemahaman situasi secara lebih mendalam serta membangun pengetahuan dan pemecahan masalah.

Brian Waldrip juga memberikan kontribusi penting dalam bidang multi representasi melalui pengembangan kerangka model IF-SO yang berfokus pada bagaimana menggunakan multi representasi secara efektif dalam pembelajaran sains, termasuk fisika (Waldrip *et al.*, 2010). Model IF-SO bertujuan untuk mengembangkan kemampuan multi representasi peserta didik dalam fisika dengan memberikan berbagai bentuk representasi untuk satu konsep yang sama, sehingga tidak hanya membantu peserta didik dalam membangun pemahaman konsep, tetapi juga membantu peserta didik untuk berpikir fleksibel dan menghubungkan informasi dengan cara yang lebih kompleks. Kerangka model IF-SO terdiri atas:

- a. *Identify key concepts*: Pendidik harus menentukan konsep utama sejak tahap perencanaan untuk memilih representasi yang efektif dalam meningkatkan pemahaman peserta didik. Selain itu, pendidik perlu merancang urutan tantangan representasional yang membantu peserta didik mengintegrasikan pemahaman peserta didik.
- b. *Focus on form and function*: Pendidik perlu menjelaskan fungsi dan bentuk representasi yang digunakan, terutama yang esensial bagi pemahaman konsep sains. Pemahaman ini membantu peserta didik menggunakan berbagai alat representasi secara efektif dalam menafsirkan data dan fenomena ilmiah.
- c. *Sequence*: Peserta didik harus menghadapi berbagai tantangan representasional yang mendorong peserta didik mengeksplorasi, mengembangkan, dan mengintegrasikan pemahaman tentang suatu fenomena dalam cara yang bermakna.

- 1) *Student representation*: Peserta didik perlu diberi kesempatan untuk merepresentasikan ulang gagasan, mengoordinasikan berbagai bentuk representasi, serta mengembangkan pemahaman yang lebih mendalam melalui eksplorasi aktif dan refleksi.
 - 2) *Student interest*: Aktivitas pembelajaran harus relevan dengan minat dan pengalaman peserta didik, misalnya dengan melibatkan proyek berbasis desain yang meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam memahami konsep sains.
 - 3) *Student perceptions*: Pembelajaran dapat diperkuat dengan mengaitkan konsep abstrak dengan pengalaman perseptual peserta didik, memungkinkan peserta didik menghubungkan objek dengan representasi ilmiah secara lebih intuitif.
- d. *Ongoing assessment*: Representasi peserta didik, baik dalam bentuk verbal maupun visual, dapat digunakan sebagai alat penilaian formatif, diagnostik, dan sumatif untuk memahami perkembangan pemikiran serta pemahaman konseptual peserta didik.
- 1) *Opportunities for negotiation*: Peserta didik harus didorong untuk mengevaluasi representasi yang telah dibuat dan menyesuaikannya berdasarkan umpan balik pendidik serta pemahaman ilmiah yang lebih akurat.
 - 2) *On-time*: Peserta didik perlu memahami dan membandingkan konvensi representasi ilmiah dengan improvisasi yang telah dibuat, sehingga peserta didik dapat mengembangkan keterampilan komunikasi ilmiah yang lebih baik.

Dengan demikian, kerangka ini menjadi landasan utama dalam pengembangan model pembelajaran PRISMA-E'xi, karena memiliki kekuatan secara konseptual dan praktikal dalam mengintegrasikan teori belajar multi representasi ke dalam konteks pembelajaran fisika. Kerangka ini tidak hanya memberikan dasar teoritis yang kuat, tetapi juga menawarkan panduan implementatif yang konkret, sehingga mampu menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik. Melalui pendekatan ini, diharapkan proses pembelajaran dapat

dirancang secara lebih efektif untuk mendorong peningkatan kemampuan CPS peserta didik secara berkelanjutan dan bermakna.

3. Pendekatan STEM

Pendekatan STEM adalah pendekatan yang fokus pada pengembangan kemampuan peserta didik dalam empat bidang yaitu *science*, *technology*, *engineering*, dan *mathematics*. Tujuan utama dari pendekatan STEM adalah untuk menghasilkan lulusan yang memiliki keterampilan dan pengetahuan yang dibutuhkan untuk bekerja di bidang-bidang yang berkaitan dengan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika. Pendekatan STEM menekankan pada pembelajaran yang interdisipliner dan *hands-on*, dengan menggunakan metode-metode pembelajaran yang aktif dan kreatif. Tujuan dari pendekatan ini adalah untuk memberikan peserta didik pengalaman belajar yang lebih berarti, dengan mengintegrasikan teori dengan praktek. Beberapa manfaat dari pendekatan STEM adalah meningkatkan keterampilan peserta didik dalam pemecahan masalah, penalaran, dan berpikir kritis. Selain itu, pendekatan STEM juga membantu peserta didik untuk mengembangkan keterampilan teknologi dan komunikasi yang dibutuhkan untuk sukses di masa depan (Bybee, 2013; Farwati, 2021; Gonzalez & Kuenzi, 2014; Supriyatun, 2019; Widias & El, 2022; Winarni *et al.*, 2016). Pembelajaran dengan pendekatan STEM merupakan pendekatan tematik dalam pengembangan pendidikan sains (Pujiati, 2019).

Setiap komponen memiliki peran penting dalam pendekatan STEM dan dapat diintegrasikan dalam berbagai macam kegiatan dan proyek untuk membantu peserta didik memahami keterkaitan antara keempat bidang tersebut (Khairiyah, 2019; Simarmata *et al.*, 2020; Tarno, 2020).

- a. *Science* (ilmu pengetahuan): Komponen ini fokus pada penemuan dan pemahaman prinsip-prinsip alam yang meliputi fisika, kimia, biologi, dan ilmu bumi. Literasi sains memfokuskan pada membangun pengetahuan peserta didik untuk menggunakan konsep sains secara bermakna, berfikir secara kritis dan membuat keputusan-keputusan yang seimbang dan memadai terhadap

permasalahan-permasalahan yang memiliki relevansi terhadap kehidupan (Rahayu S., 2017).

- b. *Technology* (teknologi): Pada pendekatan STEM, teknologi digunakan sebagai alat untuk mengembangkan keterampilan peserta didik dalam pemecahan masalah, kreativitas, dan komunikasi (Sartika, 2019; Supriyatun, 2019; Winarni *et al.*, 2016).
 - 1) Pemanfaatan teknologi juga menjadi hal yang penting dalam pendekatan STEM. Peserta didik diajarkan cara menggunakan teknologi dalam memperoleh dan mengolah informasi, seperti mencari data melalui internet, memanfaatkan program pengolah kata atau *spreadsheet*, dan melakukan simulasi atau eksperimen menggunakan perangkat lunak khusus (Firdaus & Hamdu, 2020; Oktaviani *et al.*, 2021; Permanasari, 2016; Pramuji *et al.*, 2018).
 - 2) Selain itu, teknologi juga digunakan sebagai alat untuk berkolaborasi dan berkomunikasi dengan orang lain, baik di dalam maupun di luar lingkungan sekolah. Teknologi membuka peluang bagi peserta didik untuk mengakses informasi dan belajar dari sumber-sumber yang lebih luas dan beragam (Izzati *et al.*, 2019; Nurcahyo & Setyowati, 2021; Syahirah *et al.*, 2020).
- c. *Engineering* (rekayasa): Komponen ini berkaitan dengan penerapan prinsip-prinsip ilmiah dan teknologi untuk merancang, membangun, dan memelihara produk atau sistem (Fathoni *et al.*, 2020; Kurniawan & Susanti, 2021). *Engineering* dapat diartikan sebagai sebuah rekayasa terhadap teknologi. *Engineering* dimulai dengan mengidentifikasi masalah, kemudian mencoba memecahkan masalah itu. Sebagai contoh, peserta didik mengalami proses ketika mencoba mencari tahu bagaimana membuat fondasi yang kuat agar bangunan balok dapat lebih tinggi (Nurjanah, 2020).
- d. *Mathematics* (matematika): Komponen ini membantu dalam memodelkan, menganalisis, dan memecahkan masalah di bidang sains, teknologi, dan rekayasa. Contohnya, penggunaan matematika dalam riset finansial, analisis data, atau perancangan sistem otomatisasi (Sunarno, 2018; Suroto, 2021; Wibowo, 2018; Widiana *et al.*, 2022).

Pelaksanaan pendekatan STEM mengharuskan pendidik dapat mengintegrasikan pengetahuan, ketrampilan dan nilai ilmu pengetahuan, teknologi, rekayasa, dan matematika untuk dapat menyelesaikan sebuah masalah yang berhubungan dengan pembelajaran dalam konteks kehidupan sehari-hari (Setiawan *et al.*, 2020). Karakteristik pembelajaran STEM:

- a. Interdisipliner: STEM melibatkan keempat disiplin ilmu, yaitu Sains, Teknologi, Rekayasa, dan Matematika, yang terintegrasi untuk memecahkan masalah dan mencapai tujuan tertentu (Suwardi, 2021).
- b. Berbasis proyek: Pembelajaran STEM didasarkan pada proyek yang mengarah pada pemecahan masalah dunia nyata dan aplikasi teknologi di berbagai bidang, seperti kesehatan, energi, lingkungan, dan lain-lain (Nurjanah, 2020).
- c. Berorientasi pada aplikasi: Pembelajaran STEM difokuskan pada penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam kehidupan nyata, bukan hanya pada teori saja (Erlinawati *et al.*, 2019; Nurjanah, 2020).
- d. Kolaboratif: Pembelajaran STEM melibatkan kolaborasi antara peserta didik, pendidik, dan masyarakat dalam memecahkan masalah yang kompleks dan menantang (Erlinawati *et al.*, 2019; Mu'minah & Aripin, 2019).
- e. Keterlibatan peserta didik: Pembelajaran STEM melibatkan peserta didik secara aktif dalam pengambilan keputusan dan pemecahan masalah, sehingga peserta didik memiliki kesempatan untuk mengembangkan keterampilan kritis, berpikir kreatif, dan berkolaborasi (Erlinawati *et al.*, 2019; Setiawan *et al.*, 2020; Suwardi, 2021).
- f. Berbasis teknologi: Pembelajaran STEM melibatkan penggunaan teknologi modern dalam pengajaran dan pembelajaran, termasuk perangkat lunak, perangkat keras, dan peralatan lainnya (Farwati, 2021; Oktaviani *et al.*, 2021).
- g. Fokus pada keterampilan: Pembelajaran STEM melibatkan pengembangan keterampilan kritis, pemecahan masalah, kreativitas, dan kolaborasi, yang diperlukan untuk memecahkan masalah dunia nyata dan menciptakan solusi inovatif (Erlinawati *et al.*, 2019; Meita *et al.*, 2018; Nurjanah, 2020; Setiawan *et al.*, 2020).

- h. Penggunaan pendekatan ilmiah: Pembelajaran STEM melibatkan penggunaan metode ilmiah, termasuk pengamatan, eksperimen, pengukuran, dan analisis data, untuk memecahkan masalah dan menguji hipotesis (Erlinawati *et al.*, 2019).

Salah satu strategi untuk mengimplementasikan pendekatan STEM Adalah EDP (Hafiz & Ayop, 2019). EDP merupakan langkah dalam proses pembelajaran yang dapat memandu proses pembelajaran STEM agar tujuan pembelajaran dapat tercapai (Arlinwibowo *et al.*, 2021). Dengan konsep STEM berbasis EDP, pendidik secara kreatif dan kolaboratif menemukan inovasi untuk mengelola proses dan tujuan pembelajaran (Nurtanto *et al.*, 2020). Pendekatan STEM memiliki dua ciri khusus yaitu adanya EDP dan pembelajaran berbasis proyek. EDP dalam pembelajaran meliputi langkah-langkah mulai dari bertanya, membayangkan, merencanakan, membuat, menguji, dan merevisi untuk perbaikan produk. Pembelajaran berbasis proyek harus diisi dengan langkah-langkah mulai dari mengajukan pertanyaan, merancang produk, menyusun jadwal, membuat produk, melakukan uji coba, dan mengevaluasi pengalaman belajar (Arlinwibowo *et al.*, 2021).

Dalam penerapannya, pendekatan STEM dapat diimplementasikan dalam pembelajaran dengan menggunakan EDP (Arlinwibowo *et al.*, 2021). EDP adalah kunci bagi para *engineers* dalam membuat model dan sistem (Nurtanto *et al.*, 2020). Adapun tahapan-tahapan pembelajaran STEM dengan menggunakan EDP (Katehi *et al.*, 2009), yaitu:

- a. *Ask* (menanyakan/memahami masalah): Pada langkah ini, peserta didik diajak untuk mengidentifikasi dan memahami masalah yang perlu dipecahkan. Ini termasuk menganalisis tantangan, kebutuhan, batasan, dan kriteria yang harus dipenuhi. Peserta didik harus bertanya tentang tujuan dari proyek, kondisi yang harus dipenuhi, dan batasan yang ada.
- b. *Imagine* (membayangkan solusi): Di tahap ini, peserta didik diajak untuk mengimajinasikan beberapa solusi yang mungkin untuk memecahkan masalah. Ini melibatkan *brainstorming* dan kreativitas dalam merumuskan berbagai

pendekatan. Dari sini, peserta didik dapat memilih solusi terbaik berdasarkan pengetahuan dan informasi ilmiah.

- c. *Plan* (merencanakan solusi): Setelah memilih solusi terbaik, peserta didik mulai merencanakan bagaimana solusi tersebut akan dilaksanakan. Peserta didik membuat sketsa, diagram, atau model dari solusi, serta merinci langkah-langkah untuk membangun prototipe. Langkah ini juga melibatkan penggunaan perhitungan matematis untuk memastikan bahwa solusi layak diterapkan.
- d. *Create* (menciptakan prototipe): Di langkah ini, peserta didik mulai membangun prototipe berdasarkan perencanaan yang telah dibuat. Ini adalah tahap praktis di mana peserta didik menerapkan prinsip-prinsip sains dan teknologi untuk mengubah ide menjadi kenyataan.
- e. *Test* (menguji prototipe): Setelah prototipe selesai, peserta didik menguji apakah solusi yang dirancang bekerja seperti yang diharapkan. Pengujian dilakukan dengan simulasi, eksperimen, atau metode empiris lainnya untuk melihat apakah prototipe memenuhi kriteria dan batasan yang telah ditetapkan.
- f. *Improve* (menyempurnakan solusi): Berdasarkan hasil pengujian, peserta didik memperbaiki atau mengoptimalkan prototipe. Peserta didik bisa kembali ke tahap perencanaan atau bahkan melakukan iterasi ulang dari langkah sebelumnya untuk meningkatkan desain. Proses ini melibatkan perbaikan berulang dan modifikasi untuk mencapai solusi yang optimal.

Dengan demikian, penerapan pendekatan STEM melalui tahapan EDP tidak hanya memberikan struktur sistematis dalam penyelesaian masalah, tetapi juga mendorong peserta didik untuk berpikir kritis, kreatif, dan reflektif dalam setiap langkahnya. Setiap tahapan dalam EDP secara integral membentuk pengalaman belajar yang autentik dan bermakna, yang merepresentasikan proses kerja ilmiah dan rekayasa sesungguhnya. Pendekatan ini memungkinkan peserta didik untuk mengembangkan keterampilan abad ke-21 yang esensial. Oleh karena itu, EDP menjadi fondasi penting dalam pembelajaran berbasis STEM yang diterapkan dalam pengembangan model pembelajaran PRISMA-E'xi. Kehadiran EDP dalam model ini diharapkan mampu mengarahkan peserta didik untuk menjadi *problem solver* yang adaptif, inovatif, dan siap menghadapi tantangan global.

4. Pembelajaran Multi Representasi Terintegrasi STEM pada Materi Fluida

Fluida merupakan salah satu materi pembelajaran penting yang wajib dipelajari oleh seluruh peserta didik pada jenjang Sekolah Menengah Atas (SMA) di Indonesia. Secara definisi, fluida atau zahir (zat alir) mencakup semua jenis zat yang mampu mengalir, baik dalam bentuk gas maupun cairan. Berdasarkan karakteristik pergerakannya, fluida dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu fluida statik (diam) dan fluida dinamik (bergerak). Dalam konteks fisika, fluida termasuk ke dalam sub-himpunan fase benda, yang mencakup cairan, gas, plasma, serta beberapa bentuk padat yang bersifat plastis. Sejalan dengan arah kebijakan pendidikan nasional, Kurikulum Merdeka telah menetapkan capaian pembelajaran yang harus dicapai oleh peserta didik terkait materi fluida, untuk memperkuat pemahaman konseptual dan aplikatif dalam kehidupan sehari-hari.

Pemilihan materi fluida dalam kurikulum juga didasarkan pada karakteristiknya yang bersifat multidisipliner dan aplikatif, yang membuka peluang integrasi antarkonsep dalam ilmu fisika, biologi, kimia, dan rekayasa teknik. Materi ini relevan untuk menerapkan pendekatan pembelajaran berbasis STEM dan multirepresentasi, karena memungkinkan peserta didik mengaitkan fenomena fisis dengan konteks dunia nyata secara menyeluruh. Dengan pendekatan pembelajaran berbasis proyek, peserta didik juga dapat diajak merancang alat sederhana seperti hidrometer atau pompa hidrolik. Hal ini memperkuat urgensi penguasaan konsep fluida sebagai fondasi berpikir ilmiah dan penerapannya dalam inovasi teknologi sederhana yang kontekstual.

Materi fluida tidak hanya penting secara konseptual, tetapi juga memiliki relevansi tinggi dalam kehidupan sehari-hari dan berbagai bidang ilmu terapan. Pemahaman tentang fluida memungkinkan peserta didik untuk menjelaskan fenomena alam seperti tekanan udara, gaya apung, aliran darah dalam tubuh, hingga prinsip kerja berbagai alat teknologi seperti pompa, kapal, dan pesawat terbang. Oleh karena itu, pembelajaran fluida perlu dirancang secara kontekstual dan bermakna, sehingga mampu menumbuhkan pemahaman mendalam serta mendorong kemampuan berpikir kritis dan kreatif peserta didik. Capaian pembelajaran materi fluida disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Capaian pembelajaran materi fluida

Capaian Pembelajaran	Elemen Capaian Pembelajaran
<p>Pada akhir fase F, peserta didik mampu menerapkan konsep dan prinsip fluida dalam menyelesaikan berbagai masalah kontekstual, serta mengembangkan keterampilan berpikir ilmiah melalui kerja ilmiah yang mencerminkan profil pelajar Pancasila, khususnya mandiri, inovatif, bernalar kritis, kreatif dan bergotong royong.</p>	<p>Pemahaman Fisika</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mengidentifikasi tujuan pembelajaran dan membedakan karakteristik fluida ideal dan fluida nyata (<i>objective finding</i>), serta menjelaskan sifat tidak dapat dimampatkan (<i>incompressible</i>) dan kemampuan mengalir (<i>flowability</i>) dalam konteks fluida statis dan dinamis. 2. Mengumpulkan dan mengorganisasi informasi mengenai jenis tekanan (mutlak, gauge, atmosfer) (<i>fact finding</i>), menghitung tekanan pada kedalaman tertentu, serta menginterpretasikan penerapan konsep ini dalam sistem tertutup dan terbuka. 3. Merumuskan masalah kontekstual dalam sistem hidrolik berdasarkan pemahaman terhadap Hukum Pascal (<i>problem finding</i>), serta menjelaskan prinsip tekanan sebanding dalam sistem tertutup. 4. Menganalisis gaya apung pada benda dalam fluida menggunakan massa jenis dan volume tercelup, serta mengevaluasi dan menentukan solusi kuantitatif terhadap masalah daya apung (<i>solution finding</i>). 5. Menjelaskan gaya adhesi dan kohesi, serta menghasilkan alternatif penjelasan terhadap fenomena fisika seperti meniskus dan kapilaritas dalam konteks aplikatif (<i>idea finding</i>). 6. Mengumpulkan data dan membandingkan laju aliran berbagai fluida, menjelaskan viskositas dinamis dan kinematik, serta menentukan pengaruhnya terhadap efisiensi sistem aliran (<i>fact finding</i> dan <i>solution finding</i>). 7. Mengembangkan ide pemecahan masalah terkait perubahan kecepatan dan tekanan fluida (<i>idea finding</i>), menjelaskan keterkaitannya dengan luas penampang, serta mengaitkan dengan penerapan teknologi seperti <i>venturi tube</i>, karburator, dan sayap pesawat. 8. Menerapkan rumus debit ($Q = A \times v$) dalam konteks pemecahan masalah nyata serta mengevaluasi faktor-faktor yang memengaruhi besarnya debit fluida (<i>solution finding</i>). 9. Mengidentifikasi dan membedakan jenis aliran fluida (laminar dan turbulen), menjelaskan pengaruh gaya gesek pada pipa, serta merumuskan persoalan berdasarkan bilangan Reynolds sebagai indikator jenis aliran (<i>fact finding</i> dan <i>problem finding</i>). 10. Menganalisis dan merancang penerapan prinsip fluida dalam berbagai sistem nyata seperti turbin, aliran darah, manometer, dan sistem pembuangan fluida, serta menyusun rencana penerapan solusi berdasarkan kondisi nyata (<i>acceptance finding</i>).
	<p>Keterampilan Proses</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Peserta didik mampu melakukan observasi terhadap fenomena fluida (seperti dongkrak hidrolik atau gaya apung) untuk merumuskan masalah berbasis proyek secara mandiri dan kreatif.

Lanjutan Tabel 1

Capaian Pembelajaran	Elemen Capaian Pembelajaran
.	<ol style="list-style-type: none"> 2. Peserta didik mengembangkan pertanyaan pemicu dan merumuskan masalah nyata yang dapat diselesaikan melalui pendekatan ilmiah dan rekayasa. 3. Peserta didik menelusuri, memilih, dan menyusun data dari berbagai sumber dan eksperimen awal ke dalam representasi grafik, tabel, skema teknis, dan deskripsi verbal. 4. Peserta didik menyusun prosedur eksperimen (misalnya tentang tekanan hidrostatik, viskositas, atau hukum Bernoulli), mengendalikan variabel, dan melakukan pengukuran yang sistematis. 5. Peserta didik mengevaluasi hubungan antar variabel (gaya, tekanan, luas, massa jenis, kecepatan), menafsirkan hasil, dan menarik kesimpulan dengan menggunakan alat bantu representasi. 6. Peserta didik mengembangkan model atau prototipe (misalnya venturi tube atau turbin air mini) berdasarkan hasil investigasi dan menyajikannya dalam bentuk visual atau multimedia. 7. Peserta didik menguji solusi/prototipe dalam simulasi atau kondisi riil, mencatat hasil uji, dan membandingkannya dengan teori serta tujuan awal untuk mengevaluasi efektivitasnya. 8. Peserta didik merevisi solusi berdasarkan hasil pengujian dan umpan balik, mendokumentasikan proses secara sistematis, dan menyajikan produk akhir dalam bentuk ilmiah (poster, laporan, video, dsb). 9. Peserta didik mengintegrasikan keterampilan berpikir kritis dalam proses pengambilan keputusan ilmiah serta menunjukkan kreativitas dalam mengembangkan dan menyempurnakan solusi teknologi fluida. 10. Peserta didik menyampaikan hasil observasi, investigasi, dan solusi dalam format ilmiah yang beragam (diskusi, presentasi, laporan, infografis), serta terbuka terhadap umpan balik.

Beberapa penelitian menyebutkan bahwa masih banyak peserta didik yang mengalami kesulitan dalam pembelajaran materi fluida diantaranya: kesulitan dalam memahami persamaan matematis (Sutarja *et al.*, 2016), kesulitan peserta didik dalam menghubungkan fluida dengan kejadian yang ditemukan atau dialami dalam kehidupan sehari-hari (Dwi *et al.*, 2018), kesulitan dalam memahami konsep (Adisna *et al.*, 2020; Alatas & Astuti, 2019; Diani *et al.*, 2018; Hidayat *et al.*, 2022; Pratiwi & Wasis, 2013).

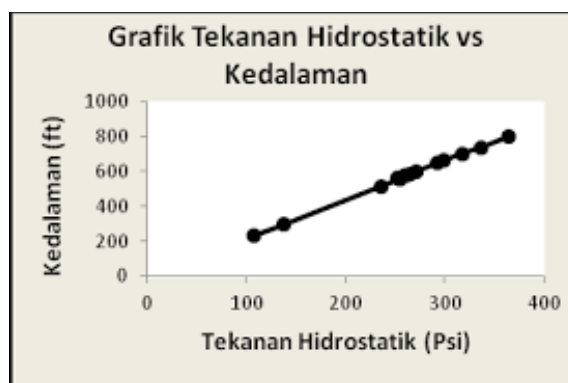
Materi fluida dapat diajarkan menggunakan pendekatan multi representasi, yaitu penyajian konsep melalui berbagai bentuk representasi seperti verbal, grafik, gambar, dan matematis. Adapun bentuk multi representasi pada materi fluida dijelaskan sebagai berikut:

a. Representasi Verbal

Representasi verbal dilakukan dengan membuat penjelasan mengenai suatu konsep atau topik berdasarkan interpretasi sendiri (Ainsworth & Loizou, 2003). Peserta didik dapat membangun analogi dari konsep tersebut berdasar imajinasi dan pengalaman yang terjadi sehari-hari. Pembelajaran fisika yang baik adalah berdasarkan hakikat fisika, yaitu peserta didik perlu menguasai proses dan produk fisika. Produk fisika dalam hal ini meliputi fakta, konsep, teori, prinsip, hukum, dan lain-lain (Severinus, 2013). Dengan demikian materi fisika dapat direpresentasikan secara verbal. Materi fluida berisikan banyak konsep yang bisa untuk direpresentasikan secara verbal, misalnya: asas kontinuitas, hukum Bernoulli.

b. Representasi Grafik

Representasi grafik mengacu pada pemahaman mengenai grafik dan kemampuan membuat grafik dan beberapa variabel deskriptif lainnya (Guttersturd & Angell, 2010). Grafik mewakili hubungan antara dua atau lebih variabel sehingga variabel menjadi ungkapan matematis dalam penyampaian data secara ringkas (Rahma & Kurniawan, 2021). Pada materi fluida terdapat beberapa variabel yang dapat disajikan dengan representasi grafik seperti pada Gambar 1.

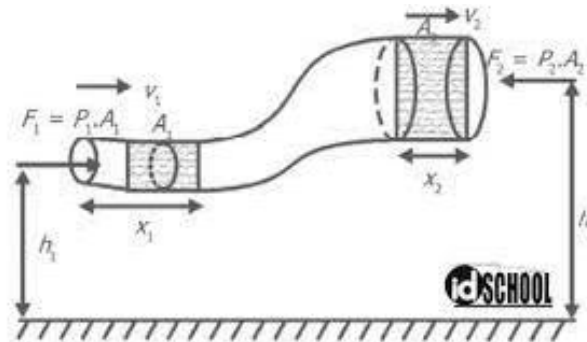


Gambar 1. Representasi grafik hubungan antara tekanan hidrostatik dengan kedalaman zat cair

c. Representasi Diagram/Gambar

Keunggulan diagram adalah memiliki banyak informasi, diagram memiliki “efek penjelasan diri” yang dapat ditangkap peserta didik hanya dari melihat gambar yang ditampilkan (Ainsworth & Loizou, 2003). Representasi

diagram mengacu ke semua bentuk deskripsi gambar, kecuali grafik (Guttersturd & Angell, 2010). representasi diagram merupakan representasi visual yang mengeskpresikan informasi melalui hubungan spasialnya serta dapat merefleksikan informasi kuantitatif (Chu *et al.*, 2017). Gambar 2 mengajikan contoh representasi diagram pada materi fluida.



Gambar 2. Representasi diagram hukum Bernoulli

d. Representasi Matematis

Representasi matematis meliputi rumus persamaan dan perhitungan matematis (Guttersturd & Angell, 2010). Dengan demikian, representasi matematis pada materi fluida mencakup persamaan pada materi fluida, misalnya: persamaan hukum Bernoulli.

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2$$

Representasi ini membantu peserta didik menghubungkan konsep fisika yang abstrak dengan bentuk numerik yang dapat dihitung dan diuji.

Berdasarkan uraian di atas, materi fluida merupakan salah satu topik fisika yang sangat tepat untuk diajarkan melalui pendekatan multi representasi karena melibatkan konsep-konsep abstrak, hubungan matematis, serta fenomena nyata yang kompleks. Penggunaan berbagai bentuk representasi tidak hanya memfasilitasi pemahaman konseptual peserta didik, tetapi juga memungkinkan peserta didik untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi secara lebih terstruktur. Integrasi pembelajaran multi representasi dengan pendekatan STEM dapat memperkuat relevansi materi dengan kehidupan nyata dan tantangan

teknologi masa kini. Dalam konteks ini, model pembelajaran PRISMA-E'xi dapat menjadi inovasi pedagogis yang menggabungkan kekuatan multi representasi dan pendekatan STEM dengan orientasi pada peningkatan kemampuan CPS peserta didik. Model pembelajaran PRISMA-E'xi harus memberikan kerangka yang komprehensif dalam mengajarkan materi fluida secara lebih bermakna, kontekstual, dan menantang.

5. Kemampuan CPS

Kemampuan CPS menggabungkan dua kemampuan secara seimbang, yaitu kemampuan analitis dan imajinatif. Proses berpikir yang terkandung dalam kemampuan pemecahan masalah kreatif adalah berpikir divergen dan berpikir konvergen (Fiteriani *et al.*, 2021). Pemecahan masalah kreatif adalah proses, metode, atau sistem untuk mendekati masalah secara imajinatif dan menghasilkan tindakan yang efektif. CPS adalah kemampuan yang menekankan berbagai alternatif ide dan mencari berbagai kemungkinan tindakan pada setiap langkah proses pemecahan masalah (Diani *et al.*, 2019). CPS dapat digunakan untuk menangani masalah sehari-hari serta tantangan dan peluang jangka panjang (Treffinger *et al.*, 2010). Mempelajari dan menerapkan CPS merupakan sarana untuk memahami dan memupuk kreativitas yang ada dalam diri masing-masing peserta didik (Isaksen, 2017).

Proses pemecahan masalah kreatif dan proses kreatif mengarah pada solusi dengan tingkat kebaruan yang lebih tinggi dibandingkan dengan proses pemecahan masalah biasa (Steiner, 2016). Indikator kemampuan CPS yaitu (Chen *et al.*, 2021) (Mitchell & Kowalik, 1979):

a. *Objective finding*

Langkah awal dalam menyelesaikan masalah adalah mengidentifikasi situasi yang mengandung tantangan, peluang, atau masalah, serta merumuskan tujuan pembelajaran atau pemecahan masalah yang ingin dicapai secara jelas dan terarah. Dalam pembelajaran materi fluida, peserta didik diarahkan untuk mengidentifikasi situasi yang mengandung tantangan, misalnya melalui

pengamatan fenomena bendungan yang jebol akibat tekanan air. Dari situasi tersebut, peserta didik merumuskan tujuan pembelajaran, yakni memahami bagaimana tekanan fluida bekerja pada kedalaman tertentu dan mengapa tekanan tersebut dapat menyebabkan kerusakan struktural. Proses ini menuntut peserta didik untuk secara aktif menentukan arah investigasi dan tujuan penyelesaian masalah berdasarkan fenomena nyata.

b. *Fact finding*

Mengumpulkan dan mengorganisasi berbagai informasi dan fakta penting yang relevan dengan situasi atau tujuan, agar peserta didik memiliki landasan pengetahuan yang memadai dalam memahami konteks permasalahan yang sedang dihadapi. Setelah menetapkan tujuan, peserta didik mengumpulkan berbagai informasi penting yang relevan dengan fenomena yang diamati. Peserta didik mencari data tentang tekanan hidrostatik, rumus $P = \rho gh$, nilai massa jenis air, serta karakteristik struktur bendungan. Informasi tersebut diperoleh dari buku ajar, simulasi komputer, dan video pembelajaran. Proses ini bertujuan agar peserta didik memiliki pemahaman faktual yang kuat untuk menganalisis situasi secara ilmiah dan menyusun dasar bagi pemecahan masalah yang akan dilakukan.

c. *Problem finding*

Berdasarkan fakta yang telah dikumpulkan, peserta didik mengidentifikasi inti permasalahan secara spesifik, serta merumuskan masalah tersebut dalam bentuk yang operasional dan dapat diselesaikan melalui pendekatan ilmiah. Berdasarkan fakta-fakta yang telah dikumpulkan, peserta didik mulai merumuskan masalah inti yang lebih spesifik, seperti menghitung tekanan maksimum pada dasar bendungan atau mengevaluasi risiko kerusakan material. Peserta didik menyusun pertanyaan dalam bentuk yang operasional, misalnya: “Apakah tekanan fluida pada kedalaman 20 meter melebihi kekuatan tahanan material beton bendungan?” Dengan demikian, masalah yang awalnya bersifat umum dapat diubah menjadi bentuk yang dapat dianalisis dan diselesaikan melalui pendekatan ilmiah.

d. *Idea finding*

Mengembangkan berbagai alternatif ide atau solusi yang mungkin untuk menjawab permasalahan yang telah dirumuskan, dengan menekankan pada orisinalitas, keberagaman, dan keterkaitan ide terhadap konteks masalah. Setelah memahami masalah secara spesifik, peserta didik ditantang untuk menghasilkan berbagai ide solusi. Peserta didik mungkin mengusulkan penambahan *spillway* untuk menurunkan tekanan, penguatan struktur dinding bendungan, atau penggunaan material baru yang lebih tahan terhadap tekanan fluida. Berbagai gagasan ini dihasilkan melalui diskusi kelompok atau brainstorming, yang mendorong peserta didik untuk berpikir kreatif dan terbuka terhadap beragam kemungkinan dalam menyelesaikan masalah yang dihadapi.

e. *Solution finding*

Melakukan evaluasi terhadap berbagai alternatif ide berdasarkan kriteria tertentu (misalnya efisiensi, kepraktisan, atau dampak), untuk kemudian memilih solusi terbaik yang paling sesuai dengan kebutuhan penyelesaian masalah. Dari sejumlah ide yang telah dikembangkan, peserta didik melakukan evaluasi untuk memilih solusi terbaik. Peserta didik membandingkan efektivitas, efisiensi, dan kelayakan teknis dari masing-masing alternatif, kemudian memutuskan, misalnya, bahwa pembuatan saluran *spillway* merupakan pilihan yang paling realistis dan aman. Dalam tahap ini, peserta didik belajar menggunakan kriteria objektif dalam memilih solusi yang paling sesuai dengan konteks dan kendala nyata yang mungkin dihadapi.

f. *Acceptance finding*

Menyusun dan mengembangkan rencana implementasi dari solusi yang telah dipilih, dengan mempertimbangkan strategi, sumber daya, serta dukungan yang diperlukan agar solusi tersebut dapat diterapkan secara efektif dalam konteks nyata. Langkah terakhir dalam proses penyelesaian masalah adalah menyusun rencana implementasi dari solusi yang telah dipilih. Peserta didik membuat rancangan teknis, seperti desain saluran *spillway* lengkap dengan perhitungan debit

aliran dan ukuran penampang. Peserta didik juga mempertimbangkan faktor-faktor pendukung keberhasilan implementasi, seperti lokasi, biaya, dan keamanan. Proses ini melatih kemampuan peserta didik dalam merencanakan tindakan nyata dan mempertimbangkan berbagai aspek praktis dalam mengaplikasikan solusi terhadap masalah yang diidentifikasi.

Berdasarkan uraian tersebut, kemampuan CPS melibatkan keseimbangan antara pemikiran analitis dan imajinatif yang terstruktur. Kompleksitas dan kedalaman proses ini menuntut suatu pembelajaran yang mampu memfasilitasi peserta didik untuk mengembangkan kemampuan tersebut secara sistematis dan bermakna. Oleh karena itu, pengembangan model pembelajaran PRISMA-E'xi dirancang untuk mendukung terbentuknya lingkungan belajar yang mendorong eksplorasi, refleksi, serta sintesis ide secara kreatif. Model ini secara khusus ditujukan untuk mengembangkan kemampuan CPS peserta didik dalam pembelajaran fisika, melalui tahapan pembelajaran yang menantang, relevan dengan konteks kehidupan nyata, dan merangsang pemikiran reflektif dan inovatif.

6. Model Pembelajaran

Model pembelajaran merupakan suatu pola sistematis yang digunakan untuk merancang, mengatur, dan melaksanakan proses belajar mengajar (Joyce & Weil, 2003). Pola ini digunakan sebagai pedoman untuk memecahkan permasalahan pembelajaran serta mencapai berbagai tujuan pendidikan, baik yang berkaitan dengan penguasaan informasi maupun pengembangan keterampilan. Selain itu, model pembelajaran juga berperan dalam menentukan perangkat ajar yang digunakan, seperti buku, media digital, atau kurikulum. Melalui model pembelajaran, proses perancangan dan pelaksanaan kegiatan belajar menjadi lebih terarah. Setiap model memiliki karakteristik tertentu yang mencerminkan pendekatan teoritis, struktur kegiatan, serta cara mencapai hasil belajar yang diharapkan.

Model pembelajaran yang dirancang dengan baik pada umumnya terdiri atas lima komponen pokok (Joyce & Weil, 2003), yaitu:

- a. Sintaks: Sintaks adalah struktur atau urutan tahapan yang menggambarkan alur kegiatan pembelajaran dari awal hingga akhir. Sintaks berisi penjelasan mengenai peran dan aktivitas yang dilakukan oleh pendidik dan peserta didik dalam setiap fase pembelajaran, serta jenis tugas yang harus diselesaikan. Setiap model memiliki tahapan yang berbeda-beda sesuai dengan strategi yang digunakan.
- b. Sistem sosial: Sistem sosial mencerminkan hubungan antara pendidik dan peserta didik selama proses pembelajaran. Komponen ini mencakup aturan, norma, serta bentuk interaksi yang berlaku dalam pembelajaran. Tingkat kepemimpinan pendidik dan partisipasi peserta didik diatur dalam sistem ini.
- c. Prinsip reaksi: Prinsip ini menunjukkan cara pendidik memberikan respons terhadap aktivitas peserta didik. Respons tersebut dapat berupa penguatan, klarifikasi, atau tanggapan terhadap pertanyaan, jawaban, maupun kegiatan yang dilakukan oleh peserta didik dalam proses pembelajaran.
- d. Sistem pendukung: Sistem pendukung mencakup semua sumber daya yang dibutuhkan untuk menerapkan model pembelajaran secara efektif. Hal ini meliputi bahan ajar, alat bantu pembelajaran, fasilitas, serta media yang digunakan untuk mendukung kelancaran proses pembelajaran.
- e. Dampak instruksional dan pengiring: Dampak instruksional merujuk pada hasil belajar yang secara langsung dikaitkan dengan tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan. Sedangkan dampak pengiring mencakup berbagai kemampuan tambahan yang diperoleh peserta didik selama proses pembelajaran, seperti peningkatan motivasi, kemandirian, dan keterampilan sosial yang berkembang secara tidak langsung.

Model pembelajaran yang efektif memiliki ciri-ciri tertentu yang mendukung tercapainya tujuan pembelajaran (Arends, 1997). Ciri-ciri tersebut antara lain:

- a. Didasarkan pada landasan teoretik yang logis dan konsisten
- b. Memiliki tujuan pembelajaran yang dirumuskan secara jelas
- c. Mencantumkan strategi mengajar yang diperlukan untuk pelaksanaan pembelajaran secara sistematis

- d. Menciptakan lingkungan belajar yang kondusif untuk mencapai hasil yang diharapkan.

Keempat ciri tersebut menjadi dasar dalam merancang suatu model pembelajaran agar dapat digunakan sebagai pola baku yang mendukung pelaksanaan kegiatan belajar secara efektif.

Berdasarkan literatur pengembangan model pembelajaran, terdapat tiga kriteria utama yang harus dipenuhi agar suatu model dinyatakan berkualitas (Nieveen, 1999; Plomp, 2013), yaitu:

- a. Validitas

Validitas mengacu pada sejauh mana model pembelajaran mencerminkan dasar teoretik yang kuat dan komponen-komponennya saling berkaitan secara konsisten. Validitas dapat diuji melalui penilaian para ahli terhadap isi dan struktur model.

- b. Kepraktisan

Kepraktisan berkaitan dengan kemudahan penerapan model dalam situasi pembelajaran yang sebenarnya. Model dikatakan praktis apabila dapat digunakan oleh pendidik di lapangan, mendapatkan respons positif dari peserta didik, dan keterlaksanaannya berada pada tingkat tinggi. Penilaian terhadap kepraktisan melibatkan observasi pelaksanaan sintaks, sistem sosial, dan prinsip reaksi.

- c. Keefektifan

Keefektifan menunjukkan sejauh mana model pembelajaran mampu meningkatkan ketercapaian tujuan pembelajaran. Model yang efektif melibatkan peserta didik secara aktif dalam mengorganisasi informasi, menemukan konsep, dan mengembangkan pemahaman yang mendalam. Keefektifan dapat diukur melalui beberapa indikator, seperti pencapaian ketuntasan belajar secara klasikal, serta tingkat keterlibatan peserta didik dalam proses belajar.

Dengan memahami struktur, komponen, serta karakteristik model pembelajaran yang baik, maka pengembangan model pembelajaran PRISMA-E'xi diarahkan untuk memenuhi ketiga kriteria utama tersebut: valid, praktis, dan efektif.

Model PRISMA-E'xi dirancang berdasarkan landasan teoretis yang kuat. Model ini mengintegrasikan sintaks pembelajaran yang terstruktur, sistem sosial yang kolaboratif, prinsip reaksi yang adaptif, dan sistem pendukung yang relevan dengan kebutuhan abad 21. Dengan demikian, PRISMA-E'xi tidak hanya memenuhi persyaratan konseptual sebagai sebuah model pembelajaran, tetapi juga dirancang untuk menciptakan proses belajar yang transformatif dan kontekstual, yang mendorong peserta didik untuk berpikir kritis, kreatif, dan mampu memecahkan masalah kompleks secara mandiri maupun kolaboratif.

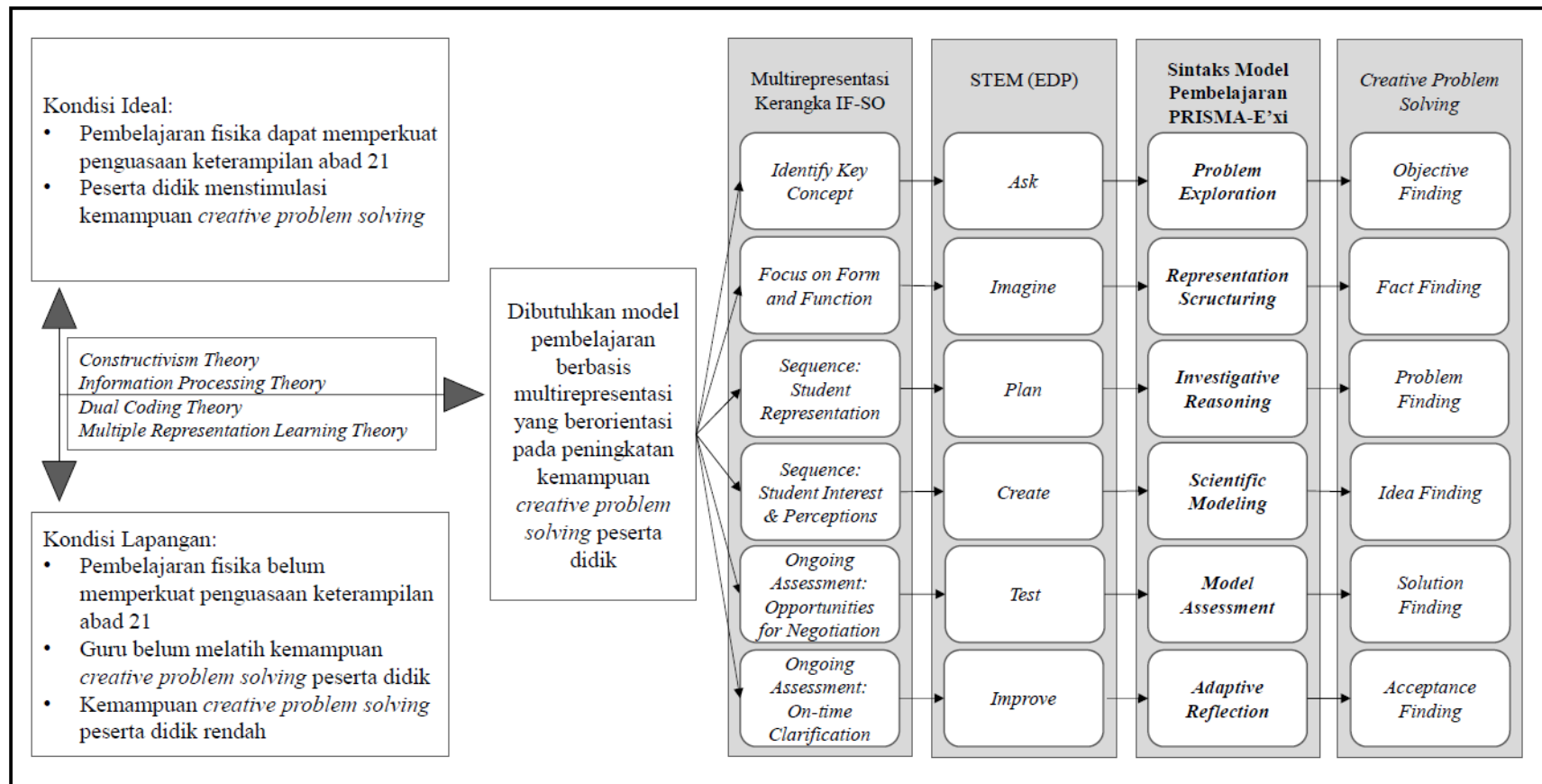
B. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir dalam penelitian pengembangan model pembelajaran PRISMA-E'xi berfokus pada permasalahan utama yang dihadapi dalam pembelajaran fisika, yaitu kurangnya pengembangan keterampilan CPS peserta didik. Pembelajaran fisika yang konvensional sering kali terlalu berfokus pada penguasaan konsep dan hafalan teori tanpa memberikan cukup ruang bagi peserta didik untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan aplikatif. Hal ini berakibat pada rendahnya kemampuan peserta didik dalam mengidentifikasi masalah, merumuskan solusi, dan mengadaptasi pemahaman terhadap tantangan dunia nyata yang bersifat kompleks dan dinamis. Untuk mengatasi permasalahan ini, penelitian ini mengembangkan model PRISMA-E'xi yang mengintegrasikan pendekatan multi representasi, STEM EDP, dan CPS.

Multi representasi dipilih sebagai basis karena kemampuannya dalam memfasilitasi peserta didik untuk melihat konsep fisika melalui berbagai bentuk representasi (verbal, visual, matematis, simbolis) yang saling melengkapi, sehingga memperkaya pemahaman konseptual. Multi representasi penting dalam memecahkan masalah fisika yang abstrak dan kompleks. STEM EDP digunakan sebagai kerangka sistematis untuk mendorong peserta didik melalui tahapan *ask, imagine, plan, create, test, dan improve*, dimana peserta didik belajar mengidentifikasi masalah, merancang solusi, menguji ide, dan memperbaikinya. Kerangka STEM EDP ini tidak hanya mendukung pemahaman konseptual tetapi juga memperkuat keterampilan teknis dan prosedural peserta didik dalam

penyelesaian masalah. Namun, inti dari model PRISMA-E'xi adalah CPS, yang bertujuan untuk menumbuhkan kemampuan peserta didik dalam menghadapi masalah secara kreatif dan efektif. Melalui tahapan yang telah dirancang, peserta didik dilatih untuk mengidentifikasi masalah, mengumpulkan fakta, menghasilkan ide, merumuskan solusi, dan merefleksikan proses berpikir untuk terus beradaptasi dan menyempurnakan pemahaman.

Model pembelajaran PRISMA-E'xi dikembangkan dengan fondasi utama pada teori konstruktivisme, yang menekankan bahwa pengetahuan dibangun secara aktif oleh peserta didik melalui pengalaman belajar yang bermakna, kontekstual, dan relevan dengan kehidupan nyata. Selain itu, model ini juga berpijak pada teori pemrosesan informasi dan teori pengkodean ganda (*dual coding theory*), yang secara empiris menunjukkan bahwa penyajian informasi melalui berbagai bentuk representasi seperti visual, verbal, simbolik, dan matematis dapat meningkatkan retensi memori, memperdalam pemahaman konsep, serta memfasilitasi transfer pengetahuan lintas konteks. Melalui integrasi teori-teori tersebut, PRISMA-E'xi hadir sebagai inovasi pembelajaran yang responsif terhadap kebutuhan abad ke-21, khususnya dalam mengembangkan kemampuan CPS peserta didik dalam menghadapi kompleksitas permasalahan sains di era globalisasi dan kemajuan teknologi yang pesat. Kerangka pemikiran penelitian ini disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kerangka pemikiran

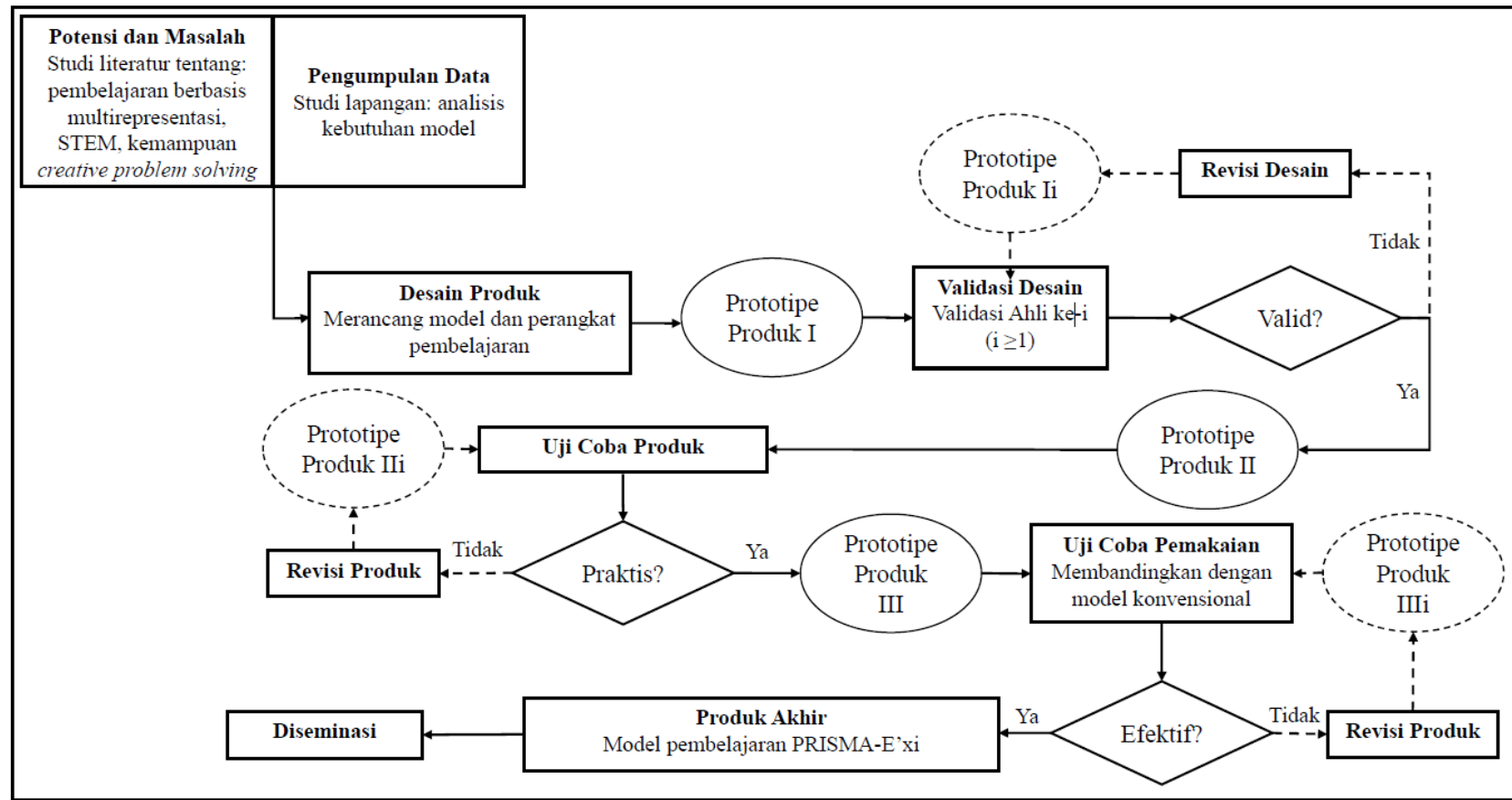
BAB III METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah penelitian dan pengembangan (*Research and Development/R&D*). Jenis penelitian ini dipilih karena sejalan dengan tujuan utama penelitian, yaitu menghasilkan produk berupa model pembelajaran inovatif yang dapat diimplementasikan dalam konteks pembelajaran fisika. Produk yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah model pembelajaran PRISMA-E'xi, yang dirancang untuk mengintegrasikan pendekatan multi representasi dengan prinsip-prinsip pembelajaran STEM (EDP) serta berorientasi pada peningkatan kemampuan CPS peserta didik. Pengembangan model ini juga mencakup penyusunan perangkat pendukung seperti modul ajar, E-LKPD, dan instrumen penilaian. Seluruh produk hasil pengembangan ditujukan untuk memenuhi tiga kriteria utama dalam penelitian pengembangan, yaitu validitas (kelayakan isi dan konstruk berdasarkan pendapat para ahli), kepraktisan (kemudahan penggunaan oleh pendidik dan peserta didik di lapangan), serta keefektifan (kemampuan model dalam mencapai tujuan pembelajaran yang ditetapkan).

B. Prosedur Penelitian

Desain penelitian ini mengacu pada desain pengembangan Borg dan Gall yang terdiri dari 10 tahapan kegiatan yaitu: potensi dan masalah, pengumpulan data, desain produk, validasi desain, revisi desain, uji coba produk, revisi produk, uji coba pemakaian, revisi produk dan diseminasi (Gall *et al.*, 2003). Pemilihan desain ini didasarkan pada kebutuhan untuk mengembangkan model pembelajaran yang tervalidasi secara sistematis dan dapat diterapkan secara luas. Prosedur penelitian pengembangan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Prosedur penelitian

1. Tahap Pendahuluan

Kegiatan yang dilakukan pada tahap pendahuluan, antara lain identifikasi masalah dan pengumpulan data kebutuhan model pembelajaran PRISMA- E'xi. Aktivitas yang dilakukan yaitu studi literatur tentang pembelajaran berbasis multi representasi, pendekatan STEM, dan kemampuan CPS. Literature review dilakukan terhadap artikel jurnal ilmiah yang sudah dipublish dalam *database scopus*, *web of science*, DOAJ, SINTA, dan Google Scholar. Langkah selanjutnya yaitu menganalisis kondisi lapangan yang terkait dengan kebutuhan model pembelajaran PRISMA- E'xi. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data kebutuhan pendidik dan peserta didik terhadap model pembelajaran PRISMA- E'xi. Hasil studi pendahuluan ini digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam mengembangkan model pembelajaran PRISMA- E'xi.

Analisis kurikulum juga dilakukan untuk memastikan model yang dikembangkan sejalan dengan tuntutan dan arah kurikulum nasional serta standar pendidikan yang berlaku. Analisis dilakukan terhadap capaian pembelajaran fisika materi fluida di jenjang SMA berdasarkan kurikulum nasional. Analisis juga dilakukan terhadap tuntutan keterampilan abad ke-21 yang telah menjadi arah utama kurikulum serta relevansi model pembelajaran PRISMA-E'xi dengan kebijakan Merdeka Belajar serta Standar Proses Pembelajaran yang ditetapkan oleh pemerintah. Informasi ini digunakan untuk memastikan bahwa model PRISMA-E'xi mendukung pencapaian tujuan kurikulum serta memenuhi kebutuhan aktual dalam sistem pendidikan nasional.

Selain itu, dilakukan pula kajian tentang teori-teori belajar. Teori-teori belajar tersebut digunakan karena sesuai dengan karakteristik dari model yang dikembangkan. Selanjutnya peneliti juga melakukan kajian teori tentang multi representasi, STEM, kemampuan CPS, serta mencari keterkaitan masing-masing. Kajian teori juga dilakukan untuk mengetahui pengertian, komponen-komponen dan indikator masing-masing variabel. Teori-teori dan kajian riset pendahuluan tersebut dijadikan landasan peneliti dalam mengembangkan model pembelajaran PRISMA- E'xi.

2. Tahap Pengembangan

a. Merancang Prototipe Produk

Berdasarkan kajian literatur dan temuan hasil studi lapangan, kemudian dilakukan identifikasi karakteristik model pembelajaran yang akan dikembangkan. Rancangan awal prototipe I model pembelajaran PRISMA- E'xi yang dikembangkan berdasarkan teori-teori belajar yang mendukung. Selain model pembelajaran, juga dikembangkan perangkat model pembelajaran yang terdiri dari: modul ajar, e-LKPD, dan instrument untuk mengukur validitas model, instrumen untuk mengukur kepraktisan model, serta instrumen untuk mengukur keefektifan model pembelajaran yang dikembangkan. Seluruh rangkaian aktivitas ini dilakukan dengan penuh ketelitian untuk mempersiapkan prototipe awal yang siap divalidasi pada tahapan berikutnya.

b. Validasi Ahli

Tahap validasi ahli merupakan langkah krusial dalam pengembangan prototipe I model pembelajaran PRISMA-E'xi. Validasi ini bertujuan untuk menilai kelayakan model dari aspek isi dan konstruk, untuk memastikan bahwa produk yang dikembangkan memiliki kualitas yang tinggi, relevan dengan kebutuhan pembelajaran, dan layak untuk diimplementasikan. Validasi dilakukan oleh lima orang ahli yang memiliki kompetensi di bidang pembelajaran berbasis multi representasi, pendekatan STEM, dan pengembangan kemampuan CPS. Komponen yang divalidasi meliputi: (1) prototipe model pembelajaran, (2) modul ajar, (3) e-LKPD, (4) lembar observasi keterlaksanaan model, (5) lembar observasi kemampuan pendidik dalam mengelola pembelajaran, (6) lembar observasi aktivitas peserta didik, (7) angket respons pendidik, (8) angket respons peserta didik, dan (9) tes kemampuan CPS.

Hasil penilaian para ahli berupa skor dan masukan kualitatif yang digunakan untuk memperbaiki dan menyempurnakan prototipe. Apabila sekurangnya empat dari lima validator menyatakan bahwa produk valid, maka dilakukan analisis lebih lanjut terhadap tingkat kelayakan yaitu: (1) jika produk dinyatakan valid tanpa revisi, maka langsung dilanjutkan sebagai prototipe II untuk

tahap uji coba produk, (a) jika produk dinyatakan valid namun memerlukan revisi minor, maka dilakukan perbaikan terlebih dahulu dan produk hasil revisi dikembalikan kepada validator untuk mendapatkan persetujuan sebagai prototipe I, dan (3) jika produk dinyatakan belum valid atau tidak layak, maka dilakukan revisi menyeluruh terhadap model dan seluruh perangkatnya. Produk hasil revisi tersebut kemudian divalidasi ulang dalam siklus yang sama hingga diperoleh produk yang memenuhi kriteria validitas dan kelayakan sebagai prototipe II. Dengan demikian, proses validasi ahli berfungsi sebagai mekanisme kontrol mutu yang sistematis dalam pengembangan model pembelajaran PRISMA-E'xi, sebelum model tersebut diuji dalam implementasi praktis di lapangan.

3. Tahap Pengujian

a. Uji Coba Terbatas

Tahap uji coba produk merupakan langkah penting setelah prototipe II model pembelajaran PRISMA-E'xi dinyatakan valid dan layak oleh para ahli. Uji coba ini dilaksanakan dalam skala terbatas untuk menilai aspek kepraktisan model. Uji coba dilakukan pada semester genap tahun akademik 2024/2025 dengan melibatkan pendidik dan peserta didik sebagai pengguna langsung model. Model pembelajaran PRISMA-E'xi diterapkan dalam kegiatan pembelajaran, disertai pengumpulan data melalui observasi keterlaksanaan, serta angket respons dari pendidik dan peserta didik. Jika hasil uji menunjukkan bahwa model telah praktis, maka produk hasil uji coba ini ditetapkan sebagai prototipe III. Namun, apabila ditemukan kekurangan, maka dilakukan revisi terhadap prototipe II sebelum dikembangkan menjadi prototipe III yang lebih sempurna. Prototipe III inilah yang selanjutnya digunakan dalam tahap uji coba pemakaian skala luas untuk mengkaji efektivitas model secara komparatif dengan pembelajaran konvensional.

b. Uji Coba Skala Luas

Uji coba skala luas mempunyai dua tujuan, yaitu untuk meningkatkan kemampuan CPS peserta didik dan menyimpulkan efektivitas model pembelajaran PRISMA-E'xi dibandingkan dengan model pembelajaran konvensional. Desain

yang digunakan dalam uji coba luas yaitu kuasi-eksperimen tipe *nonequivalent control group design* (Cook *et al.*, 2002), yang melibatkan dua kelompok peserta didik yaitu kelompok eksperimen yang diberi perlakuan berupa model pembelajaran PRISMA-E'xi, dan kelompok kontrol yang menggunakan model konvensional. Desain ini dipilih karena pembentukan kelompok dilakukan berdasarkan kelas yang sudah ada di sekolah, sehingga tidak melalui proses randomisasi (pengacakan) (Denny *et al.*, 2023). Hal ini sesuai dengan karakteristik penelitian terapan di lingkungan pendidikan formal yang memiliki keterbatasan dalam pengaturan eksperimen murni. Nilai *pretest* dan *posttest* dari kemampuan CPS dianalisis untuk melihat efektifitas model pembelajaran berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan. Desain penelitian uji coba skala luas disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Desain penelitian uji coba skala luas

Kelas	<i>Pretest</i>	<i>Treatment</i>	<i>Posttest</i>
Kontrol	O1	X	O2
Eksperimen	O1		O2

Keterangan:

O1 = *pretest* kemampuan CPS kelas eksperimen dan kontrol

X = kelas eksperimen diberi perlakuan menggunakan model PRISMA-E'xi

O2 = *posttest* kemampuan CPS kelas eksperimen dan kontrol

c. Lokasi dan Subyek Penelitian

Subyek penelitian adalah peserta didik kelas XI SMA. Teknik pengambilan sampel yang digunakan dalam uji coba terbatas adalah *purposive sampling*, yaitu teknik penentuan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu yang relevan dengan tujuan penelitian. Sekolah yang dipilih adalah SMA Gajah Mada Bandar Lampung dengan melibatkan 2 pendidik dan 37 peserta didik kelas XI, karena sekolah tersebut memenuhi kriteria kesiapan implementasi model pembelajaran yang dikembangkan. Kriteria tersebut mencakup kesesuaian materi pembelajaran dengan topik dalam model, kesiapan pendidik dalam memahami dan menerapkan sintaks model, serta keterbukaan terhadap pendekatan berbasis

representasi dan STEM. Selain itu, peserta didik berada pada jenjang yang sesuai dan memiliki kemampuan dasar yang memadai untuk mengikuti proses pembelajaran. Sekolah juga memiliki fasilitas yang mendukung, serta menunjukkan komitmen kelembagaan melalui dukungan dari pihak manajemen sekolah dan pendidik mata pelajaran fisika.

Teknik pengambilan sampel yang digunakan dalam uji coba skala luas adalah *stratified cluster random sampling*, yaitu teknik kombinasi antara pengelompokan berdasarkan strata tertentu dan pengambilan unit secara berkelompok (klaster). Pemilihan teknik ini bertujuan untuk memastikan keterwakilan karakteristik wilayah secara proporsional dalam sampel. Dengan demikian, analisis efektivitas model dapat mencerminkan konteks implementasi di berbagai latar sekolah secara lebih komprehensif. Lima sekolah (N=5) dipilih sebagai strata berdasarkan variasi wilayah geografis (urban, suburban, dan rural), sedangkan kelas-kelas di masing-masing sekolah dijadikan sebagai klaster untuk kelompok eksperimen dan kontrol. Jumlah peserta didik yang terlibat sebanyak 175 orang pada masing-masing kelompok, sebagaimana dirinci pada Tabel 3.

Tabel 3. Lokasi dan subyek uji coba skala luas

No	Sekolah	Akreditasi	Wilayah Geografis	Jumlah Peserta Didik	
				Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
1	SMAN 1 Bandar Lampung	A	Urban	37	37
2	SMAN 1 Melinting Lampung Timur	B	Rural	37	37
3	SMA Global Madani Bandar Lampung	A	Urban	26	26
4	SMA Gajah Mada Bandar Lampung	A	Suburban	37	37
5	MAN 1 Kerinci	A	Rural	38	38
Jumlah				175	175

Dengan melibatkan sekolah dari berbagai latar ini, uji coba skala luas tidak hanya menguji keefektifan model dalam konteks ideal, tetapi juga dalam kondisi yang lebih menantang dan beragam. Hal ini memperkuat generalisasi hasil penelitian dan mendukung pengembangan model PRISMA-E'xi yang adaptif dan fleksibel diterapkan dalam berbagai kondisi pembelajaran fisika di Indonesia.

4. Diseminasi Produk

Model pembelajaran PRISMA- E'xi final diperoleh setelah melewati tahap revisi berdasarkan hasil uji coba skala luas yang telah dilakukan. Model pembelajaran ini melewati serangkaian proses validasi, ujicoba, hingga revisi berkali-kali sampai didapatkan hasil yang terbukti valid, praktis dan efektif dalam meningkatkan kemampuan CPS peserta didik. Selanjutnya, model pembelajaran PRISMA- E'xi final dapat langsung digunakan atau didiseminasikan sebagai alternatif pembelajaran untuk meningkatkan kemampuan CPS peserta didik. Tahap diseminasi dilakukan melalui kegiatan pelatihan pendidik, diseminasi internal melalui mata kuliah *microteaching*, seminar nasional/internasional, publikasi jurnal, dan distribusi digital.

C. Prosedur Pengumpulan Data

1. Teknik Pengumpulan Data

a. Analisis Kebutuhan

Studi lapangan dilakukan untuk mengetahui kebutuhan pendidik dan peserta didik terhadap model pembelajaran. Teknik yang dilakukan adalah dengan menggunakan kuisisioner. Kuisisioner dilakukan secara daring melalui jejaring *WhatsApp Group* dan bantuan aplikasi *Google Form*. Instrumen kuisisioner dirancang untuk menggali persepsi, pengalaman, serta harapan responden terhadap proses pembelajaran fisika. Periode pengisian dilaksanakan pada bulan Februari 2023 dengan sasaran responden pendidik dan peserta didik SMA di Bandar Lampung.

b. Validitas Produk

Data validitas produk model pembelajaran PRISMA- E'xi diperoleh melalui uji validasi isi dan konstruk. Pada tahap ini digunakan lembar validasi untuk mengumpulkan data. Validasi model pembelajaran dikembangkan dengan mengacu pada karakteristik komponen model pembelajaran meliputi aspek: 1) teori pendukung, 2) sintaks, 3) sistem sosial, 4) prinsip reaksi 5) sistem pendukung, serta 6) dampak instruksional dan dampak pengiring. Selain memvalidasi model,

validator juga memvalidasi perangkat pembelajaran yang terdiri dari modul ajar, e-LKPD dan instrument penilaian yang dikembangkan. Skala pemeringkatan Likert digunakan dalam penilaian ini. Setiap validator memberikan respon dari setiap pernyataan yang diberikan dengan pilihan lima skala sikap, yaitu tidak valid, kurang valid, cukup valid, valid, hingga sangat valid. Dalam penelitian ini, lima validator ahli dilibatkan secara untuk menilai kelayakan model pembelajaran PRISMA-E'xi. Para validator terdiri dari dosen dan peneliti yang memiliki keahlian di bidang pendidikan fisika, pengembangan model pembelajaran, dan pendekatan STEM. Umpan balik yang diberikan oleh para validator dijadikan dasar untuk merevisi dan menyempurnakan desain model agar semakin relevan dan aplikatif dalam konteks pembelajaran fisika di tingkat SMA. Daftar validator model pembelajaran PRISMA-E'xi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Daftar validator model pembelajaran PRISMA-E'xi

No	Nama	Instansi	Bidang Keahlian
1	Prof. Dr. Yuberti, M.Pd.	Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung	Teknologi Pembelajaran Fisika
2	Prof. Dr. Sunyono, M.Si.	Universitas Lampung	Metodologi Pembelajaran Kimia
3	Prof. Dr. Parmin, M.Pd.	Universitas Negeri Semarang	Pengembangan Calon Pendidik IPA Profesional
4	Dr. Mukarramah Mustari, M.Pd.	Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung	Pendidikan IPA
5	Dr. Achmad Samsudin, M.Pd.	Universitas Pendidikan Indonesia	Pengembangan Pembelajaran Fisika

Lima validator lainnya berperan dalam menilai kualitas instrumen penelitian yang digunakan. Para validator merupakan ahli dalam bidang evaluasi pembelajaran, pengembangan instrumen, dan analisis kuantitatif, terutama yang berkaitan dengan validitas isi, konstruk, dan kejelasan butir pernyataan dalam instrumen. Setiap butir diperiksa secara cermat untuk memastikan kesesuaian dengan indikator yang diukur dan keterpahaman oleh responden. Hasil penilaian dari para validator ini menjadi rujukan dalam merevisi instrumen sebelum digunakan, sehingga instrumen yang dikembangkan memenuhi standar akurasi dan

reliabilitas dalam pengukuran. Daftar validator instrumen penelitian disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Daftar validator instrumen penelitian

No	Nama	Instansi	Bidang Keahlian
1	Rosida Rakhmawati, Ph.D.	Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung	Pengembangan Instrumen
2	Dr. Muhammad Nur Hudha, M.Pd.	Universitas Sebelas Maret	Pengembangan Instrumen
3	R. Ahmad Zaky El Islami, Ph.D	Universitas Sultan Ageng Tirtayasa	Pendidikan IPA/STEM
4	Sri Latifah, M.Sc.	Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung	Pendidikan Fisika
5	Widya Wati, M.Pd.	Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung	Pendidikan Fisika

Sebelum digunakan, instrumen validitas model pembelajaran PRISMA-E'xi divalidasi oleh ahli. Proses validasi dilakukan untuk memastikan bahwa instrumen layak digunakan dalam konteks validasi model pembelajaran. Penilaian ahli mencakup aspek keterbacaan, kesesuaian isi, dan kemudahan penggunaan. Adapun hasil validasi lembar validasi isi model pembelajaran PRISMA-E'xi secara ringkas disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil validasi lembar validasi isi model pembelajaran PRISMA-E'xi

Validator	Kesimpulan Validasi	Komentar/Saran/Perbaikan
I	Layak Digunakan	Disarankan agar indikator dalam aspek isi tidak hanya menilai kesesuaian dengan teori, tetapi juga mengevaluasi sejauh mana model mencerminkan prinsip-prinsip pembelajaran berbasis representasi ganda dan langkah-langkah pemecahan masalah kreatif.
II	Layak Digunakan dengan Perbaikan	-
III	Layak Digunakan dengan Perbaikan	Disarankan agar lembar validasi mencantumkan indikator yang mengevaluasi keterhubungan antara landasan teori, komponen model, dan penerapannya secara eksplisit.
IV	Layak Digunakan	-
V	Layak Digunakan	-

Tabel 6 menunjukkan hasil validasi dari lima orang validator terhadap lembar validasi isi model pembelajaran PRISMA-E'xi. Secara umum, semua validator menyatakan bahwa lembar validasi layak digunakan, meskipun dua di antaranya memberikan catatan perbaikan yang perlu diperhatikan.

Tabel 7. Hasil validasi lembar validasi konstruk model pembelajaran PRISMA-E'xi

Validator	Kesimpulan Validasi	Komentar/Saran/Perbaikan
I	Layak Digunakan	Disarankan untuk menambahkan indikator yang menilai keterkaitan antarbagian model, serta sejauh mana sintaks mendukung karakteristik pembelajaran fisika berbasis multi representasi dan pendekatan STEM
II	Layak Digunakan dengan Perbaikan	-
III	Layak Digunakan dengan Perbaikan	Agar penilaian lebih objektif dan operasional, beberapa indikator perlu dirumuskan ulang dalam bentuk kalimat terarah dan tidak multitafsir
IV	Layak Digunakan	-
V	Layak Digunakan	-

Berdasarkan hasil penilaian ahli yang pada Tabel 7 diketahui bahwa instrumen untuk mengukur validitas model “layak digunakan” dalam penelitian, namun dengan beberapa perbaikan berdasarkan saran dari validator. Hasil perbaikan terhadap instrumen dikonsultasikan kembali kepada kelima validator sampai kelima validator menyatakan bahwa instrumen “layak digunakan” dalam penelitian.

c. Kepraktisan Produk

Kepraktisan model pembelajaran merujuk pada kemampuan suatu model pembelajaran untuk diterapkan secara efektif dalam lingkungan belajar mengajar nyata (Joyce & Weil, 2003). Data kepraktisan model pembelajaran PRISMA- E'xi dalam penelitian ini diperoleh dari data keterlaksanaan model, kemampuan pendidik dalam mengelola pembelajaran, aktivitas peserta didik, respon pendidik, dan respon peserta didik terhadap pembelajaran. Data kepraktisan model diambil saat diterapkan uji coba terbatas. Instrumen keterlaksanaan model, kemampuan pendidik dalam mengelola pembelajaran dan aktivitas peserta didik

berbentuk lembar observasi yang diisi oleh satu observer yang ditunjuk untuk mengamati setiap tahapan pembelajaran dari model yang dikembangkan. Instrumen respon pendidik dan peserta didik berbentuk angket dengan menggunakan skala pemeringkatan Likert dan diberikan setelah pembelajaran. Setiap responden memberikan respon dari setiap pernyataan dengan pilihan empat skala sikap, yaitu tidak baik, kurang baik, cukup baik, hingga baik sekali terhadap setiap langkah pembelajaran yang telah dilaksanakan.

Sebelum digunakan dalam penelitian, instrumen kepraktisan model pembelajaran PRISMA-E'xi divalidasi oleh para ahli. Proses validasi dilakukan untuk memastikan bahwa instrumen kepraktisan layak digunakan dalam konteks implementasi model pembelajaran. Penilaian ahli mencakup aspek keterbacaan, kesesuaian isi, dan kemudahan penggunaan. Adapun hasilnya secara ringkas disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil validasi lembar observasi keterlaksanaan model pembelajaran PRISMA-E'xi

Validator	Kesimpulan Validasi	Komentar/Saran/Perbaikan
I	Layak Digunakan	-
II	Layak Digunakan dengan Perbaikan	Sebaiknya setiap aspek pengamatan disusun mengikuti urutan sintaks model PRISMA-E'xi secara lebih eksplisit agar memudahkan observer memahami alur pembelajaran. Penggunaan istilah juga perlu konsisten dengan buku model
III	Layak Digunakan dengan Perbaikan	Disarankan agar setiap komponen observasi, khususnya pada sintaks dan sistem sosial, secara eksplisit mengacu pada karakteristik model PRISMA-E'xi seperti integrasi multi representasi, pendekatan berbasis proyek, dan STEM-EDP
IV	Layak Digunakan	-
V	Layak Digunakan	-

Berdasarkan hasil validasi dari lima validator terhadap lembar observasi keterlaksanaan model pembelajaran PRISMA-E'xi (Tabel 8), diperoleh kesimpulan bahwa instrumen tersebut layak digunakan. Lembar observasi keterlaksanaan model pembelajaran PRISMA-E'xi ini dapat digunakan setelah dilakukan revisi minor sesuai masukan ahli.

Tabel 9. Hasil validasi lembar observasi kemampuan pendidik dalam pengelolaan pembelajaran dengan model pembelajaran PRISMA-E'xi

Validator	Kesimpulan Validasi	Komentar/Saran/Perbaikan
I	Layak Digunakan dengan Perbaikan	Beberapa indikator masih terlihat panjang dan kompleks. Disarankan untuk menyederhanakan redaksi tanpa kehilangan makna, agar lebih praktis digunakan oleh observer saat pengamatan langsung di kelas
II	Layak Digunakan dengan Perbaikan	Disarankan untuk menambahkan indikator tentang kemampuan pendidik dalam mengatur alokasi waktu
III	Layak Digunakan dengan Perbaikan	Pada bagian 'Penggunaan Teknologi dan Media', sebaiknya disebutkan contoh teknologi yang relevan, agar memandu observer dalam menilai
IV	Layak Digunakan	-
V	Layak Digunakan	-

Berdasarkan hasil validasi dari lima validator terhadap lembar observasi kemampuan pendidik dalam pengelolaan pembelajaran dengan model pembelajaran PRISMA-E'xi (Tabel 9), diperoleh kesimpulan bahwa instrumen tersebut layak digunakan. Lembar observasi ini dapat digunakan setelah dilakukan revisi minor sesuai masukan ahli.

Tabel 10. Hasil validasi lembar observasi aktivitas peserta didik

Validator	Kesimpulan Validasi	Komentar/Saran/Perbaikan
I	Layak Digunakan dengan Perbaikan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Isi lembar observasi masih perlu disesuaikan dengan enam sintaks utama PRISMA-E'xi secara eksplisit untuk menjaga keterkaitan dengan desain model 2. Bahasa dalam lembar observasi sudah cukup komunikatif, tetapi ada beberapa kalimat yang bisa diringkas agar lebih efektif dan tidak repetitif
II	Layak Digunakan dengan Perbaikan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aspek yang dinilai sebaiknya diperluas dengan menambahkan dimensi partisipasi aktif peserta didik secara eksplisit 2. Beberapa kalimat yang belum menggambarkan aktivitas peserta didik secara langsung, sebaiknya rumusan diubah menjadi lebih aktif dan berbasis perilaku yang teramati.
III	Layak Digunakan	Perlu disederhanakan untuk meningkatkan efektivitas penggunaannya di kelas yang dinamis dan terbatas waktu
IV	Layak Digunakan	-
V	Layak Digunakan	-

Berdasarkan hasil validasi dari lima validator terhadap lembar observasi aktivitas peserta didik dalam pembelajaran dengan model pembelajaran PRISMA-E'xi (Tabel 10), diperoleh kesimpulan bahwa instrumen tersebut layak digunakan. Dengan demikian, lembar observasi ini dapat digunakan setelah dilakukan revisi minor sesuai masukan ahli.

Tabel 11. Hasil validasi angket respon pendidik terhadap model pembelajaran PRISMA-E'xi

Validator	Kesimpulan Validasi	Komentar/Saran/Perbaikan
I	Layak Digunakan dengan Perbaikan	Perbaiki aspek penilaian, buat lebih spesifik
II	Layak Digunakan dengan Perbaikan	Tambahkan pernyataan tentang kepuasan dan rekomendasi penerapan model PRISMA-E'xi
III	Layak Digunakan	-
IV	Layak Digunakan	-
V	Layak Digunakan	-

Berdasarkan hasil validasi dari lima validator terhadap angket respon pendidik terhadap model pembelajaran PRISMA-E'xi (Tabel 11), diperoleh kesimpulan bahwa instrumen tersebut layak digunakan. Angket ini dapat digunakan setelah dilakukan revisi minor sesuai masukan ahli.

Tabel 12. Hasil validasi angket respon peserta didik terhadap model pembelajaran PRISMA-E'xi

Validator	Kesimpulan Validasi	Komentar/Saran/Perbaikan
I	Layak Digunakan dengan Perbaikan	Kurangi item pernyataan dan sederhanakan redaksi agar mudah dipahami oleh peserta didik
II	Layak Digunakan dengan Perbaikan	Uraikan bentuk representasi yang dimaksud secara detail
III	Layak Digunakan	-
IV	Layak Digunakan	-
V	Layak Digunakan dengan Perbaikan	Gunakan bahasa yang komunikatif dan mudah dipahami

Berdasarkan hasil validasi dari lima validator terhadap angket respon peserta didik terhadap model pembelajaran PRISMA-E'xi (Tabel 12), diperoleh kesimpulan bahwa instrumen tersebut layak digunakan. Angket ini dapat digunakan setelah dilakukan revisi minor sesuai masukan ahli. Dengan demikian, berdasarkan hasil penilaian ahli diketahui bahwa instrumen untuk mengukur kepraktisan model

“layak digunakan” dalam penelitian, namun dengan beberapa perbaikan berdasarkan saran dari validator. Hasil perbaikan terhadap instrumen dikonsultasikan kembali kepada kelima validator sampai kelima validator menyatakan bahwa instrumen “layak digunakan” dalam penelitian. Validasi secara berulang ini dilakukan untuk memastikan bahwa instrumen benar-benar merepresentasikan aspek kepraktisan secara tepat dan komprehensif.

d. Keefektifan Produk

Data keefektifan produk digunakan untuk mengetahui efektifitas penerapan model pembelajaran PRISMA- E’xi. Pada tahap ini digunakan tes untuk mengukur kemampuan CPS. Sebelum digunakan, instrumen keefektifan model divalidasi oleh ahli. Adapun hasilnya secara ringkas disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Hasil validasi tes kemampuan CPS

Validator	Kesimpulan Validasi	Komentar/Saran/Perbaikan
I	Layak Digunakan dengan Perbaikan	<ol style="list-style-type: none"> Sebagian besar butir soal sudah mencerminkan indikator CPS seperti <i>idea finding</i> dan <i>solution finding</i>. Namun, perlu ditambahkan lebih banyak soal yang berorientasi pada <i>acceptance finding</i>, karena aspek ini masih kurang terwakili secara eksplisit. Susunan soal sudah sistematis, tetapi alur berpikir peserta didik akan lebih optimal jika disediakan pengantar kontekstual pada awal paket soal untuk membangun keterkaitan dengan dunia nyata atau skenario proyek.
II	Layak Digunakan dengan Perbaikan	<ol style="list-style-type: none"> Secara umum, bahasa soal sudah cukup komunikatif, tetapi masih ada beberapa istilah fisika dan istilah proyek berbasis STEM yang bisa disederhanakan. Instruksi di beberapa soal terlalu panjang dan bisa menyebabkan kebingungan pada peserta didik. Disarankan untuk membagi kalimat panjang menjadi beberapa kalimat pendek dan eksplisit.
III	Layak Digunakan	-
IV	Layak Digunakan dengan Perbaikan	<ol style="list-style-type: none"> Beberapa soal yang belum cukup menantang untuk membedakan peserta didik dengan tingkat kemampuan tinggi dan rendah (kurang memiliki daya diskriminasi) Perlu ditambahkan soal yang mendorong penalaran tingkat tinggi dan pemecahan masalah terbuka (<i>open-ended</i>), agar instrumen ini benar-benar mengukur kemampuan berpikir kreatif dan reflektif. Disarankan agar masing-masing CPS diwakili oleh minimal dua soal yang berkualitas tinggi, agar distribusi indikator lebih merata dan instrumen dapat digunakan dalam analisis konstruk.
V	Layak Digunakan	-

Berdasarkan hasil validasi dari lima validator terhadap tes kemampuan CPS (Tabel 13), diperoleh kesimpulan bahwa instrumen tersebut layak digunakan. Tes ini dapat digunakan setelah dilakukan revisi minor sesuai masukan ahli. Dengan demikian, berdasarkan hasil penilaian ahli diketahui bahwa instrumen untuk mengukur keefektifan model “layak digunakan” dalam penelitian, namun dengan beberapa perbaikan berdasarkan saran dari validator. Hasil perbaikan terhadap instrumen dikonsultasikan kembali kepada kelima validator sampai kelima validator menyatakan bahwa instrumen “layak digunakan” dalam penelitian.

2. Teknik Analisis Data

a. Tahap Studi Pendahuluan

Pada tahap studi pendahuluan data diperoleh dari hasil studi literatur dan studi lapangan. Pada studi literatur, data berupa database artikel jurnal yang kemudian dipelajari, dipetakan, dan dianalisis serta dideskripsikan secara kuantitatif. Studi literatur ini bertujuan untuk mengidentifikasi landasan teoritis dan celah penelitian yang mendasari pengembangan model. Selanjutnya, data lapangan yang diperoleh berupa persentase analisis kebutuhan responden terhadap model pembelajaran PRISMA-E'xi dan data kemampuan CPS peserta didik. Data tersebut kemudian dianalisis dan diinterpretasikan secara kuantitatif. Oleh karena itu, pada tahap studi pendahuluan, analisis yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif.

b. Tahap Pengembangan

1) Analisis Data Validasi Rancangan Produk

Data yang diperoleh dari lembar validasi yang telah diisi oleh para validator dianalisis melalui beberapa tahapan sistematis. Tahap pertama adalah melakukan klasifikasi data untuk mengelompokkan hasil penilaian berdasarkan indikator atau aspek yang dinilai. Proses klasifikasi ini penting untuk memastikan bahwa setiap aspek yang divalidasi dapat dianalisis secara terfokus dan terarah. Selanjutnya, data ditabulasi berdasarkan klasifikasi tersebut guna memberikan gambaran mengenai frekuensi dan kecenderungan jawaban pada setiap butir pernyataan angket, sesuai jumlah responden. Tabulasi ini memudahkan dalam

mengidentifikasi pola atau konsistensi penilaian antar validator. Pada tahap berikutnya, setiap jawaban dari validator diberikan skor berdasarkan skala Likert, dengan rincian sebagai berikut: sangat valid (skor 5), valid (skor 4), cukup valid (skor 3), kurang valid (skor 2), dan tidak valid (skor 1). Setelah semua jawaban diberi skor, jumlah skor validasi dihitung secara keseluruhan. Kemudian, dilakukan perhitungan persentase untuk menentukan tingkat validitas instrumen menggunakan rumus:

$$\text{Validasi (V)} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor Maksimal}} \times 100\%$$

Keterangan:

Skor yang diperoleh = total nilai yang diberikan oleh validator

Skor Maksimal = jumlah butir instrument x skor tertinggi pada skala x
jumlah validator

Kriteria validasi disesuaikan dengan skala Likert 1–5, di mana skor terendah yang mungkin diperoleh adalah 20%. Oleh karena itu, kategori validasi dirancang dalam rentang 20–100% dengan pembagian interval yang merata sesuai prinsip proporsionalitas (Arikunto, 2021). Kriteria penilaian validasi model pembelajaran PRISMA-E'xi disajikan pada Tabel 14.

Tabel 14. Kriteria penilaian validasi

Persentase	Kriteria
$84,00 < V \leq 100,00$	Sangat Valid
$68,00 < V \leq 84,00$	Valid
$52,00 < V \leq 68,00$	Cukup Valid
$36,00 < V \leq 52,00$	Kurang Valid
$20,00 \leq V \leq 36,00$	Tidak Valid

Kegiatan validasi dari para ahli dilakukan lebih dari satu kali apabila hasil penilaian menunjukkan bahwa isi dan konstruk model maupun perangkat pembelajaran masih memerlukan perbaikan atau mendapatkan kategori kurang/tidak valid. Namun, jika model dan perangkat sudah dinyatakan valid/sangat valid oleh para ahli, maka validasi kedua tidak perlu dilakukan dan instrumen dinyatakan siap untuk digunakan/diujicobakan. Setiap proses validasi

dilakukan dengan mempertimbangkan masukan ahli secara sistematis agar hasil revisi benar-benar meningkatkan kualitas produk. Produk hasil perbaikan selanjutnya diberi nama prototipe produk II, yang selanjutnya siap untuk dilanjutkan ke tahapan uji coba terbatas. Dengan demikian, model beserta perangkat dinyatakan valid apabila validitas isi dan validitas konstruk memperoleh persentase minimal 69% (kategori “valid”).

2) Analisis Data Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen

Khusus untuk instrumen tes, yaitu tes kemampuan CPS, selain divalidasi secara isi dan konstruk, instrumen terlebih dahulu diujicobakan untuk melihat validitas dan reliabilitasnya. Instrumen diujicobakan kepada 35 peserta didik kelas XI dari salah satu SMAN 1 Padang Cermin Pesawaran yang sebelumnya telah memiliki pengetahuan tentang materi fluida. Proses validasi melibatkan lima validator ahli yang dipilih berdasarkan kualifikasi akademik, pengalaman yang luas dalam penilaian pendidikan, serta latar belakang penelitian dalam bidang pemecahan masalah dan pendidikan fisika. Peserta dalam uji coba dipilih melalui teknik *purposive sampling* untuk memastikan bahwa peserta didik memahami materi yang diuji. Peserta didik menjawab 20 soal berbentuk esai dalam waktu yang telah ditentukan. Data yang diperoleh dari uji coba ini digunakan untuk analisis lebih lanjut.

Data hasil uji coba dianalisis menggunakan model Rasch dengan bantuan perangkat lunak Winsteps software (Bond, 2015; Linacre, 2002). Sebelum melakukan analisis lebih lanjut menggunakan model Rasch, penting untuk memastikan bahwa instrumen memenuhi asumsi unidimensionalitas dan independensi lokal. Uji unidimensionalitas dilakukan menggunakan perangkat lunak Winsteps, dengan fokus pada keluaran dimensi untuk menilai proporsi varians yang dijelaskan oleh model. Hasil analisis unidimensionalitas instrumen ditunjukkan pada Gambar 5.

INPUT: 35 PERSON 20 ITEM REPORTED: 35 PERSON 20 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.7.3.0

Table of STANDARDIZED RESIDUAL variance in Eigenvalue units = ITEM information units				
	Eigenvalue	Observed	Expected	
Total raw variance in observations =	27.1856	100.0%	100.0%	
Raw variance explained by measures =	7.1856	26.4%	26.8%	
Raw variance explained by persons =	5.2172	19.2%	19.4%	
Raw Variance explained by items =	1.9685	7.2%	7.3%	
Raw unexplained variance (total) =	20.0000	73.6%	100.0%	73.2%
Unexplnd variance in 1st contrast =	3.0909	11.4%	15.5%	
Unexplnd variance in 2nd contrast =	2.6543	9.8%	13.3%	
Unexplnd variance in 3rd contrast =	2.1398	7.9%	10.7%	
Unexplnd variance in 4th contrast =	2.0122	7.4%	10.1%	
Unexplnd variance in 5th contrast =	1.6871	6.2%	8.4%	

Gambar 5. Analisis unidimensionalitas instrumen penilaian kemampuan CPS

Hasil analisis pada Gambar 5 menunjukkan bahwa model Rasch menjelaskan 26,4% dari total varians dalam instrumen penilaian kemampuan CPS, yang melampaui ambang batas minimal 20% untuk memenuhi asumsi unidimensionalitas (Islam *et al.*, 2020). Mengingat sistem penskoran yang bersifat politomus, nilai ini cukup untuk memastikan bahwa instrumen tersebut secara dominan mengukur kemampuan CPS dalam pembelajaran fisika. Varians tak terjelaskan pada kontras pertama sebesar 11,4%, yang meskipun menunjukkan adanya residu varians, tetap berada di bawah ambang 15%, sehingga mengindikasikan bahwa dimensi sekunder tidak secara signifikan memengaruhi fokus pengukuran instrumen (Li *et al.*, 2024; Park, 2021). Temuan ini menegaskan bahwa instrumen penilaian kemampuan CPS memenuhi asumsi unidimensionalitas, sehingga valid untuk digunakan dalam asesmen pembelajaran fisika. Hal ini menunjukkan bahwa desain butir dalam instrumen tersebut telah berhasil memfokuskan pengukuran pada satu konstruk utama, yakni kemampuan CPS.

Analisis kecocokan butir (*item fit*) mengungkapkan bahwa mayoritas butir soal berada dalam rentang yang sesuai dengan ekspektasi model Rasch. Hasil ini menunjukkan bahwa sebagian besar item memiliki tingkat kecocokan yang baik terhadap model, yang berarti item-item tersebut mampu berfungsi secara optimal dalam mengukur konstruk yang hendak dinilai. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa instrumen tes secara keseluruhan memiliki kualitas psikometrik yang memadai, ditandai dengan distribusi tingkat kesulitan item yang terkalibrasi secara tepat dan konsisten dalam merepresentasikan kemampuan yang diukur. Analisis kecocokan butir disajikan pada Tabel 15.

Tabel 15. Analisis kecocokan butir

Soal	MNSQ	ZSTD	PTMA	MNSQ	ZSTD	PTMA	Kesimpulan
P1	1.4347	1.8414	0.3504	fit	fit	misfit	FIT
P2	0.2709	-4.8397	0.6761	misfit	misfit	fit	FIT
P3	1.4786	1.9715	0.4828	fit	fit	fit	FIT
P4	1.1679	0.7912	0.3929	fit	fit	misfit	FIT
P5	0.79	-0.9892	0.4291	fit	fit	fit	FIT
P6	0.7065	-1.4493	0.7079	fit	fit	fit	FIT
P7	0.7957	-0.9892	0.561	fit	fit	fit	FIT
P8	0.5245	-2.7395	0.557	fit	misfit	fit	FIT
P9	1.1057	0.5411	0.6431	fit	fit	fit	FIT
P10	0.8365	-0.7592	0.3699	fit	fit	misfit	FIT
P11	1.1576	0.7912	0.5401	fit	fit	fit	FIT
P12	1.1932	0.9512	0.387	fit	fit	misfit	FIT
P13	1.0147	0.141	0.5132	fit	fit	fit	FIT
P14	1.0645	0.3711	0.4396	fit	fit	fit	FIT
P15	1.4764	2.0515	0.0848	fit	misfit	misfit	FIT
P16	0.8905	-0.4691	0.4342	fit	fit	fit	FIT
P17	0.7957	-0.9892	0.5183	fit	fit	fit	FIT
P18	1.2727	1.2813	0.3584	fit	fit	misfit	FIT
P19	1.0006	0.071	0.4561	fit	fit	fit	FIT
P20	1.1887	0.9312	0.4869	fit	fit	fit	FIT

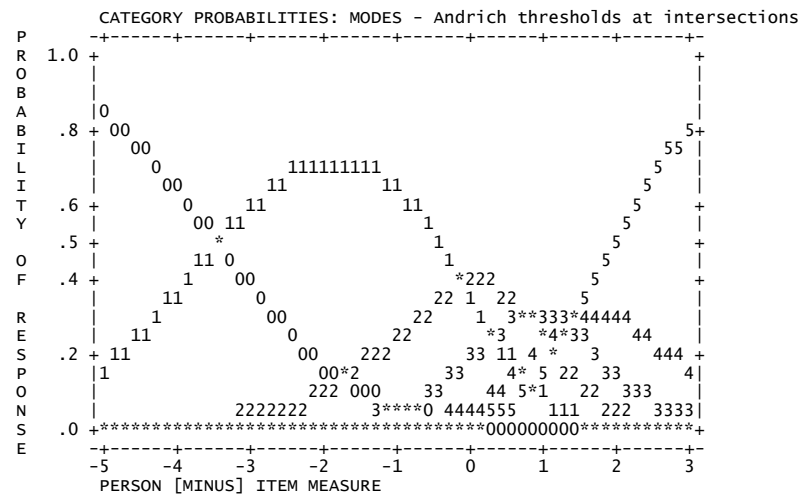
Berdasarkan Tabel 15, terdapat dua butir soal, yaitu P2 dan P15, yang menonjol karena hanya memenuhi satu dari kriteria kecocokan yang ditetapkan. Meskipun tetap diklasifikasikan sebagai *fit*, keterpaduannya dengan model yang kurang optimal memerlukan perhatian lebih lanjut. Item-item ini mungkin perlu ditelaah lebih dalam untuk melihat apakah pola responsnya menunjukkan ketidaksesuaian antar kelompok peserta, yang dapat disebabkan oleh bias kontekstual atau perbedaan penafsiran berdasarkan karakteristik demografis. Untuk menjamin keadilan dan validitas asesmen, analisis *Differential Item Functioning* (DIF) direkomendasikan. Analisis ini akan membantu mengidentifikasi apakah ada item yang menunjukkan bias terhadap kelompok tertentu, seperti gender. Jika ditemukan efek DIF yang signifikan, maka revisi atau penggantian item perlu dilakukan untuk menjaga integritas tes. Meskipun terdapat beberapa perhatian kecil, distribusi kecocokan butir secara umum menunjukkan bahwa instrumen tersusun dengan baik. Sebagian besar item mampu membedakan peserta berdasarkan tingkat kemampuan, sehingga mendukung reliabilitas dan ketepatan pengukuran tes.

Evaluasi skala penskoran pada rubrik penilaian dilakukan dengan menganalisis *Andrich Thresholds* untuk menentukan apakah kategori skor dapat membedakan kemampuan peserta secara efektif. Idealnya, jarak antar ambang batas berada dalam rentang 1,4 hingga 5,0 logit. Hasil analisis menunjukkan bahwa beberapa kategori memiliki jarak ambang yang terlalu kecil, terutama pada transisi dari nilai 2 ke 3 (0,80 logit), 3 ke 4 (0,55 logit), dan 4 ke 5 (0,13 logit), sehingga perlu digabungkan. Ketidaksesuaian jarak ini mencerminkan potensi tumpang tindih persepsi penilai terhadap kemampuan peserta di level-level tersebut. Sementara itu, kategori skor 0, 1, dan 2 memenuhi kriteria dan dapat dipertahankan. Evaluasi skala penskoran dalam rubrik penilaian disajikan pada Tabel 16. Temuan ini menunjukkan bahwa skala penskoran pada level menengah belum cukup sensitif dalam membedakan capaian kemampuan peserta secara rinci.

Tabel 16. Evaluasi skala penskoran dalam rubrik penilaian

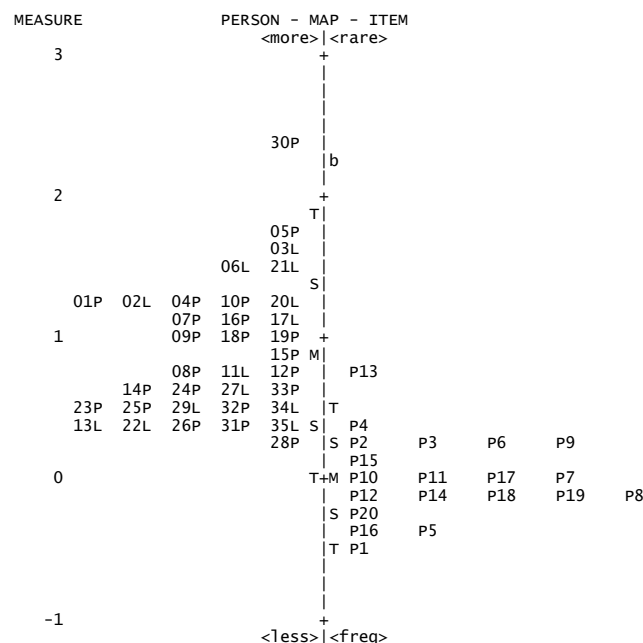
Transisi Nilai	<i>Lower Threshold</i>	<i>Upper Threshold</i>	<i>Andrich Threshold Distance</i>	Rekomendasi
Rating 0 to 1	0	-3,43	3,43	Pertahankan
Rating 1 to 2	-3,43	-0,05	-3,38	Pertahankan
Rating 2 to 3	-0,05	0,75	0,80	Gabungkan
Rating 3 to 4	0,75	1,3	0,55	Gabungkan
Rating 4 to 5	1,3	1,43	0,13	Gabungkan

Kurva probabilitas kategori mendukung rekomendasi ini, karena hanya kategori 0, 1, 2, dan 5 yang menunjukkan puncak distribusi yang jelas, sedangkan kategori 3 dan 4 tidak membentuk pola probabilitas yang cukup jelas. Hal ini mengindikasikan bahwa peserta didik kesulitan membedakan secara konsisten antara kategori menengah tersebut. Ketidakjelasan ini dapat mengganggu interpretasi terhadap kemampuan sebenarnya yang dimiliki peserta. Oleh karena itu, disarankan untuk mengubah skala penskoran dari enam kategori menjadi empat dengan menggabungkan kategori 3, 4, dan 5 menjadi satu kategori (nilai 3). Penyesuaian ini diharapkan dapat meningkatkan validitas skala penilaian dalam memetakan kemampuan peserta didik secara lebih akurat.



Gambar 6. Grafik *Andrich Threshold* pada titik perpotongan kategori

Peta Wright (*Wright Map*) pada Gambar 6 memberikan gambaran komprehensif mengenai keseimbangan antara tingkat kemampuan responden dan tingkat kesulitan item dalam satu skala yang sama. Distribusi responden di sisi kiri menunjukkan bahwa sebagian besar peserta memiliki kemampuan yang cukup baik, dengan rentang logit antara 0 hingga 2. Sementara itu, di sisi kanan, distribusi item mencerminkan rentang kesulitan yang cukup luas dan tersebar dengan baik, menandakan bahwa instrumen ini efektif mengukur kemampuan peserta didik.



Gambar 7. *Wirght Map (Person-Item map)*

Gambar 7 menunjukkan bahwa pada level M (+2 SD), terdapat satu peserta (30P) yang memiliki kemampuan sangat tinggi dibandingkan peserta lainnya. Tidak ada item pada level ini, yang menunjukkan bahwa tidak ada soal yang cukup sulit untuk membedakan individu dengan kemampuan ekstrem tersebut. Pada rentang S (+1 SD) hingga M (*Mean*), beberapa peserta (05P, 03L, 06L, 21L) menunjukkan kemampuan tinggi, dan terdapat beberapa item pada rentang ini. Antara M (*Mean*) dan -S (-1 SD), distribusi peserta dan item relatif seimbang. Pada \leq -S (-1 SD), beberapa peserta memiliki kemampuan rendah dan beberapa item juga berada pada rentang ini, menandakan item-item tersebut lebih mudah dan dapat dijawab oleh sebagian besar peserta didik. Secara keseluruhan, *Wright Map* menunjukkan distribusi kemampuan peserta yang relatif seimbang dengan penyebaran tingkat kesulitan item yang baik. Namun, terdapat sedikit ketimpangan pada level kemampuan tertinggi, di mana peserta didik dengan kemampuan sangat tinggi tidak memiliki soal yang cukup menantang.

Table 17. Statistik reliabilitas dan pemisahan responden dan item

	Rerata Logit (SD)	Pemisahan	Reliabilitas	Alpha Cronbach
<i>Person</i>	0,89 (0,48)	1,92	0,79	0,81
<i>Item</i>	0,00 (0,28)	1,35	0,65	

Analisis pemisahan responden dan item pada Tabel 17 memberikan wawasan tentang efektivitas instrumen dalam membedakan tingkat kemampuan. Indeks pemisahan responden sebesar 1,92 menunjukkan bahwa instrumen mampu mengelompokkan peserta ke dalam dua kelompok kemampuan yang berbeda. Reliabilitas responden sebesar 0,79 menguatkan konsistensi klasifikasi ini. Nilai Alpha Cronbach sebesar 0,81 menegaskan konsistensi internal yang baik. Di sisi item, indeks pemisahan sebesar 1,35 menunjukkan bahwa variasi kesulitan item belum setajam perbedaan kemampuan peserta. Reliabilitas item sebesar 0,65 menunjukkan tingkat konsistensi sedang, dan pengkalibrasian ulang mungkin dibutuhkan agar struktur instrumen lebih optimal. Secara keseluruhan, indikator reliabilitas ini menunjukkan bahwa instrumen telah dikembangkan dengan baik dan

mampu membedakan kemampuan peserta secara bermakna. Meskipun sudah menunjukkan reliabilitas yang kuat, kalibrasi lanjutan terutama pada kesulitan item dapat meningkatkan efektivitas instrumen lebih jauh.

Distribusi kesulitan item dalam instrumen ini menunjukkan rentang tingkat kesulitan yang seimbang, dari kategori “Sangat Mudah” hingga “Sangat Sulit.” Distribusi kesulitan item dalam instrument disajikan pada Tabel 18.

Table 18. *The distribution of item difficulty*

Kategori	Rentang	Soal
Sangat Sulit	> 1 SD	P3, P4, P13,
Sulit	Mean s/d 1 SD	P2, P6, P9, P10, P15
Mudah	-1 SD s/d mean	P7, P8, P11, P12, P14, P17, P18, P19, P20
Sangat Mudah	< -1 SD	P1, P5, P16

Berdasarkan Tabel 18, beberapa item tergolong “Sangat Mudah,” seperti P1 (-0,47), P5 (-0,43), dan P16 (-0,38), yang kemungkinan besar dapat dijawab dengan benar oleh sebagian besar peserta didik. Sebaliknya, beberapa butir soal dikategorikan sebagai “Sangat Sulit,” seperti P3 (0,3), P4 (0,33), dan P13 (0,7). Butir-butir ini dirancang untuk menantang peserta dengan kemampuan tinggi dan membedakannya dari peserta dengan kemampuan sedang atau rendah. Namun, jumlah item dengan tingkat kesulitan tinggi yang berlebihan dapat menyebabkan ketidakseimbangan yang berpotensi menghambat penilaian terhadap peserta dengan kemampuan rendah.

Kategori “Sulit” mencakup item-item seperti P2 (0,2), P6 (0,2), P9 (0,28), P10 (0,06), dan P15 (0,09). Butir-butir ini berfungsi sebagai jembatan antara item yang lebih mudah dan lebih sulit, sehingga berkontribusi terhadap distribusi tingkat kesulitan yang lebih merata dalam instrumen. Keberadaan butir dengan tingkat kesulitan sedang hingga tinggi sangat penting untuk membedakan peserta dengan kemampuan tinggi dari yang lainnya. Sebagian besar butir soal diklasifikasikan sebagai “Mudah,” seperti P7 (-0,03), P8 (-0,12), P11 (-0,05), P12 (-0,1), P14 (-0,15), P17 (-0,03), P18 (-0,08), P19 (-0,08), dan P20 (-0,24). Butir-butir ini membantu memastikan bahwa peserta dengan kemampuan rata-rata tetap dapat menunjukkan pemahamannya tanpa menghadapi tantangan yang berlebihan. Secara

keseluruhan, distribusi tingkat kesulitan butir menunjukkan keseimbangan yang baik antara butir-butir yang mudah dan sulit. Namun demikian, diperlukan analisis lanjutan untuk memastikan bahwa butir yang tergolong “Sangat Sulit” maupun “Sangat Mudah” tidak mendominasi secara berlebihan, agar kemampuan instrumen dalam menilai kompetensi peserta tetap optimal.

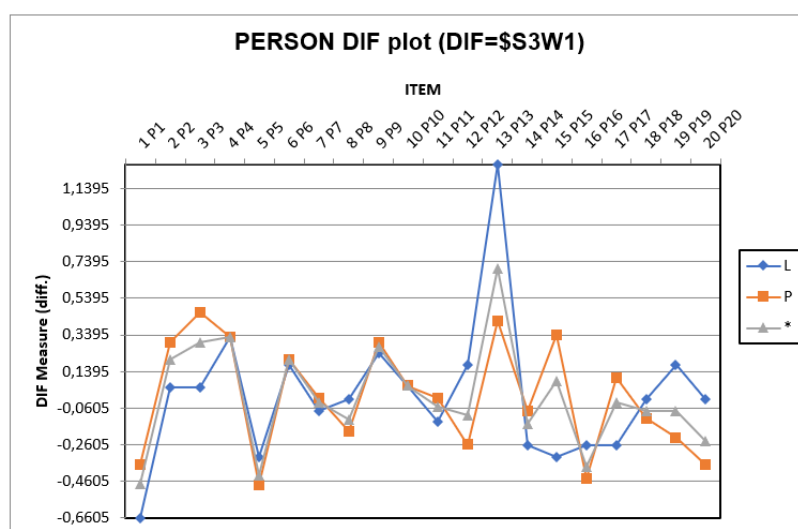
Hasil analisis DIF (*Differential Item Functioning*) menunjukkan bahwa sebagian besar butir tidak menunjukkan bias yang signifikan antar kelompok. Kesimpulan ini didasarkan pada nilai probabilitas (*p-value*) yang melebihi ambang batas 0,05 untuk hampir semua butir. Artinya, sebagian besar soal bekerja secara adil dan setara terhadap kelompok yang dibandingkan. Namun, butir P13 memiliki *p-value* sebesar 0,0357, yang berada di bawah 0,05 dan mengindikasikan adanya potensi bias. Selain itu, butir P15 memiliki *p-value* sebesar 0,0511, yang mendekati ambang batas dan perlu mendapatkan perhatian lebih lanjut. Diperlukan penelaahan kualitatif lebih lanjut terhadap konteks dan redaksi butir tersebut untuk memastikan kesetaraan interpretasi di antara kelompok yang berbeda. Hasil analisis *Differential Item Functioning* (DIF) disajikan pada Gambar 8.

PERSON CLASSES	SUMMARY DIF CHI-SQUARED	D.F.	PROB.	BETWEEN-CLASS/GROUP UNWTD	MNSQ	ZSTD	ITEM Number	Name
2	.7432	1	.3886	.7841	.31		1	P1
2	.5704	1	.4501	.5961	.14		2	P2
2	1.5011	1	.2205	1.6063	.83		3	P3
2	.0000	1	1.0000	.0085	-1.22		4	P4
2	.2307	1	.6310	.2401	-.33		5	P5
2	.0099	1	.9209	.0172	-1.10		6	P6
2	.0474	1	.8276	.0485	-.88		7	P7
2	.2985	1	.5848	.3116	-.21		8	P8
2	.0290	1	.8648	.0296	-.99		9	P9
2	.0000	1	1.0000	.0032	-1.34		10	P10
2	.1697	1	.6804	.1755	-.46		11	P11
2	1.7786	1	.1823	1.9232	.99		12	P12
2	4.4091	1	.0357	5.0706	1.99		13	P13
2	.3332	1	.5638	.3427	-.17		14	P14
2	3.8055	1	.0511	4.3086	1.80		15	P15
2	.3171	1	.5734	.3292	-.19		16	P16
2	1.2727	1	.2593	1.3587	.70		17	P17
2	.1027	1	.7486	.1068	-.64		18	P18
2	1.5049	1	.2199	1.6161	.84		19	P19
2	1.2088	1	.2716	1.2963	.66		20	P20

Gambar 8. Hasil analisis *Differential Item Functioning* (DIF)

Plot ukuran DIF pada Gambar 9 semakin mendukung temuan ini, dengan menunjukkan penyimpangan yang mencolok pada butir P13 dan P15 dibandingkan butir lainnya. Grafik tersebut memperlihatkan adanya perbedaan respons yang

signifikan antara peserta laki-laki dan perempuan, yang memperkuat indikasi adanya potensi bias pada kedua butir tersebut. Hasil ini menunjukkan bahwa butir P13 memiliki DIF yang signifikan secara statistik, sementara butir P15 berada pada ambang batas. Oleh karena itu, diperlukan peninjauan ulang terhadap konstruksi dan relevansi konteks kedua butir tersebut agar tidak merugikan kelompok tertentu.



Gambar 9. Grafik analisis DIF berdasarkan jenis kelamin (L: Laki-laki, P: Perempuan)

Berdasarkan hasil analisis ini, butir P13 dan butir P15 dibuang sehingga diperoleh 18 soal tes yang digunakan dalam penelitian untuk mengukur kemampuan CPS peserta didik.

c. Tahap Uji Coba Lapangan

1) Uji Coba Terbatas

Uji coba terbatas berfokus untuk menguji kepraktisan dari model dan perangkat model pembelajaran yang dikembangkan. Dalam penelitian ini, data kepraktisan diperoleh dari hasil observasi keterlaksanaan model, observasi kemampuan pendidik dalam mengelola pembelajaran dan respon pendidik dan peserta didik setelah diterapkan model. Seluruh proses uji coba dilaksanakan dalam konteks pembelajaran riil untuk merepresentasikan kondisi implementasi sebenarnya. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif kualitatif dan kuantitatif.

a) Analisis Keterlaksanaan Model

Data keterlaksanaan model diperoleh dari hasil observasi yang dilakukan oleh observer yang melakukan pengamatan selama proses pembelajaran. Selanjutnya, data dianalisis dengan menghitung jumlah skor yang diberikan observer untuk setiap indikator pengamatan, kemudian dihitung persentase ketercapaian dengan persamaan berikut.

$$\text{Keterlaksanaan Model (P)} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor Maksimal}} \times 100\%$$

Keterangan:

Skor yang diperoleh = total nilai yang diberikan oleh observer

Skor Maksimal = jumlah butir instrument x skor tertinggi pada skala x
jumlah observer

Penilaian keterlaksanaan model dilakukan menggunakan skala Likert 1–4, sehingga skor minimum teoritis yang mungkin diperoleh adalah 25%. Oleh karena itu, kriteria keterlaksanaan model disesuaikan dengan rentang nilai 25%–100%, dan dibagi menjadi lima kategori sesuai prinsip proporsionalitas (Arikunto, 2021). Kriteria keterlaksanaan model pembelajaran PRISMA-E’xi terdapat pada Tabel 19.

Tabel 19. Kriteria keterlaksanaan model

Persentase	Kriteria
$90,00 < P \leq 100,00$	Sangat Baik
$75,00 < P \leq 90,00$	Baik
$60,00 < P \leq 75,00$	Cukup Baik
$45,00 < P \leq 60,00$	Kurang Baik
$25,00 \leq P \leq 45,00$	Tidak Baik

b) Analisis kemampuan pendidik dalam mengelola pembelajaran

Data kemampuan pendidik dalam mengelola pembelajaran diperoleh dari hasil observasi yang dilakukan oleh observer yang melakukan pengamatan selama proses pembelajaran. Selanjutnya, data dianalisis dengan menghitung jumlah skor yang diberikan observer untuk setiap indikator pengamatan, kemudian dihitung persentase ketercapaian dengan persamaan berikut.

$$\text{Kemampuan Pendidik (P)} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor Maksimal}} \times 100\%$$

Keterangan:

Skor yang diperoleh = total nilai yang diberikan oleh observer

Skor Maksimal = jumlah butir instrument x skor tertinggi pada skala x
jumlah observer

Penilaian kemampuan pendidik dilakukan menggunakan skala Likert 1–4, sehingga skor minimum teoritis yang mungkin diperoleh adalah 25%. Oleh karena itu, kriteria kemampuan pendidik disesuaikan dengan rentang nilai 25%–100%, dan dibagi menjadi lima kategori sesuai prinsip proporsionalitas (Arikunto, 2021). Kriteria kemampuan pendidik dalam mengelola pembelajaran dengan model pembelajaran PRISMA-E'xi disajikan pada Tabel 20.

Tabel 20. Kriteria kemampuan pendidik dalam mengelola pembelajaran

Persentase	Kriteria
$90,00 < P \leq 100,00$	Sangat Baik
$75,00 < P \leq 90,00$	Baik
$60,00 < P \leq 75,00$	Cukup Baik
$45,00 < P \leq 60,00$	Kurang Baik
$25,00 \leq P \leq 45,00$	Tidak Baik

c) Analisis observasi aktivitas peserta didik

Data aktivitas peserta didik diperoleh dari lembar observasi yang diperoleh dari pengamatan selama proses pembelajaran. Data selanjutnya dihitung dan dianalisis dengan menghitung jumlah skor aktivitas peserta didik yang diperoleh dari lembar pengamatan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Nilai Aktivitas Peserta Didik (P)} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor Maksimal}} \times 100\%$$

Keterangan:

Skor yang diperoleh = total nilai yang diberikan oleh observer

Skor Maksimal = jumlah butir instrument x skor tertinggi pada skala x
jumlah observer

Penilaian aktivitas peserta didik dilakukan menggunakan skala Likert 1–4, sehingga skor minimum teoritis yang mungkin diperoleh adalah 25%. Oleh karena itu, kriteria aktivitas peserta didik disesuaikan dengan rentang nilai 25%–100%, dan dibagi menjadi lima kategori sesuai prinsip proporsionalitas (Arikunto, 2021). Kriteria aktivitas peserta didik selama pembelajaran menggunakan model pembelajaran PRISMA-E’xi disajikan pada Tabel 21.

Tabel 21. Kriteria aktivitas peserta didik

Persentase	Kriteria
$90,00 < P \leq 100,00$	Sangat Baik
$75,00 < P \leq 90,00$	Baik
$60,00 < P \leq 75,00$	Cukup Baik
$45,00 < P \leq 60,00$	Kurang Baik
$25,00 \leq P \leq 45,00$	Tidak Baik

d) Analisis Respon Pendidik

Data respon pendidik diperoleh setelah model pembelajaran diterapkan. Instrumen respon berbentuk angket dengan menggunakan skala pemeringkatan Likert. Setiap responden memberikan respon dari setiap pernyataan dengan pilihan empat skala sikap, yaitu tidak setuju, kurang setuju, cukup setuju, hingga sangat setuju. Selanjutnya dihitung persentase respon peserta didik dengan persamaan berikut.

$$\text{Persentase Respon Pendidik (P)} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor Maksimal}} \times 100\%$$

Keterangan:

Skor yang diperoleh = total nilai yang diberikan oleh responden

Skor Maksimal = jumlah butir instrument x skor tertinggi pada skala x
jumlah responden

Penilaian respon pendidik dilakukan menggunakan skala Likert 1–4, sehingga skor minimum teoritis yang mungkin diperoleh adalah 25%. Oleh karena itu, kriteria respon pendidik disesuaikan dengan rentang nilai 25%–100%, dan dibagi menjadi lima kategori sesuai prinsip proporsionalitas (Arikunto, 2021). Kriteria respon pendidik terhadap model pembelajaran PRISMA-E’xi disajikan pada Tabel 22.

Tabel 22. Kriteria respon pendidik

Persentase	Kriteria
$90,00 < P \leq 100,00$	Sangat Setuju
$75,00 < P \leq 90,00$	Setuju
$60,00 < P \leq 75,00$	Cukup Setuju
$45,00 < P \leq 60,00$	Kurang Setuju
$25,00 \leq P \leq 45,00$	Tidak Setuju

e) Analisis Respon Peserta Didik

Data respon peserta didik diperoleh setelah model pembelajaran diterapkan. Instrumen respon berbentuk angket dengan menggunakan skala pemeringkatan Likert. Setiap responden memberikan respon dari setiap pernyataan dengan pilihan lima skala sikap, yaitu tidak setuju, kurang setuju, cukup setuju, hingga sangat setuju. Selanjutnya dihitung persentase respon peserta didik dengan persamaan berikut.

$$\text{Persentase Respon Peserta Didik (P)} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor Maksimal}} \times 100\%$$

Keterangan:

Skor yang diperoleh = total nilai yang diberikan oleh responden

Skor Maksimal = jumlah butir instrument x skor tertinggi pada skala x
jumlah responden

Penilaian respon peserta didik dilakukan menggunakan skala Likert 1–4, sehingga skor minimum teoritis yang mungkin diperoleh adalah 25%. Oleh karena itu, kriteria respon peserta didik disesuaikan dengan rentang nilai 25%–100%, dan dibagi menjadi lima kategori sesuai prinsip proporsionalitas (Arikunto, 2021). Kriteria respon peserta pendidik terhadap model pembelajaran PRISMA-E'xi disajikan pada Tabel 23.

Tabel 23. Kriteria respon peserta didik

Persentase	Kriteria
$90,00 < P \leq 100,00$	Sangat Setuju
$75,00 < P \leq 90,00$	Setuju
$60,00 < P \leq 75,00$	Cukup Setuju
$45,00 < P \leq 60,00$	Kurang Setuju
$25,00 \leq P \leq 45,00$	Tidak Setuju

Dengan demikian, kepraktisan model pembelajaran ditentukan berdasarkan lima aspek: keterlaksanaan model, kemampuan pendidik, aktivitas peserta didik, serta respon pendidik dan peserta didik. Masing-masing aspek dinilai melalui observasi atau angket, lalu dikonversi ke dalam persentase. Model dinyatakan praktis jika seluruh aspek memperoleh persentase minimal 76% (kategori “baik” atau “setuju”). Jika ada aspek yang kurang dari batas tersebut, maka model dianggap belum praktis dan perlu direvisi. Apabila respon yang diperoleh di bawah kategori cukup setuju, maka model dianggap belum praktis dan harus mengalami perbaikan atau revisi dan dilakukan tahapan uji coba kembali.

2) Uji Coba Skala Luas

Uji coba luas berfokus untuk menguji keefektifan model pembelajaran yang telah dikembangkan. Analisis data dilakukan dengan menggunakan analisis statistik inferensial dengan bantuan perangkat lunak Jamovi versi 2.6.24. Pemilihan Jamovi didasarkan pada kemampuannya dalam menyajikan analisis statistik secara komprehensif, intuitif, dan berbasis *open source*. Selain itu, Jamovi mendukung berbagai uji statistik yang dibutuhkan dalam penelitian eksperimen, termasuk uji prasyarat dan uji efektivitas, serta mampu menampilkan *output* yang mudah ditafsirkan untuk kepentingan akademik (Breuninger, 2023; Heo & Van de Schoot, 2020; Shepherd & Richardson, 2024).

Langkah awal analisis melibatkan perhitungan nilai *normalized gain* (*n-gain*) untuk masing-masing peserta didik, yang mencerminkan peningkatan kemampuan CPS relatif terhadap skor maksimum yang mungkin dicapai. Perhitungan mengikuti rumus berikut (Hake, 1998).

$$n - Gain = \frac{Skor\ posttest - Skor\ pretest}{Skor\ maksimal\ ideal - Skor\ pretest}$$

Tabel 24. Kriteria interpretasi *n-gain*

Rerata <i>Gain</i> Ternormalisasi	Kriteria
$g > 0,70$	Tinggi
$0,30 < g \leq 0,70$	Sedang
$g \leq 0,30$	Rendah

Analisis data dalam penelitian ini selanjutnya dilakukan uji asumsi dasar statistik parametrik yang meliputi uji normalitas dan homogenitas varians. Uji normalitas dilakukan dengan *Shapiro–Wilk Test* untuk mengetahui apakah distribusi n-gain setiap kelompok berada dalam distribusi normal. Sedangkan uji homogenitas varians menggunakan *Levene's Test* untuk memastikan kesamaan varians antar kelompok. Data dinyatakan memenuhi syarat parametrik apabila nilai signifikansi (*p-value*) lebih besar dari 0,05.

Setelah asumsi statistik terpenuhi, dilakukan uji *independent sample t-test* untuk membandingkan rata-rata n-gain antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan signifikan dalam peningkatan kemampuan CPS antara kedua kelompok.

H_0 : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata n-gain kemampuan CPS peserta didik yang mengikuti pembelajaran menggunakan model PRISMA-E'xi (kelompok eksperimen) dan peserta didik yang mengikuti pembelajaran konvensional (kelompok kontrol).

H_1 : Terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata n-gain kemampuan CPS peserta didik yang mengikuti pembelajaran menggunakan model PRISMA-E'xi (kelompok eksperimen) dan peserta didik yang mengikuti pembelajaran konvensional (kelompok kontrol).

Sebagai bagian yang tidak terpisahkan dari pengujian efektivitas, analisis dilengkapi dengan penghitungan *effect size* menggunakan rumus *Cohen's d*, yang bertujuan untuk mengukur besarnya pengaruh model PRISMA-E'xi terhadap peningkatan kemampuan CPS. Nilai *effect size* memberikan interpretasi yang lebih dalam terhadap signifikansi statistik, serta menjelaskan dampak praktis dari perlakuan yang diberikan. Interpretasi dilakukan berdasarkan kriteria, yaitu $d \geq 0,20$ (efek kecil), $d \geq 0,50$ (efek sedang), dan $d \geq 0,80$ (efek besar) (Cohen, 1988).

Analisis selanjutnya dilakukan menggunakan uji *one-way ANOVA* untuk mengetahui perbedaan efektivitas model berdasarkan kategori wilayah sekolah (rural, sub-urban, dan urban),

H_0 : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada rata-rata n-gain kemampuan

CPS peserta didik yang belajar dengan model PRISMA-E'xi berdasarkan wilayah sekolah (rural, sub-urban, dan urban).

H₁ : Terdapat setidaknya satu kelompok wilayah (rural, sub-urban, atau urban) yang memiliki rata-rata *n-gain* kemampuan CPS berbeda secara signifikan dibandingkan kelompok lainnya.

Uji *Multivariate Analysis of Variance* (MANOVA) selanjutnya dilakukan untuk menguji pengaruh faktor kelompok, wilayah, dan interaksi keduanya terhadap seluruh indikator kemampuan CPS secara simultan.

Hipotesis MANOVA berdasarkan kelompok (eksperimen vs kontrol):

H₀ : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara simultan pada seluruh indikator kemampuan CPS (*objective finding, fact finding, problem finding, idea finding, solution finding, dan acceptance finding*) antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

H₁ : Terdapat perbedaan yang signifikan secara simultan pada satu atau lebih indikator kemampuan CPS antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

Hipotesis MANOVA berdasarkan wilayah (urban, sub-urban, rural):

H₀ : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara simultan pada seluruh indikator kemampuan CPS antar wilayah sekolah.

H₁ : Terdapat perbedaan yang signifikan secara simultan pada satu atau lebih indikator kemampuan CPS antar wilayah sekolah.

Hipotesis interaksi kelompok dan wilayah:

H₀ : Tidak terdapat interaksi yang signifikan antara kelompok dan wilayah terhadap seluruh indikator kemampuan CPS

H₁ : Terdapat interaksi yang signifikan antara kelompok dan wilayah terhadap satu atau lebih indikator kemampuan CPS.

Hasil MANOVA kemudian dilanjutkan dengan uji *univariate* untuk melihat indikator mana yang paling responsif terhadap perlakuan. Hal ini memungkinkan pemahaman yang lebih mendalam tentang bagaimana model PRISMA-E'xi tidak hanya meningkatkan skor secara keseluruhan, tetapi juga mengembangkan dimensi-dimensi spesifik dalam kemampuan CPS peserta didik.

Hipotesis *objective finding*:

H₀ : Tidak terdapat perbedaan skor n-gain *objective finding* antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

H₁ : Terdapat perbedaan skor n-gain *objective finding* antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

Hipotesis *fact finding*

H₀ : Tidak terdapat perbedaan skor n-gain *fact finding* antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

H₁ : Terdapat perbedaan skor n-gain *fact finding* antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

Hipotesis *problem finding*

H₀ : Tidak terdapat perbedaan skor n-gain *problem finding* antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

H₁ : Terdapat perbedaan skor n-gain *problem finding* antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

Hipotesis *idea finding*

H₀ : Tidak terdapat perbedaan skor n-gain *idea finding* antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

H₁ : Terdapat perbedaan skor n-gain *idea finding* antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

Hipotesis *solution finding*

H₀ : Tidak terdapat perbedaan skor n-gain *solution finding* antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

H₁ : Terdapat perbedaan skor n-gain *solution finding* antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

Hipotesis *acceptance finding*

H₀ : Tidak terdapat perbedaan skor n-gain *acceptance finding* antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

H₁ : Terdapat perbedaan skor n-gain *acceptance finding* antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

Keefektifan model pembelajaran PRISMA-E'xi dalam meningkatkan kemampuan CPS ditentukan berdasarkan tiga kriteria. Pertama, rerata nilai n-gain kemampuan CPS peserta didik pada seluruh wilayah (urban, sub-urban, dan rural) berada dalam kategori tinggi ($g > 0,70$). Kedua, nilai *effect size* hasil perbandingan kelompok eksperimen dan kontrol mencapai $\geq 0,80$, yang menunjukkan pengaruh dalam kategori besar. Ketiga, sekurang-kurangnya 50% peserta didik memperoleh n-gain tinggi pada setiap indikator kemampuan CPS (*objective finding, fact finding, problem finding, idea finding, solution finding, dan acceptance finding*).

BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Prototipe model pembelajaran PRISMA-E'xi merupakan rancangan pembelajaran yang merepresentasikan integrasi multi representasi, pendekatan STEM berbasis EDP, dan penguatan kemampuan CPS. Model ini terdiri atas enam sintaks pembelajaran, yaitu *problem exploration*, *representation structuring*, *investigative reasoning*, *scientific modelling*, *model assessment*, dan *adaptive reflection*, untuk mendorong peserta didik membangun pemahaman konsep melalui representasi verbal, visual, matematis, dan simbolik serta mengembangkan solusi berbasis rekayasa. Tambahan elemen E'xi memberikan kedalaman filosofis terhadap model. Huruf “E” merepresentasikan *engineering*, sebagai fondasi pendekatan STEM melalui EDP. Sementara “xi” (ξ) sebagai simbol dinamika, kompleksitas berpikir, serta merupakan simbol angka enam yang melambangkan jumlah sintaks model serta menjadi metafora dari struktur prisma segi enam yang menjadi inspirasi visualisasi model.
2. Model pembelajaran PRISMA-E'xi praktis untuk diterapkan dalam pembelajaran fisika berdasarkan hasil uji coba skala kecil. Hal ini ditunjukkan melalui hasil penilaian keterlaksanaan model, kemampuan pendidik dalam mengelola pembelajaran, aktivitas peserta didik, serta tanggapan positif dari pendidik dan peserta didik, yang seluruhnya mencapai persentase di atas 76%, sehingga memenuhi kriteria kepraktisan dalam kategori “baik” atau “setuju.”
3. Model pembelajaran PRISMA-E'xi terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan CPS peserta didik berdasarkan hasil uji coba skala luas yang

mencakup berbagai konteks geografis (urban, sub-urban, dan rural). Keefektifan ini ditunjukkan dengan rerata *n-gain* kemampuan CPS pada seluruh wilayah yang berada dalam kategori tinggi ($g > 0,70$) dan diperkuat oleh nilai *effect size* sebesar 1,92 yang tergolong besar ($\geq 0,80$). Selain itu, lebih dari 50% peserta didik mencapai kategori *n-gain* tinggi pada hampir semua indikator CPS, kecuali pada indikator *idea finding*. Efek terbesar terjadi pada indikator *solution finding*, *objective finding*, dan *fact finding*.

4. Model PRISMA-E'xi merupakan hasil redesain strategis dari model pembelajaran berbasis multi representasi yang disempurnakan melalui integrasi tahapan STEM (EDP) dalam struktur sintaksnya. Redesain ini juga memperkuat pembelajaran berbasis pemecahan masalah kreatif dengan menambahkan indikator-indikator kemampuan CPS secara eksplisit ke dalam alur pembelajaran. Model ini tidak hanya memiliki dasar teoretis yang kuat, tetapi juga terbukti aplikatif dan relevan untuk menjawab tantangan pembelajaran fisika yang kompleks dan berorientasi masa depan.

B. Implikasi

Berdasarkan simpulan, dijabarkan implikasi sebagai berikut:

1. Implikasi Teoritis

Model PRISMA-E'xi memperkaya khazanah teori pembelajaran dengan menghadirkan sintesis dari berbagai pendekatan yang selama ini dikembangkan secara terpisah. Integrasi antara teori konstruktivisme, *dual coding*, pemrosesan informasi, mulrepresentasi, dan EDP dalam kerangka STEM melahirkan struktur sintaks yang sistematis, eksplisit, dan berbasis proses berpikir. Implikasi teoritis ini berkontribusi pada penguatan kerangka pedagogik dalam pembelajaran sains, khususnya melalui pendekatan yang mendukung HOTS dan literasi STEM secara holistik. Selain itu, model ini menunjukkan bagaimana indikator kemampuan CPS dapat diintegrasikan secara operasional ke dalam proses pembelajaran, bukan sekadar menjadi capaian abstrak.

2. Implikasi Praktis

Model PRISMA-E'xi memberikan panduan praktis bagi pendidik fisika dalam merancang, melaksanakan, dan mengevaluasi pembelajaran yang aktif dan kontekstual. Dengan sintaks yang terstruktur dan perangkat ajar siap pakai, pendidik dapat mendorong keterlibatan peserta didik dalam eksplorasi konsep melalui berbagai representasi dan penyelesaian masalah nyata. Modul ajar, e-LKPD, instrumen penilaian kemampuan CPS, dan buku panduan yang dikembangkan mendukung transformasi pembelajaran dari yang bersifat pasif menjadi eksploratif, kreatif, dan kolaboratif.

3. Implikasi terhadap Kebijakan Pendidikan

Hasil penelitian ini mendukung implementasi Kurikulum Merdeka dan Profil Pelajar Pancasila, yang menekankan pada pembelajaran berbasis proyek, penguatan karakter berpikir kritis dan kreatif, serta pembelajaran yang kontekstual. Model PRISMA-E'xi dapat dijadikan contoh praktik baik (*best practice*) dalam pengembangan model pembelajaran tematik yang terintegrasi dan responsif terhadap perkembangan IPTEK dan kebutuhan masyarakat. Penelitian ini juga memberikan bukti bahwa investasi dalam pelatihan pendidik untuk mengembangkan keterampilan pedagogik berbasis multi representasi dan STEM perlu diperkuat oleh institusi pendidikan, Dinas Pendidikan, maupun Kementerian.

4. Implikasi terhadap Penelitian Selanjutnya

Penelitian ini membuka peluang eksplorasi lebih lanjut terhadap efektivitas model PRISMA-E'xi pada materi fisika lainnya di jenjang pendidikan berbeda, serta dalam konteks pembelajaran lintas disiplin. Selain itu, pengembangan model ini ke dalam versi digital berbasis teknologi pembelajaran interaktif (misalnya dalam LMS, aplikasi, atau simulasi virtual) juga menjadi arah penting untuk menjawab tantangan pembelajaran era digital. Studi longitudinal juga diperlukan untuk mengukur pengaruh jangka panjang model terhadap peningkatan kemampuan CPS dan karakter peserta didik lainnya.

C. Saran

Berdasarkan simpulan dan implikasi dijabarkan saran sebagai berikut:

1. Saran bagi pendidik dan praktisi pendidikan

Pendidik fisika disarankan untuk mengimplementasikan model PRISMA-E'xi sebagai pendekatan inovatif dalam pembelajaran konsep fisika yang kompleks. Namun, implementasi model ini perlu disesuaikan dengan tingkat kesiapan peserta didik, terutama dalam memahami transisi antarrepresentasi serta mengembangkan ide alternatif. Untuk itu, pendidik perlu membekali diri dengan strategi pengembangan ide seperti *brainstorming*, *scamper*, dan proyek terbuka yang menstimulasi pemikiran divergen. Dalam konteks keterbatasan fasilitas, pendidik juga dapat memanfaatkan media sederhana, laboratorium virtual, atau simulasi daring guna menunjang tahapan *investigation*. Strategi *scaffolding representasi* dan latihan konversi simbolik secara bertahap penting untuk membantu peserta didik memahami hubungan antarrepresentasi secara lebih mendalam. Pendampingan adaptif dan reflektif juga menjadi kunci dalam mengoptimalkan efektivitas model ini di berbagai konteks pembelajaran.

2. Saran bagi pengembang kurikulum dan sekolah

Model pembelajaran PRISMA-E'xi menunjukkan efektivitas tinggi pada berbagai konteks sekolah. Sekolah disarankan memfasilitasi sarana pendukung, seperti media visual, laboratorium sederhana, dan akses teknologi. Untuk wilayah dengan keterbatasan fasilitas, penggunaan laboratorium virtual atau simulasi berbasis TIK menjadi solusi yang aplikatif guna menunjang tahap *investigation* dalam pembelajaran.

3. Saran bagi peneliti selanjutnya

Capaian indikator CPS yang beragam menjadi dasar eksplorasi lebih lanjut terhadap penguatan elemen ideasi dalam pembelajaran berbasis PRISMA-E'xi. Penelitian lanjutan disarankan mengeksplorasi pengembangan model dalam versi digital, integrasi lintas disiplin, serta studi longitudinal untuk mengamati dampak jangka panjang terhadap kompetensi abad ke-21.

4. Saran bagi pengambil kebijakan pendidikan

Temuan efektivitas model pada seluruh konteks geografis mendukung kebijakan perluasan pelatihan guru berbasis model inovatif seperti PRISMA-E'xi. Kebijakan ini sejalan dengan semangat Kurikulum Merdeka dan Profil Pelajar Pancasila, serta mendorong penguatan pembelajaran berbasis proyek dan representasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman. (2010). The role of quantum physics multiple representationsto enhance concept mastery, generic science skills, and critical thinking disposition for pre-service physics teacher students, *Universitas Pendidikan Indonesia Tahun 2010*. Hlm. 9. UPI
- Abdurrahman, A., Maulina, H., Nurulsari, N., Sukamto, I., Umam, A. N., & Mulyana, K. M. (2023). Impacts of integrating engineering design process into STEM makerspace on renewable energy unit to foster students' system thinking skills. *Heliyon*, 9 (4), 1-12.
- Abdurrahman, A., Setyaningsih, C. A., & Jalmo, T. (2019). Implementating multiple representation-based worksheet to develop critical thinking skills. *Journal of Turkish Science Education*, 16 (1), 138-162.
- Adeoye, M. A., & Jimoh, H. A. (2023). Problem-solving skills among 21st-century learners toward creativity and innovation ideas. *Thinking Skills and Creativity Journal*, 6 (1), 52-58.
- Adisna, Q. D. P. P., Wahuni, A., & Suyudi, A. (2020). Analisis pemahaman konsep fisika siswa pada pokok bahasan fluida statis. *Jurnal Ilmu Fisika Dan Pembelajarannya (JIFP)*, 3 (2), 68–75.
- Aha, L. H., Muhardjito, M., & Sunaryono, S. (2020). Pengaruh strategi pembelajaran multirepresentasi dengan pendekatan conceptual problem solving terhadap kemampuan pemecahan masalah dan kemampuan representasi. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 5 (1), 44-51.
- Aiken, J. M., De Bin, R., Lewandowski, H. J., & Caballero, M. D. (2021). Framework for evaluating statistical models in physics education research. *Physical Review Physics Education Research*, 17 (2), 1-20.
- Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers and Education*, 33 (2–3), 131–152.
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16 (3), 183–198.
- Ainsworth, S. (2008). *The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts*. (hlm. 191–208). Belanda: Springer Netherlands.
- Ainsworth, S., & Loizou, A. T. (2003). The effects of self-explaining when learning with text or diagrams. *Cognitive Science*, 27 (4), 669–681.

- Alabbasi, A. M. A., Hafsyah, A. S. M., Runco, M. A., & AlSaleh, A. (2021). Problem finding, divergent thinking, and evaluative thinking among gifted and nongifted students. *Journal for the Education of the Gifted*, 44 (4), 398–413.
- Alatas, F., & Astuti, W. (2019). Pengembangan alat peraga sederhana pada materi fluida statis sebagai media pembelajaran fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 7 (2), 197–211.
- Álvarez-Huerta, P., Muela, A., & Larrea, I. (2022). Disposition toward critical thinking and creative confidence beliefs in higher education students: The mediating role of openness to diversity and challenge. *Thinking Skills and Creativity*, 43 (1), 1-9.
- Anggraeni, D. M., Prahani, B. K., Suprpto, N., Shofiyah, N., & Jatmiko, B. (2023). Systematic review of problem based learning research in fostering critical thinking skills. *Thinking Skills and Creativity*, 49 (1), 1-11.
- Anik, M. H., & Romero, M. (2024). Comparative analysis of tasks across age groups using modular cube robotics. *Frontiers in Robotics and AI*, 11, (1), 1-13.
- Ansari, B. I., Taufiq, T., & Saminan, S. (2020). The use of creative problem solving model to develop students' adaptive reasoning ability: Inductive, deductive, and intuitive. *International Journal on Teaching and Learning Mathematics*, 3 (1), 23-36.
- Ardiyansyah, R., Sesunan, F., & Suana, W. (2019). Pengaruh penggunaan model pembelajaran inkuiri terbimbing dan skill multirepresentasi terhadap penguasaan konsep fisika siswa. *Jurnal Pendidikan Indonesia (JPI)*, 7 (2), 212-222.
- Arends, R. (1997). *Classroom Instruction and Management*. Amerika Serikat: McGraw-Hill Companies.
- Arifin, Z., Sukarmin, Saputro, S., & Kamari, A. (2025). The effect of inquiry-based learning on students' critical thinking skills in science education: A systematic review and meta-analysis. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21 (3), 1-24.
- Arifuddin, A., Sutrio, S., & Taufik, M. (2022). Pengembangan bahan ajar kontekstual berbasis hands on activity dalam pembelajaran fisika untuk meningkatkan pemahaman konsep fisika peserta didik. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7 (2c), 894–900.
- Arikunto, S. (2021). *Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan* (R. Damayanti, Ed.; 3rd ed.). Indonesia: PT. Bumi Aksara.

- Arlinwibowo, J., Retnawati, H., & Kartowagiran, B. (2021). How to integrate STEM education in the Indonesian curriculum? A systematic review. *Challenges of Science*, 4 (11), 18–25.
- Assem, H. D., Nartey, L., Appiah, E., & Aidoo, J. K. (2023). A review of students' academic performance in physics: Attitude, instructional methods, misconceptions and teachers qualification. *European Journal of Education and Pedagogy*, 4 (1), 1-9.
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes1. In K. W. Spence & J. T. Spence (Eds.), *Psychology of Learning and Motivation*, 2 (1), 89–195.
- Aytekin, A., & Topcu, M. S. (2024). Improving 6th grade students' creative problem solving skills through plugged and unplugged computational thinking approaches. *Journal of Science Education and Technology*, 33 (6), 867–891.
- Bahaudin, A., Festiyed, F., Djamah, D., & Putri, N. H. (2019). Validity of physics learning module based on multirepresentation to improve the problem solving. *Journal of Physics: Conference Series*, 1185 (1), 1-5.
- Bajracharya, R. R., Emigh, P. J., & Manogue, C. A. (2019). Students' strategies for solving a multirepresentational partial derivative problem in thermodynamics. *Physical Review Physics Education Research*, 15 (2), 1-17.
- Banda, H. J., & Nzabahimana, J. (2021). Effect of integrating physics education technology simulations on students' conceptual understanding in physics: A review of literature. *Physical Review Physics Education Research*, 17 (2), 1-18.
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory* (pp. xiii, 617). Amerika Serikat: Englewood Cliffs.
- Barrows, H. S., & Tamblyn, R. M. (1980). *Problem-Based Learning: An Approach to Medical Education*. Amerika Serikat: Springer Publishing Company.
- Becker, S., Klein, P., Gossling, A., & Kuhn, J. (2020). Using mobile devices to enhance inquiry-based learning processes. *Learning and Instruction*, 69 (1), 1-14.
- Bergdahl, N., Bond, M., Sjöberg, J., Dougherty, M., & Oxley, E. (2024). Unpacking student engagement in higher education learning analytics: A systematic review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 21 (1), 1-33.

- Biggs, J., & Tang, C. (2013). *Teaching for quality learning at university. In Innovations in Education and Teaching International*. New York: McGraw-Hill Education.
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals*. Amerika Serikat: David McKay Company.
- Boldrini, N. (2023, February 15). What is creative problem solving and how to apply it.
- Bond, T. (2015). *Applying the rasch model: Fundamental measurement in the human sciences, third edition (3rd ed.)*. Amerika Serikat: Routledge.
- Bosancic, B., & Matijevic, M. (2020). Information as a construction. *Journal of Librarianship and Information Science*, 52 (2), 620–630.
- Breuninger, J. (2023). Introduction to statistics for HCI using jamovi: A course for HCI practitioners and researchers on inferential statistics and jamovi, an open-source statistics software, comparable to IBM SPSS. *Extended Abstracts of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 4 (546), 1–2.
- Busnawir, B., Kiri, M., & Dara, C. (2025). The influence of STEM-based learning on students' critical thinking skills. *International Journal of Educational Narratives*, 3 (1), 66-75.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. Amerika Serikat: NSTA press.
- Campos, E., Zavala, G., Zuza, K., & Guisasola, J. (2020). Students' understanding of the concept of the electric field through conversions of multiple representations. *Physical Review Physics Education Research*, 16 (1), 1-19.
- Capron Puozzo, I., & Audrin, C. (2021). Improving self-efficacy and creative self-efficacy to foster creativity and learning in schools. *Thinking Skills and Creativity*, 42 (1), 1-9.
- Carbonell-Carrera, C., Saorin, J. L., Melian-Diaz, D., & de la Torre-Cantero, J. (2019). Enhancing creative thinking in STEM with 3D CAD modelling. *Sustainability*, 11(21), 1-13.
- Çavuş, E., İdil, Ş., & Dönmez, İ. (2025). Effects of a design-based research approach on fourth-grade students' critical thinking, problem-solving skills, computational thinking, and creativity self-efficacy. *International Journal of Technology and Design Education*. 8 (5), 1-21.

- Chang, J. Y., Cheng, M. F., Lin, S. Y., & Lin, J. L. (2021). Exploring students' translation performance and use of intermediary representations among multiple representations: Example from torque and rotation. *Teaching And Teacher Education*, 97 (1), 1-12.
- Chen, P., & Chang, Y. C. (2021). Enhancing creative problem solving in postgraduate courses of education management using project-based learning. *International Journal of Higher Education*, 10 (6), 11-21.
- Chen, S. Y., Tsai, J. C., Liu, S. Y., & Chang, C. Y. (2021). The effect of a scientific board game on improving creative problem solving skills. *Thinking Skills and Creativity*, 41 (6), 1-9.
- Cheung, K. K. C., & Erduran, S. (2025). Designing an analytical framework to investigate students' multimodal representations of scientific practices and methods. *Research in Science Education*, 5 (1), 1-28.
- Chi, M. T. H., Slotta, J. D., & De Leeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *In Learning and Instruction*, 4 (1), 27-43.
- Chu, J., Rittle-Johnson, B., & Fyfe, E. R. (2017). Diagrams benefit symbolic problem-solving. *British Journal of Educational Psychology*, 87 (2), 273-287.
- Chusni, M. M., Saputro, S., Surant, S., & Rahardjo, S. B. (2022). Enhancing critical thinking skills of junior high school students through discovery-based multiple representations learning model. *International Journal of Instruction*, 15 (1), 927-945.
- Coghlan, D., Dublin, T. C., & Brydon-Miller, M. (2014). *Constructivism*. Amerika Serikat: SAGE Publications Ltd.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Amerika Serikat: Routledge
- Conceição, T., Baptista, M., & da Ponte, J. P. (2021). Lesson study as a means to change secondary preservice physics teachers' practice in the use of multiple representations in teaching. *Education Sciences*, 11 (12), 1-17.
- Constantino, I., Kojaku, S., Fortunato, S., & Ahn, Y.-Y. (2025). Representing the disciplinary structure of physics: A comparative evaluation of graph and text embedding methods. *Quantitative Science Studies*, 6 (1), 263-280.
- Cook, T. D., Campbell, D. T., & Shadish, W. (2002). *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Generalized Causal Inference*. Amerika Serikat: Houghton Mifflin Boston.

- Corradi, D. M. J., De Jaegher, C., Juarez-Collazo, N. A., Elen, J., & Clarebout, G. (2013). The effect of representations on difficulty perception and learning of the physical concept of pressure. *Themes in Science and Technology Education*, 6 (2), 91–108.
- Creative Education Foundation. (2015). *Creative Problem Solving Resource Guide*. Indonesia: Creative Education Foundation.
- Danday, B. A., & Monterola, S. L. C. (2019). Effects of microteaching multiple-representation physics lesson study on pre-service teachers' critical thinking. *Journal of Baltic Science Education*, 18 (5), 692–707.
- Denny, M., Denieffe, S., & O'Sullivan, K. (2023). *Non-equivalent Control Group Pretest–Posttest Design in Social and Behavioral Research*. In A. L. Nichols & J. Edlund (Eds.), *The Cambridge Handbook of Research Methods and Statistics for the Social and Behavioral Sciences: Volume 1: Building a Program of Research*. Amerika Serikat: Cambridge University Press.
- Dharma, N. D. (2021). Analisis kemampuan multirepresentasi mahasiswa pada materi karakteristik gelombang elektromagnetik. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Matematika*, 9 (37), 116–123.
- Diani, R., Herliantari, H., Irwandani, I., Saregar, A., & Umam, R. (2019). Search, solve, create, and share (SSCS) learning model: The impact on the students' creative problem-solving ability on the concept of substance pressure. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA)*, 9 (1), 65.
- Diani, R., Latifah, S., Anggraeni, Y. M., & Fujiani, D. (2018). Physics learning based on virtual laboratory to remediate misconception in fluid material. *Tadris: Jurnal Keguruan Dan Ilmu Tarbiyah*, 3 (2), 167–181.
- Diani, R., Viyanti, V., Lengkana, D., Jalmo, T., Destiana, A., Saregar, A., & Putra, F. G. (2024). Trends, challenges, and opportunities of multiple-representation in science learning: A systematic literature review. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 18 (1), 29-52.
- Diani, R., Yanti, Y., Hartati, N. S., Fujiani, D., Hasanah, I. F., & Alamsyah. (2021). Islamic literacy-based physics e-module with STEM (science, technology, engineering, and mathematics) approach. *Journal of Physics: Conference Series*, 1796 (1), 1-12.
- Donhauser, A., Bitzenbauer, P., Qerimi, L., Heusler, S., Küchemann, S., Kuhn, J., & Ubben, M. S. (2024). Empirical insights into the effects of research-based teaching strategies in quantum education. *Physical Review Physics Education Research*, 20 (2), 1-30.

- Doyan, A., Taufik, M., & Anjani, R. (2018). Pengaruh pendekatan multi representasi terhadap hasil belajar fisika ditinjau dari motivasi belajar peserta didik. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 4 (1), 1-11.
- Drapeau, P. (2014). *Sparkling Student Creativity: Practical Ways to Promote Innovative Thinking and Problem Solving*. Amerika Serikat: ASCD
- Dufresne, R. J., Gerace, W. J., & Leonard, W. J. (1997). Solving physics problems with multiple representations. *The Physics Teacher*, 35 (5), 270–275.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75 (6), 649–672.
- Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25 (6), 671–688.
- Duit, R., Treagust, D. F., & Fischer, H. E. (2017). *Multiple Representations in Physics Education*. Amerika Serikat: Springer.
- Duyar, I., Mina, K. D., & Owoh, J. S. (2019). *Promoting Student Creative Problem-Solving Skills: Do Principal Instructional Leadership and Teacher Creative Practices Matter?*. (hlm. 79-95). Amerika Serikat: IGI Global Scientific Publishing.
- Dwi, A., Prihandono, T., & Subiki. (2018). Pembelajaran fisika fluida statis dengan model project based learning disertai mind map di MAN 1 Jember. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 7 (2), 123–128.
- Edelsbrunner, P., Lichtenberger, A., Hofer, S., Malone, S., Küchemann, S., Kuhn, J., Altmeyer, K., Schmid, R., & Brünken, R. (2023). The relation of representational competence and conceptual knowledge in female and male undergraduates. *International Journal of STEM Education*, 10 (1), 1-19
- ElSayary, A. (2021). Using a reflective practice model to teach STEM education in a blended learning environment. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17 (2), 1-12.
- Erlinawati, C. E., Bektiarso, S., & Maryani. (2019). Model pembelajaran project based learning berbasis stem pada pembelajaran fisika. *Seminar Nasional Pendidikan Fisika*, 4 (1), 1–4.
- Farwati, R. (2021). *STEM education dukung merdeka belajar (dilengkapi dengan contoh perangkat pembelajaran berbasis STEM)*. Indonesia: CV. Dotplus publisher.

- Fathoni, A., Muslim, S., Ismayati, E., Rijanto, T., Munoto, & Nurlaela, L. (2020). STEM : Inovasi dalam pembelajaran vokasi. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 17 (1), 33–42.
- Fatmaryanti, S. D., Suparmi, Sarwanto, Ashadi, & Kurniawan, H. (2018). Magnetic force learning with guided inquiry and multiple representations model (GIMuR) to enhance students' mathematics modeling ability. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 19 (1), 1-22.
- Finnajah, M., Kurniawan, E. S., & Fatmaryanti, S. D. (2016). Pengembangan modul fisika SMA berbasis multi representasi guna meningkatkan pemahaman konsep dan hasil belajar peserta didik kelas XI IIS 2 SMA Negeri 1 Prembun Tahun Ajaran 2015/2016. *Radiasi: Jurnal Berkala Pendidikan Fisika*, 8 (1), 22–27.
- Firdaus, S., & Hamdu, G. (2020). Pengembangan mobile learning video pembelajaran berbasis STEM (science, technology, engineering and mathematics) di sekolah dasar. *JINOTEP (Jurnal Inovasi Dan Teknologi Pembelajaran): Kajian Dan Riset Dalam Teknologi Pembelajaran*, 7 (2), 66–75.
- Firmando, P., Fakhruddin, F., & Syahril, S. (2016). Efektivitas penerapan pembelajaran IPA fisika berbasis multirepresentasi terhadap pemahaman konsep pada materi cahaya kelas Viii di SMPN 12 Pekanbaru. *Riau University Tahun 2016*. Hlm. 8.
- Fiteriani, I., Diani, R., Hamidah, A., & Anwar, C. (2021). Project-based learning through STEM approach: Is it effective to improve students' creative problem-solving ability and metacognitive skills in physics learning? *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1796 (1), 1-13.
- Fitriana, D. A., & Sudiana, R. (2020). Pengaruh model pembelajaran multipel representasi terhadap kemampuan berpikir kreatif matematis siswa SMP. *Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Tahun 2020*. Hlm. 11. UNTIRTA
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). *How to Design and Evaluate Research in Education (8th ed)*. Amerika Serikat: McGraw Hill
- Fратиwi, N. J., Utari, S., & Samsudin, A. (2019). Study of concept mastery of binocular K-11 students through the implementation of A multi-representative approach. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 8 (8), 1637–1642.
- Fullan, M. (2007). *The New Meaning of Educational Change*. Amerika Serikat: Teachers College Press.

- Gall, M. D., Gall, J. P., & Borg, W. R. (2003). *Educational Research An Introduction*. Inggris: Pearson Education.
- García-Pérez, L., García-Garnica, M., & Olmedo-Moreno, E. M. (2021). Skills for a working future: How to bring about professional success from the educational setting. *Education Sciences*, 11 (1), 1-25.
- Gautam, A., Bortz, W., & Tatar, D. (2020). Abstraction through multiple representations in an integrated computational thinking environment. *51st ACM SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education*, 2 (3), 393–399.
- Giridharan, B. (2012). Engendering constructivist learning in tertiary teaching. *US-China Education Review A*, 8 (1), 1548–6613.
- Gonzalez, H. B., & Kuenzi, J. J. (2014). *Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: A primer*. Amerika Serikat: Congressional Research Service.
- Guskey, T. R. (2000). *Evaluating Professional Development*. Amerika Serikat: Corwin Press.
- Gutierrez-Berraondo, J., Iturbe-Zabalo, E., Arregi, N., & Guisasola, J. (2025). Influence on students' learning in a problem- and project-based approach to implement STEM projects in engineering curriculum. *Education Sciences*, 15 (5), 1-18.
- Guttersturd, O., & Angell, C. (2010). Mathematics in Physics: Upper secondary physics students' competency to describe phenomena applying mathematical and graphical representations. *University of Oslo, Norway Tahun 2010*. Hlm. 7.
- Hafiz, N. R. M., & Ayop, S. K. (2019). Engineering design process in stem education: a systematic review. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 9 (5), 618–639.
- Hahn, L., & Klein, P. (2023). The impact of multiple representations on students' understanding of vector field concepts: Implementation of simulations and sketching activities into lecture-based recitations in undergraduate physics. *Frontiers in Psychology*, 13 (1), 1-8.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: a six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66 (1), 64–74.
- Halim, A., Husna, N., Samsul, Evendi, Nurulwati, Mahzum, E., & Irwandi, I. (2021). Impact of multi-representation-based video on students' learning outcome. *Journal of Physics: Conference Series*, 1882 (1), 1-8.

- Hallström, J., & Schönborn, K. J. (2019). Models and modelling for authentic STEM education: Reinforcing the argument. *International Journal of STEM Education*, 6 (1), 1-10.
- Hanna, D., Sutarto, & Harijanto, A. (2016). Model pembelajaran tema konsep disertai media gambar pada pembelajaran fisika di SMA. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 5 (1), 23–29.
- Henriksen, D., Mishra, P., Creely, E., & Henderson, M. (2021). The Role of Creative Risk Taking and Productive Failure in Education and Technology Futures. *Techtrends*, 65(4), 602–605.
- Heo, I., & Van de Schoot, R. (2020, November 2). Tutorial: Jamovi for beginners.
- Hestenes, D. (1997). Modeling methodology for physics teachers. *AIP Conference Proceedings*, 399 (1), 935–958.
- Hidayat, R., Prihandono, T., & Sudarti, S. (2022). Inovasi bahan pembelajaran fisika materi fluida berbasis kontekstual menggunakan kajian aliran air. *JINOTEP (Jurnal Inovasi dan Teknologi Pembelajaran)*, 9 (1), 80–89.
- Hochberg, K., Becker, S., Louis, M., Klein, P., & Kuhn, J. (2020). Using smartphones as experimental tools-a follow-up: cognitive effects by video analysis and reduction of cognitive load by multiple representations. *Journal Of Science Education And Technology*, 29 (2), 303–317.
- Huang, F. L. (2020). MANOVA: A Procedure Whose Time Has Passed?. *Gifted Child Quarterly*, 64 (1), 56–60.
- Hwang, W. Y., & Hu, S. S. (2013). Analysis of peer learning behaviors using multiple representations in virtual reality and their impacts on geometry problem solving. *Computers and Education*, 62 (3), 308–319.
- Isaksen, S. G. (2017). *Facilitating Creative Problem Solving Groups. Readings in Innovation*, hlm. 99-135. Amerika Serikat: State University at Buffalo
- Islam, A. A., Gu, X., Crook, C., & Spector, J. M. (2020). Assessment of ICT in tertiary education applying structural equation modeling and rasch model. *Sage Open*, 10 (4), 1-17.
- Ismail, D. H., & Nugroho, J. (2022). Kompetensi kerja gen z di era revolusi industri 4.0 dan society 5.0. *JIIP-Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 5 (4), 1300–1307.
- Ismet. (2013). Dampak program perkuliahan mekanika berbasis spasial mahasiswa calon guru. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 9 (2), 133-143.

- Ismet, I., & Agus, S. (2013). Dampak program perkuliahan mekanika berbasis multipel representasi terhadap kecerdasan spasial mahasiswa calon guru. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 9 (2), 133-143.
- Izzati, N., Tambunan, L. R., Susanti, S., & Siregar, N. A. R. (2019). Pengenalan pendekatan STEM sebagai inovasi pembelajaran era revolusi industri 4.0. *Jurnal Anugerah*, 1 (2), 83–89.
- Jaakkola, T., & Veermans, K. (2020). Learning electric circuit principles in a simulation environment with a single representation versus “concreteness fading” through multiple representations. *Computers and Education*, 148 (1), 1-17.
- Joyce, B., & Weil, M. (2003). *Models of Teaching (Ninth Edition)*. Amerika Serikat: Pearson Education.
- Jumini, S., Cahyono, E., & Falah, M. M. (2021). Analysis of Students’ Multi-Representation Ability in Augmented Reality-Assisted Learning. *University of Nebraska Tahun 2021*. Hlm.12.
- Kabigting, L. D. C. (2021). Computer simulation on teaching and learning of selected topics in physics. *European Journal of Interactive Multimedia and Education*, 2 (2), 1-10.
- Kaldaras, L., & Wieman, C. (2025). Directed Self Guided Learning of Blended Math-Science Sensemaking for Historically Marginalized STEM Learners. *Cornel University Tahun 2025*. Hlm. 9.
- Katehi, L. P. B., Pearson, G., & Committee on K-12 engineering education (Eds.). (2009). *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects*. Amerika Serikat: National Academies Press.
- Keleş, T. (2022). Investigation of high school students’ creative problem-solving attributes. *Journal of Pedagogical Research*, 6 (4), 66–83.
- Khairiyah, N. (2019). *Pendekatan Science, Technology, Engineering dan Mathematics (STEM)*. Indonesia: SPASI MEDIA.
- Kiernan, L., Ledwith, A., & Lynch, R. (2022). An Exploration of the cognitive processes of design teams to inform design education and practice. *Design and Technology Education*, 27(1), 82–101.
- Kohl, P. B., Rosengrant, D., & Finkelstein, N. D. (2007). Strongly and weakly directed approaches to teaching multiple representation use in physics. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 3 (1), 1-10.

- Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning Experience as the Source of Learning and Development*. Englewood Cliffs, NJ Prentice Hall. Amerika Serikat: FT prees.
- Kotsis, K. T. (2024). The significance of experiments in inquiry-based science teaching. *European Journal of Education and Pedagogy*, 5 (2), 86-92.
- Krab-Hüsken, L. E., Pei, L., de Vries, P. G., Lindhoud, S., Paulusse, J. M. J., Jonkheijm, P., & Wong, A. S. Y. (2023). Conceptual modeling enables systems thinking in sustainable chemistry and chemical engineering. *Journal of Chemical Education*, 100 (12), 4577–4584.
- Küchemann, S., Malone, S., Edelsbrunner, P., Lichtenberger, A., Stern, E., Schumacher, R., Brünken, R., Vaterlaus, A., & Kuhn, J. (2021). Inventory for the assessment of representational competence of vector fields. *Physical Review Physics Education Research*, 17 (2), 1-25.
- Kurniawan, H., & Susanti, E. (2021). *Pembelajaran Matematika dengan STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematic) (First Edition)*. Indonesia: Deepublish.
- Lee, J., & Didiş Körhasan, N. (2022). Effect of group type on group performance in peer-collaborated two-round physics problem solving. *Physical Review Physics Education Research*, 18 (2), 1-12.
- Lehesvuori, S., Lehtinen, A., Hämäläinen, R., Maunuksela, J., & Koskinen, P. (2023). Student-centredness in physics laboratory teaching sessions. *Learning, Culture and Social Interaction*, 43, (1), 1-14.
- Lengkana, D. (2018). Pengembangan Program Pembelajaran Anatomi dan Fisiologi Tubuh Manusia Berbasis Multi Representasi Untuk Meningkatkan Kemampuan Representasi dan Interelasinya dengan Keterampilan Generik Sains Calon Guru Biologi. *Universitas Pendidikan Indonesia 2018*. Hlm. 9. UPI
- Lestari, Syafril, S., Latifah, S., Engkizar, E., Damri, D., Asril, Z., & Yaumas, N. E. (2021). Hybrid learning on problem-solving abilities in physics learning: A literature review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1796 (1), 1-12.
- Li, X., Su, Z., Wang, L., Li, J., & Diao, Y. (2024). Psychometric evaluation of the pictorial scale of perceived movement skill competence in chinese children: an item response theory analysis. *Child: Care, Health and Development*, 50 (4), 1-10.
- Liaw, H., Yu, Y. R., Chou, C. C., & Chiu, M. H. (2021). Relationships between facial expressions, prior knowledge, and multiple representations: a case of

- conceptual change for kinematics instruction. *Journal Of Science Education And Technology*, 30 (2), 227–238.
- Lim, C., & Han, H. (2020). Development of instructional design strategies for integrating an online support system for creative problem solving into a university course. *Asia Pacific Education Review*, 21 (4), 539–552.
- Linacre, J. (2002, 6 Januari). A User's Guide to Winsteps: Rasch-Model Computer Program.
- Linh, N., & Huong, L. (2021). Engineering design process in STEM education: An illustration with the topic "wind energy engineers." *Journal of Physics: Conference Series*, 1835 (1), 1-13.
- Liu, Z. (2024). Effectiveness of conceptual-framework-based instruction on promoting knowledge integration in learning simple electric circuit. *Physical Review Physics Education Research*, 20 (2), 1-13.
- Lowenthal, P., & Muth, R. (2008). *Constructivism*. In E. F. Provenzo, Jr. (Ed.), *Encyclopedia of the social and cultural foundations of education*. Amerika Serikat: Sage.
- Mainali, B. (2021). Representation in Teaching and Learning Mathematics. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 9 (1), 1-21.
- Masgumelar, N. K., & Mustafa, P. S. (2021). Teori belajar konstruktivisme dan implikasinya dalam pendidikan. *Islamic Education Journal*, 2 (1), 49–57.
- Mason, A. J., & Singh, C. (2016). Impact of guided reflection with peers on the development of effective problem solving strategies and physics learning. *The Physics Teacher*, 54 (5), 295-299.
- Matsumiya, K. (2022). Multiple representations of the body schema for the same body part. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119 (4), 1-9.
- Meita, L., Furi, I., Handayani, S., & Maharani, S. (2018). eksperimen model pembelajaran project based learning dan project based learning terintegrasi stem untuk meningkatkan hasil belajar dan kreativitas siswa pada kompetensi dasar teknologi pengolahan susu. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 35 (1), 49-60–60.
- Melawati, O., Evendi, E., Halim, A., Yusrizal, Y., & Elisa, E. (2022). Influence of the use of student worksheet problem-based to increase problem solving skills and learning outcomes. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8 (1), 346–355.

- Millar, R. (2004). The role of practical work in the teaching and learning of science. *Commissioned paper-Committee on High School Science Laboratories: Role and Vision, National Academy of Sciences, Washington, DC*. 308 (1), 1-21.
- Mitchell, W. E., & Kowalik, T. F. (1979). Creative Problem Solving. *Gifted Child Quarterly*, 23 (3), 559–561.
- Mobus, G. E., & Kalton, M. C. (2022). *Principles of Systems Science*. In Mobus, G.E (Ed). *Systems Science: Theory, Analysis, Modeling, and Design*. (hlm. 41-87). Amerika Serikat: Springer International Publishing.
- Moh'd, S. S., Uwamahoro, J., & Orodho, J. A. (2022). Effect of representation strategies on secondary school students' mathematics achievement: a case unguja island , zanzibar. *East African Journal of Education and Social Sciences (EAJESS)*, 3 (5), 32–39.
- Muhamad Dah, N., Mat Noor, M. S. A., Kamarudin, M. Z., & Syed Abdul Azziz, S. S. (2024). The impacts of open inquiry on students' learning in science: A systematic literature review. *Educational Research Review*, 43 (1), 1-15.
- Muin, A., Hanifah, S. H., & Diwidian, F. (2018). The effect of creative problem solving on students' mathematical adaptive reasoning. *Journal of Physics: Conference Series*, 948 (1), 1-6.
- Mu'minah, I. H., & Aripin, I. (2019). Implementasi STEM dalam pembelajaran abad 21. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*, 1 (1), 1495-1503.
- Munfaridah, N., Avraamidou, L., & Goedhart, M. (2021). The use of multiple representations in undergraduate physics education: what do we know and where do we go from here?. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17 (1), 1–19.
- Munfaridah, N., Avraamidou, L., & Goedhart, M. (2022). Preservice physics teachers' development of physics identities: the role of multiple representations. *Research In Science Education*, 52 (6), 1699–1715.
- Muñoz Alvarez, G., Greca, I. M., & Arriasec, I. (2025). Problem-Based Learning as a Strategy for Teaching Physics in Technical–Professional Higher Education: A Case Study in Chile. *Education Sciences*, 15(8), 1-8.
- Murshed, M., Phang, F. A., & Bunyamin, M. A. H. (2022). Discovery of multiple representation created by secondary school students in real-world problem solving. *AIP Conference Proceedings*, 2433 (1), 1-10.
- Naf'atuzzahrah, N. A., Taufik, M., Gunawan, G., & Sahidu, H. (2022). Pengembangan perangkat pembelajaran model learning cycle 5e untuk

- meningkatkan penguasaan konsep fisika peserta didik. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 8 (1), 23–30.
- Namdar, B., & Shen, J. (2018). Knowledge organization through multiple representations in a computer-supported collaborative learning environment. *Interactive Learning Environments*, 26 (5), 638–653.
- Nazzal, L. J., & Kaufman, J. C. (2020). The relationship of the quality of creative problem solving stages to overall creativity in engineering students. *Thinking Skills and Creativity*, 38 (1), 1-13.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving (Vol.104, No.9)*. Amerika Serikat: Prentice-Hall.
- Nguyễn, L. C., Hoa, H. Q., & Hien, L. H. P. (2025). Integrating design thinking into STEM education: enhancing problem-solving skills of high school students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21 (4), 1-11.
- Nielsen, W., Turney, A., Georgiou, H., & Jones, P. (2022). Meaning making with multiple representations: a case study of a preservice teacher creating a digital explanation. *Research in Science Education*, 52 (3), 871–890.
- Nieveen, N. (1999). Prototyping to Reach Product Quality. In J. van den Akker, R. M. Branch, K. Gustafson, N. Nieveen, & T. Plomp (Eds.), *Design Approaches and Tools in Education and Training* (hlm. 125–135). Springer Netherlands.
- Nikat, R. F., Loupatty, M., & Zahroh, S. H. (2021). Kajian pendekatan multirepresentasi dalam konteks pembelajaran fisika. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika*, 1 (2), 45-53.
- Ningrum, D. J., Mahardika, I. K., & Gani, A. A. (2015). Pengaruh model quantum teaching dengan metode praktikum terhadap kemampuan multirepresentasi siswa pada mata pelajaran fisika kelas x di SMA Plus Darul Hikmah. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 4 (2), 116-120.
- Ntoa, S. (2025). Usability and user experience evaluation in intelligent environments: a review and reappraisal. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 41 (5), 2829–2858.
- Nurchahyo, M. A., & Setyowati, D. (2021). Mobile learning bermuatan science, technology, engineering, mathematics (STEM) sebagai upaya peningkatan literasi digital. *Jurnal Pendidikan Informatika dan Sains*, 10 (2), 185–194.
- Nurjanah, N. E. (2020). Pembelajaran STEM berbasis loose parts untuk meningkatkan kreativitas anak usia dini. *Jurnal Ilmiah Kajian Ilmu Anak Dan Media Informasi PAUD*, 5 (1), 19–31.

- Nurrijal, Setyosari, P., Kuswandi, D., & Ulfa, S. (2023). Creative problem solving process instructional design in the context of blended learning in higher education. *Electronic Journal of E-Learning*, 21 (2), 80-97.
- Nurtanto, M., Pardjono, P., Widarto, W., & Ramdani, S. D. (2020). The effect of STEM-EDP in professional learning on automotive engineering competence in vocational high school. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8 (2), 633–649.
- Oktaviani, I., Rini, I. A., Ulfah, M. M., & Andriana, A. D. (2021). Pengenalan media pembelajaran daring berbasis stem untuk guru ipa di sman 9 bandar lampung. *Jubaedah : Jurnal Pengabdian Dan Edukasi Sekolah (Indonesian Journal of Community Services and School Education)*, 1 (1), 77–88.
- Orulebaja, Y., Owolabi, O., & Akintoye, H. (2021). Effects of multiple representations and problem- solving learning strategies on physics students' problem-solving abilities. *International Journal for Innovation Education and Research*, 9 (4), 350–365.
- Paivio, A. (1971). *Imagery and Verbal Processes*. Amerika Serikat: Psychology Press.
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual-coding approach*. Amerika Serikat: Oxford University Press.
- Park, Y. J. (2021). Development of the 8-item phlegm pattern questionnaire (PPQ-8) using rasch analysis. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2021 (1), 1-10.
- Patriot, E. A. (2019). Kemampuan multirepresentasi siswa pada materi usaha dan energi melalui penerapan pembelajaran konseptual interaktif. *Jurnal Inovasi dan Pembelajaran Fisika*, 6 (2), 152–158.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14 (1), 47–61.
- Peppler, K. (2017). *The SAGE Encyclopedia of Out-of-School Learning*. Amerika Serikat: *SAGE Publications*.
- Permanasari, A. (2016). STEM education: inovasi dalam pembelajaran sains. *Seminar Nasional Pendidikan Sains*, hlm. 23-34. Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, 22 Oktober.
- Permatasari, M. B., Rahayu, S., & Dasna, I. W. (2022). Chemistry learning using multiple representations: a systematic literature review. *Journal of Science Learning*, 5 (2), 334–341.

- Phillips, J. A., McCallum, J. E., Clemmer, K. W., & Zachariah, T. M. (2017). A problem-solving framework to assist students and teachers in stem courses. *Journal of Collage Science Teaching*, 46 (4), 33-39.
- Piaget, J. (1952). *The Origins Of Intelligence In Children*. Amerika Serikat: International Universitas Press.
- Piaget, J. (1973). *To understand is to invent: The future of education*. Amerika Serikat: Penguin Books
- Plomp, T. (2013). An Introduction to Educational Design Research. in Plomp, T & Nieveen, N (Eds). *Educational Design Research Part A: An Introduction*. (hlm. 11-50). Belanda: SLO.
- Polya, G. (2004). *How to Solve It: A New Aspect of Mathematical Method*. Amerika Serikat: Princeton University Press.
- Prakoso, B. E., Djudin, T., & Hamdani. (2019). Analisis kemampuan multirepresentasi peserta didik dalam mengerjakan soal gerak lurus berubah beraturan di SMA. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Khatulistiwa*, 8 (6), 1-10.
- Pramudia, R. P., & Agustin, A. A. (2018). Pemahaman konsep fisika pada materi termodinamika mahasiswa pendidikan fisika melalui representasi grafis. *Jurnal Riset Pendidikan Fisika*, 3 (1), 8–14.
- Pramuji, L., Permanasari, A., & Ardianto, D. (2018). Multimedia interaktif berbasis stem pada konsep pencemaran lingkungan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. *Journal of Science Education and Practice*, 2 (1), 27–43.
- Pratiwi, A., & Wasis, W. (2013). Pembelajaran dengan praktikum sederhana untuk mereduksi miskonsepsi siswa pada materi fluida statis di kelas XI SMA negeri 2 tuban. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika*, 02 (03), 117–120.
- Proctor, T. (2018). *Creative Problem Solving for Managers: Developing Skills for Decision Making and Innovation (Three Edition)*. Inggris: Routledge.
- Puchongprawet, J., & Chantraukrit, P. (2022). Creative problem-solving and creativity product in STEM education. *Anatolian Journal of Education*, 7 (2), 135–142.
- Pujiati, A. (2019). Peningkatan literasi sains dengan pembelajaran STEM di era revolusi industri 4.0. *Diskusi Panel Nasional Pendidikan Matematika*, 5 (1), 547–554.
- Putra, P. D. A., Sulaeman, N. F., Supeno, & Wahyuni, S. (2023). Exploring students' critical thinking skills using the engineering design process in a

- physics classroom. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 32 (1), 141–149.
- Putri, A. H., & Chandra, D. T. (2020). Efektivitas pendekatan multirepresentasi dalam pembelajaran berbasis masalah untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa SMA pada materi gaya dan gerak. *Journal of Natural Science and Integration (JNSI)*, 3 (2), 205–214.
- Rabbani, G. F., Abdurrahman, Ertikanto, C., Herlina, K., Rosidin, U., Umam, A. N., Nurjanah, A., Chairunnisya, S., Sulistiani, & Azizah, M. (2023). Design Thinking strategy integrated PjBL-STEM in learning program: Need analysis to stimulate creative problem-solving skills on renewable energy topic. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9 (11), 9776-9783.
- Rahayu S. (2017). Mengoptimalkan aspek literasi dalam pembelajaran kimia abad 21. *Prosiding Seminar Nasional Kimia UNY*, 21 (4), 183-188.
- Rahma, F. N., & Kurniawan, E. S. (2021). Penilaian kemampuan representasi grafik mahasiswa pada konsep gerak parabola berbantuan video simulasi software modellus. *SPEKTRA: Jurnal Kajian Pendidikan Sains*, 7 (2), 134-140.
- Ramirez, M., & Devesa, R. R. (2019). A scientometric look at mathematics education from Scopus database. *The Mathematics Enthusiast*, 16(1), 37–46.
- Redish, E. (2006). Problem solving and the use of math in physics courses. *ArXiv preprint physics/0608268*, hlm. 1-10.
- Richardson, J. T. E. (2011). Eta squared and partial eta squared as measures of effect size in educational research. *Educational Research Review*, 6 (2), 135–147.
- Rizky, G., Tomo, D., & Haratua, T. M. S. (2014). Kemampuan multirepresentasi siswa SMA dalam menyelesaikan soal-soal hukum newton. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Khatulistiwa*, 3 (8), 1-10.
- Rosenberg, J., & Jones, R. S. (2024). Data Science Learning in Grades K–12: Synthesizing Research Across Divides. *Harvard Data Science Review*, 6 (3), 1-42.
- Rosengrant, D. (2006). Case study: students' use of multiple representations in problem solving. *AIP Conference Proceedings*, 818 (1), 49–52.
- Rosengrant, D., Van Heuvelen, A., & Etkina, E. (2009). Do students use and understand free-body diagrams? *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 5 (1), 1-13.

- Rosidin, U., Herliani, D., & Viyanti. (2023). Development of assessment instruments in project-based learning to measure students scientific literacy and creative thinking skills on work and energy materials. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9 (6), 4484-4494.
- Rosidin, U., Suyanta, A., & Abdurrahman, A. (2019). A Combined HOTS-based assessment/STEM learning model to improve secondary students' thinking skills: A development and evaluation study. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 7 (3), 435-448.
- Rubenstein, L. D., Callan, G. L., Speirs Neumeister, K., Ridgley, L. M., & Hernández Finch, M. (2020). How problem identification strategies influence creativity outcomes. *Contemporary Educational Psychology*, 60 (1), 1-14.
- Saenboonsong, S., & Poonsawad, A. (2024). The development of students' creative problem-solving skills through learning model in gamification environment together with cartoon animation media. *Journal of Education and Learning*, 13 (2), 138-148.
- Saguni, F. (2019). Penerapan teori konstruktivis dalam pembelajaran. *Jurnal Paedagogia*, Vol. 8 (2), 19–32.
- Salikha, U. A., Sholihin, H., & Winarno, N. (2021). The influence of STEM project-based learning on students' motivation in heat transfer learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1806 (1), 1-8.
- Samudra, G. B., Suastra, I. W., & Suma, K. (2014). Permasalahan-permasalahan yang dihadapi siswa SMA di kota singaraja dalam mempelajari fisika. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran IPA Indonesia*. 4 (1), 1-7.
- Sari, A. P., Feranie, S., & Karim, S. (2015). Penerapan pembelajaran berbasis masalah dengan pendekatan multirepresentasi untuk meningkatkan prestasi belajar dan konsistensi ilmiah berbasis multirepresentasi pada materi elastisitas. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 1 (2), 45–50.
- Sartika, D. (2019). Pentingnya pendidikan berbasis STEM dalam kurikulum 2013. *Jurnal Ilmu Sosial Dan Pendidikan*, 3 (3), 89–93.
- Schönborn, K. J., & Anderson, T. R. (2009). A model of factors determining students' ability to interpret external representations in biochemistry. *International Journal of Science Education*, 31 (2), 193–232.
- Septiani, T., Yulikifli, & Havid, M. (2020). Preliminary analysis of student worksheets development with multi-representation approach on 21st century physics learning. In Ramli, Yohandri, W. C., & A. B. S. (Eds.),

Journal of Physics: Conference Series, hlm. 1-8. Padang: Universitas Negeri Padang, Indonesia.

- Septiani, T., & Yulkifli. (2021). Validity of student worksheet inquiry based learning model with multi-representation approach integrated scientific literacy for grade XI physics learning on 21stcentury. *Journal of Physics: Conference Series*, 1876 (1), 1-10.
- Setiawan, N. C. E., Sutrisno, S., Munzil, M., & Danar, D. (2020). Pengenalan STEM (science, technology, engineering, and mathematics) dan pengembangan rancangan pembelajarannya untuk merintis pembelajaran kimia dengan sistem SKS di kota madiun. *Lambung Inovasi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5 (2), 56-64.
- Severinus, D. (2013). Pembelajaran fisika menurut hakekatnya serta sumbangannya dalam pendidikan karakter siswa. *Lontar Physics Forum*, 2 (1311), 1–10.
- Shahat, M. A., Al-Balushi, S. M., Abdullah, S., & Al-Amri, M. (2024). Global perspectives and methodological innovations in STEM education: A systematic mapping analysis of engineering design-based teacher training. *Arab Gulf Journal of Scientific Research*, 42 (4), 2047–2068.
- Shepherd, M. A., & Richardson, E. J. (2024). Opting for open-source? A review of free statistical software programs. *Teaching Statistics*, 46 (1), 53–63.
- Shofiyah, N., Jatmiko, B., Suprpto, N., Prahani, B. K., & Anggraeni, D. M. (2025). The use of technology to scientific reasoning in science education: A bibliometric and content analysis of research papers. *Social Sciences & Humanities Open*, 11 (1), 1-13.
- Siemens, G. (2004). Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*.
- Simamora, M. R., Sinaga, P., & Jauhari, A. (2016). Pembelajaran fisika menggunakan multirepresentasi untuk meningkatkan kemampuan kognitif dan kemampuan pemecahan masalah siswa smp pokok bahasan getaran dan gelombang. *Prosiding SNIPS*, hlm. 501–505. Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, 21-22 Juli.
- Simarmata, J., Simanihuruk, L., Ramadhani, R., Safitri, M., Wahyuni, D., & Iskandar, A. (2020). *Pembelajaran STEM berbasis HOTS dan Penerapannya (Cetakan ke-1)*. Indonesia: Yayasan Kita Menulis.
- Sirnoorkar, A., Bergeron, P. D. O., & Laverty, J. T. (2023). Sensemaking and scientific modeling: intertwined processes analyzed in the context of physics problem solving. *Physical Review Physics Education Research*, 19 (1), 1-16.

- Sirnoorkar, A., & Lavery, J. T. (2023). Theoretical exploration of task features that facilitate student sensemaking in physics. *ArXiv preprint arXiv:2302.11478*, hlm. 1-18.
- Slavin, R. E. (2006). *Educational Psychology: Theory and Practice (Ten Edition)*. Inggris: Pearson.
- Smith, J. D., Li, D. H., & Rafferty, M. R. (2020). The implementation research logic model: a method for planning, executing, reporting, and synthesizing implementation projects. *Implementation Science*, 15 (1), 1-12.
- Steiner, G. (2009). The concept of open creativity: collaborative creative problem solving for innovation generation a system approach. *Journal of Business and Management*, 15 (1), 5-33.
- Stoen, S. M., McDaniel, M. A., Frey, R. F., Hynes, K. M., & Cahill, M. J. (2020). Force Concept Inventory: More than just conceptual understanding. *Physical Review Physics Education Research*, 16 (1), 1-12.
- Stohlmann, M., Moore, T., & Roehrig, G. (2012). Considerations for teaching integrated stem education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 2 (1), 28-34.
- Subramaniam, R. C., Borse, N., Allen, W., Sirnoorkar, A., Morpew, J. W., Rebello, C. M., & Rebello, N. S. (2025). Applying a STEM ways of thinking framework for student-generated engineering design-based physics problems. *ArXiv preprint arXiv:2503.05957*, hlm. 1-43.
- Sulistiani, Suyatna, A., & Rosidin, U. (2024). Pembelajaran berdiferensiasi berbantuan LKPD bermuatan STEM pada materi energi alternatif untuk meningkatkan keterampilan proses sains dan creative problem solving. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10 (1), 385-395.
- Sun, M., Wang, M., & Wegerif, R. (2020). Effects of divergent thinking training on students' scientific creativity: the impact of individual creative potential and domain knowledge. *Thinking Skills and Creativity*, 37 (1), 1-10.
- Sunarno, W. (2018). Pembelajaran IPA di era revolusi industri 4.0. *Seminar nasional peran pendidik dan ilmuwan sains dalam menyongsong revolusi industri 4.0*, hlm. 1–8. Universitas PGRI Madiun, Madiun, 25 Juli.
- Sunyono, S. (2020). *Model pembelajaran multiple representasi; Pembelajaran empat fase dengan lima kegiatan: Orientasi, eksplorasi imajinatif, internalisasi, dan evaluasi (Edisi ke-2.)*. Indonesia: Graha Ilmu.
- Sunyono, S., Yuanita, L., & Ibrahim, M. (2015). Supporting students in learning with multiple representation to improve student mental models on atomic structure concepts. *Science Education International*, 26 (2), 104–125.

- Supriyatun, S. E. (2019). Implementasi pembelajaran sains, teknologi, engineering, dan matematika STEM pada materi fungsi kuadrat. *JUMLAHKU: Jurnal Matematika Ilmiah STKIP Muhammadiyah Kuningan*, 5 (1), 80–87.
- Suroto, S. (2021). Penerapan metode stem berbasis proyek untuk meningkatkan hasil dan keaktifan belajar mata pelajaran sistem kontrol terprogram. *Jurnal Edukasi Elektro*, 5 (2), 120–130.
- Susilaningsih, E., Drastisianti, A., Lastri, Kusumo, E., & Alighiri, D. (2019). The analysis of concept mastery using redox teaching materials with multiple representation and contextual teaching learning approach. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8 (4), 475–481.
- Sutarja, M. C., Sutopo, & Latifah, E. (2016). Identifikasi kesulitan pemahaman konsep siswa pada fluida statis. *Pros. Seminar Pend. IPA Pascasarjana UM*, 1 (1), 339–350.
- Sutarto, Indrawati, & Wicaksono, I. (2018). The role of picture of process (pp) on senior high school students ' collision concept learning activities and multirepresentation ability. *Journal of Physics: Conference Series*, 1006 (1), 1-6.
- Sutarto, Wadhany, R. P. K., & Subiki. (2014). Media video kejadian fisika dalam pembelajaran fisika di SMA. *Jurnal pembelajaran fisika*, 2 (4), 1-14.
- Suwardi. (2021). STEM (science, technology, engineering, and mathematics) inovasi dalam pembelajaran vokasi era merdeka belajar abad 21. *PAEDAGOGY : Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Psikologi*, 1 (1), 40–48.
- Suyatna, A., Viyanti, & Andra, D. (2024). Implementation of d-learning based moodle to optimize students' performance ability and skills of the physics education study program at the University of Lampung. *AIP Conference Proceedings*, 3058 (1), 1-14.
- Suyatna, A., Viyanti, V., & Sestika, S. (2020). Dynamic fluid e-module with STEM approach to stimulate HOTS of high school students in distance learning. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 21 (2), 132-145.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12 (2), 257–285.
- Syahirah, M., Anwar, L., & Holiwarni, B. (2020). Pengembangan modul berbasis STEM (science, technology, engineering and mathematics) pada pokok bahasan elektrokimia. *Jurnal Pijar Mipa*, 15 (4), 317–324.
- Syahmel, & Jumadi. (2020). Utilization of multiple representations in science learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1567 (4), 2–9.

- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2011). *Multivariate Analysis of Variance (MANOVA)*. In *International Encyclopedia of Statistical Science*. Jerman: Heidelberg.
- Tarno, H. (2020). Kontribusi matematika dalam pembelajaran steam. *Seminar Nasional Matematika Dan Pendidikan Matematika*, hlm. 6–18. Indonesia: Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- Torrance, E. P. (1974). *Torrance tests of creative thinking*. Amerika Serikat: Scholastic Testing Service
- Treffinger, D. J. (1995). Creative problem solving: Overview and educational implications. *Educational Psychology Review*, 7 (3), 301–312.
- Treffinger, D. J., & Isaksen, S. G. (2005). Creative problem solving: the history, development, and implications for gifted education and talent development. *Gifted Child Quarterly*, 49 (4), 342–353.
- Treffinger, D. J., & Isaksen, S. G. (2013). Teaching and applying creative problem solving: implications for at-risk students. *International Journal for Talent Development and Creativity*, 1 (1), 87–97.
- Treffinger, D. J., Isaksen, S. G., & Dorval, K. B. (2010). Creative problem solving (CPS Version 6. 1 TM) a contemporary framework for managing change. *Center for Creative Learning, Inc and Creative Problem Solving Group, Inc*, hlm. 1-7.
- Trisanti, D. D. T., & Sudarti. (2021). Electromagnetic waves spectrum in physics students. *PSEJ: Pancasakti Science Education Journal*, 6 (2), 46–51.
- Tseng, K.-H., Chang, C.-C., Lou, S.-J., & Hsu, P.-S. (2013). Using creative problem solving to promote students' performance of concept mapping. *International Journal of Technology and Design Education*, 23 (1), 1093–1109.
- Tuveri, M., Sanna, A. P., & Cadoni, M. (2025). The role of conceptual problem solving in learning physics: A study in a general relativity university course. *arXiv preprint arXiv:2502.08564*, hlm.1-20.
- Utami, N. R., Utama, W. W. I., & Handoko, H. (2021). Development of a multirepresentation-based learning model to increase the emotional intelligence of 5—6 years old children. *Journal of Physics: Conference Series*, 1823 (1), 1-10.
- van Broekhoven, K., Belfi, B., Hocking, I., & van der Velden, R. (2021). Fostering University Students' Idea Generation and Idea Evaluation Skills With a Cognitive-Based Creativity Training. *Creativity Theories – Research - Applications*, 7(2), 284–308.

- van Hooijdonk, M., Mainhard, M. T., Kroesbergen, E. H., & van Tartwijk, J. W. F. (2020). Creative problem solving in primary education: Exploring the role of fact finding, problem finding, and solution finding across tasks. *Thinking Skills and Creativity*, 37 (1), 1-10.
- Vázquez-Villegas, P., Mejía-Manzano, L. A., Sánchez-Rangel, J. C., & Membrillo-Hernández, J. (2023). Scientific method's application contexts for the development and evaluation of research skills in higher-education learners. *Education Sciences*, 13 (1), 1-18.
- Vernon, D., Hocking, I., & Tyler, T. C. (2016). An evidence-based review of creative problem solving tools: a practitioner's resource. *Human Resource Development Review*, 15 (2), 230–259.
- Vidak, A., Šapić, I. M., Mešić, V., & Gomzi, V. (2024). Augmented reality technology in teaching about physics: A systematic review of opportunities and challenges. *European Journal of Physics*, 45 (2), 1-43.
- Viyanti, V., Suyatna, A., Dinatikan, H. K., & Budiarti, I. S. (2020). Analisis kebutuhan pengembangan lkpdp berbasis pjb-stem untuk mereduksi perbedaan penalaran ilmiah dan performance argumentasi. *Papua Journal of Physics Education*, 1 (2), 1-13.
- Viyanti, V., Suyatna, A., & Naj'iyah, A. L. (2021). Analisis kebutuhan pengembangan strategi pembelajaran fisika berbasis STEM di era digital mengakomodasi ragam gaya belajar dan pengetahuan awal. *Radiasi : Jurnal Berkala Pendidikan Fisika*, 14 (1), 1-10.
- Vo, D. V., & Simmie, G. M. (2025). Assessing scientific inquiry: A Systematic literature review of tasks, tools and techniques. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 23 (4), 871–906.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: Development of Higher Psychological Processes*. Amerika Serikat: Harvard University Press.
- Waldrip, B., Prain, V., & Carolan, J. (2010). Using multi-modal representations to improve learning in junior secondary science. *Research in Science Education*, 40 (1), 65–80.
- Wati, G., Tandililing, E., & Oktavianty, E. (2006). Pengaruh pendekatan multirepresentasi terhadap kemampuan kognitif peserta didik pada materi momentum dan impuls. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Khatulistiwa (JPPK)*, 8 (9), 1-10.
- Watkins, J. (2023). “That is still STEM”: appropriating the engineering design process to challenge dominant narratives of engineering and STEM. *Cognition and Instruction*, 41 (4), 405–435.

- Weimer, M. (2013). *Learner-Centered Teaching: Five Key Changes to Practice*. Amerika Serikat: Jossey-Bass.
- Wibowo, I. G. A. W. (2018). Peningkatan keterampilan ilmiah peserta didik dalam pembelajaran fisika melalui penerapan pendekatan stem dan e-learning. *Journal of Education Action Research*, 2 (4), 315-321.
- Widayanti, Abdurrahman, & Suyatna, A. (2019). Future physics learning materials based on STEM education: Analysis of teachers and students perceptions. *Journal of Physics: Conference Series*, 1155 (1), 1-9.
- Widiana, I. W., Studi, P., Dasar, P., & Ganesha, U. P. (2022). Pengaruh pendekatan stem berbasis aktivitas ekonomi. *Junal Pendidikan Dasar Indonesia*, 6 (2), 23–34.
- Widias, N., & El, H. L. (2022). Rancangan desain pembelajaran science, technology, engineering and mathematic untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis siswa. *Griya Journal of Mathematics Education and Application*, 2 (4), 1117–1128.
- Wigert, B. G., Murugavel, V. R., & Reiter-Palmon, R. (2024). The utility of divergent and convergent thinking in the problem construction processes during creative problem-solving. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 18 (5), 858–868.
- Winarni, J., Zubaidah, S., & H, S. K. (2016). STEM: apa, mengapa, dan bagaimana. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan IPA Pascasarjana UM*, 1 (1), 976-984.
- Winarno, N., Rusdiana, D., Samsudin, A., Susilowati, E., Ahmad, N., & Afifah, R. M. A. (2020). The steps of the engineering design process (EDP) in science education: A systematic literature review. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8 (4), 1345-1360.
- Wu, C. J., & Liu, C. Y. (2021). Eye-movement study of high- and low-prior-knowledge students' scientific argumentations with multiple representations. *Physical Review Physics Education Research*, 17(1), 1-16.
- Wu, T.-T., Asmara, A., Huang, Y.-M., & Permata Hapsari, I. (2024). Identification of problem-solving techniques in computational thinking studies: Systematic literature review. *SAGE Open*, 14 (2), 1-20.
- Wulandari, S. (2021). Studi literatur penggunaan PBL berbasis video untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*, 9 (1), 7-17.
- Yang, K.-K. (2025). Exploring primary school students drawing solutions to problems in STEM activities. *Thinking Skills and Creativity*, 56 (6), 1-13.

- Yaşar, M. D., Erdoğan, M., Batdı, V., & Cinkara, Ü. (2024). Evaluation of cooperative learning in science education: A mixed-meta method study. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 12 (3), 411–427.
- Yurt, E. (2025). The Creative Problem-Solving Skills Test: Development and Initial Validation. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 13(3), 761–790.
- Yusup, M. (2012). Strategi efektif pembelajaran fisika: Ajarkan konsep. *Palembang: Physics Education Study Program at Sriwijaya University*, hlm. 1-4.
- Zhai, N., Huang, Y., Ma, X., & Chen, J. (2023). Can reflective interventions improve students' academic achievement? A meta-analysis. *Thinking Skills and Creativity*, 49 (4), 1-10.
- Zhang, M. (2014). Who are interested in online science simulations? Tracking a trend of digital divide in internet use. *Computers & Education*, 76 (1), 205–214.
- Zhao, F., & Schuchardt, A. (2021). Development of the Sci-math sensemaking framework: Categorizing sensemaking of mathematical equations in science. *International Journal of STEM Education*, 8 (1), 1-10.
- Zheng, W., Akaliyski, P., Ma, C., & Xu, Y. (2024). Cognitive flexibility and academic performance: Individual and cross-national patterns among adolescents in 57 countries. *Personality and Individual Differences*, 217 (2), 1-14.
- Zhong, B., Liu, X., & Li, X. (2024). Effects of reverse engineering pedagogy on students' learning performance in STEM education: The bridge-design project as an example. *Heliyon*, 10 (2), 1-12.
- Zuhri, R. S., Wilujeng, I., & Haryanto. (2023). Multiple representation approach in elementary school science learning: A Systematic literature review. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 22 (3), 51-73.