

**PENGEMBANGAN *e*-LKPD MODEL MULTI REPRESENTASI UNTUK
MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR SISTEM**

(Tesis)

Oleh

**VIDI AYU WININGDYAH
2223025005**



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

ABSTRAK
**PENGEMBANGAN *e*-LKPD MODEL MULTI REPRESENTASI UNTUK
MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR SISTEM**

Oleh

VIDI AYU WININGDYAH

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan produk, mendeskripsikan kepraktisan, dan keefektifan *e*-LKPD multi representasi untuk meningkatkan keterampilan berpikir sistem. Hasil studi pendahuluan mengungkapkan 100% pendidik belum menggunakan *e*-LKPD model multi representasi dalam pembelajarannya. Metode penelitian yang digunakan adalah R&D yang mengacu pada model pengembangan Gall, et al. Subyek untuk uji coba produk adalah peserta didik kelas VII SMP Negeri 2 Sekampung. Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan *purposive sampling* dan desain yang digunakan untuk uji coba produk adalah *Pretest Posttest Non Equivalent Control Group Design*. Instrumen pengambilan data pada penelitian ini adalah angket analisis kebutuhan *e*-LKPD menurut pendidik dan menurut peserta didik, angket validasi produk oleh ahli, angket respon pendidik dan peserta didik, soal *pretest-posttest*, lembar keterlaksanaan pembelajaran. Teknik analisis data menggunakan uji *independent sampel t-test* terhadap rata-rata *n-Gain* keterampilan berpikir sistem. Hasil penelitian ini berupa produk *e*-LKPD model multi representasi untuk meningkatkan keterampilan berpikir sistem peserta didik. Produk *e*-LKPD model multi representasi ini dinyatakan valid dan layak digunakan, berdasarkan hasil validasi ahli, pada kesesuaian isi sebesar 95%, konstruksi sebesar 92% dan keterbacaan sebesar 90%. Produk *e*-LKPD model multi representasi ini praktis sebagai upaya untuk meningkatkan kemampuan berpikir sistem peserta didik SMP. Produk *e*-LKPD model multi representasi ini dinyatakan praktis, berdasarkan respon pendidik dengan hasil respon positif sebesar 97%, respon positif peserta didik sebesar 100% dan hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran sebesar 86.05%. Adapun produk *e*-LKPD model multi representasi ini efektif sebagai upaya untuk meningkatkan kemampuan berpikir sistem peserta didik SMP. Hal ini didasarkan dari perolehan rata-rata nilai *n-Gain* kelas eksperimen yang berkategori tinggi sebesar 0,710 dan *effect size* sebesar 0,872 berkategori besar.

Kata kunci : *e*-LKPD, Model Multi Representasi, keterampilan berpikir sistem

ABSTRACT
DEVELOPMENT OF MULTI-REPRESENTATION MODEL e-LKPD TO
IMPROVE SYSTEM THINKING SKILLS

By

VIDI AYU WININGDYAH

This research aims to develop a product, describe the practicality, and evaluate the effectiveness of a multi-representation model e-LKPD to improve students' systems thinking skills. Preliminary studies revealed that 100% of teachers had not yet implemented the multi-representation e-LKPD in their teaching. The research method used was Research and Development (R&D), referring to the Gall, et al development model. The trial subjects were seventh-grade students of SMP Negeri 2 Sekampung. The sampling technique used was purposive sampling, and the product testing design was a Pretest-Posttest Non-Equivalent Control Group Design. The data collection instruments included questionnaires on e-LKPD needs (for both teachers and students), expert validation questionnaires, teacher and student response questionnaires, pretest-posttest questions, and lesson implementation observation sheets. Data analysis was conducted using an independent sample t-test on the average n-Gain of systems thinking skills. The result of this study is a multi-representation model e-LKPD designed to enhance students' systems thinking skills. The e-LKPD product was declared valid and feasible for use, based on expert validation scores: 95% for content appropriateness, 92% for construction, and 90% for readability. The product was also found to be practical in supporting the improvement of students' systems thinking skills, as shown by a 97% positive response from teachers, 100% positive response from students, and a lesson implementation rate of 86.05%. The e-LKPD product was proven effective in enhancing systems thinking skills, indicated by the experimental class's average n-Gain score of 0.710, categorized as "high", and an effect size of 0.872, categorized as "large".

Keywords: e-LKPD, Multi-Representation Model, Systems Thinking Skills

**PENGEMBANGAN *e*-LKPD MODEL MULTI REPRESENTASI UNTUK
MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR SISTEM**

Oleh

VIDI AYU WININGDYAH

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER PENDIDIKAN**

Pada

**Program Studi Magister Pendidikan IPA
Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



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

Judul Tesis

: **PENGEMBANGAN *e*-LKPD MODEL MULTI
REPRESENTASI UNTUK
MENINGKATKAN KETERAMPILAN
BERPIKIR SISTEM**

Nama Mahasiswa

: *Vidi Ayu Winingdyah*

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2223025005

Program Studi

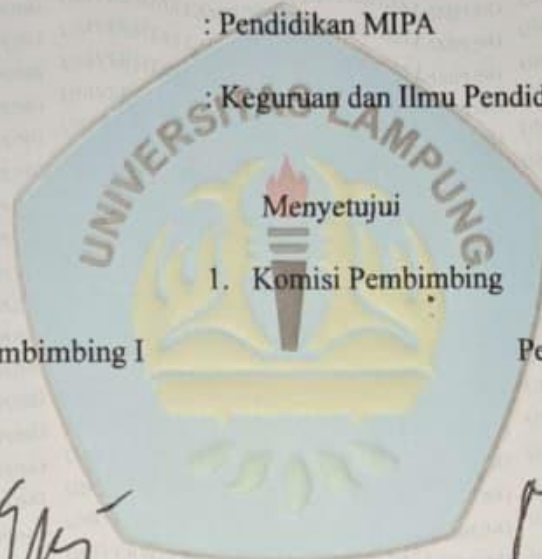
: Magister Pendidikan IPA

Jurusan

: Pendidikan MIPA

Fakultas

: Keguruan dan Ilmu Pendidikan



1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing 2

Dr. Dewi Lengkana, M.Sc.
NIP 19611027 198603 2 001

Dr. M. Setyarini, M.Si.
NIP 19670511 199103 2 001

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Pendidikan MIPA

Ketua Program Studi

Dr. Nurhanurawati, M. Pd.
NIP 19670808 199103 2 001

Prof. Dr. Neni Hasnunidah, M.Si.
NIP 19700327 199403 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji
Ketua

: Dr. Dewi Lengkana, M.Sc.

Sekretaris

: Dr. M. Setyarini, M.Si.

Penguji

Bukan Pembimbing : I. Prof. Dr. Chansyanah Diawati, M.Si.

II. Dr. Kartini Herlina, M.Si.

2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan



Dr. Albet Maydiantoro, M. Pd.
NIP 19870504 201404 1 001

3. Direktur Program Pascasarjana



Prof. Dr. Ir. Murhadi, M. Si.
NIP 19640326 198902 1 001

Tanggal Lulus Ujian Tesis : 08 Agustus 2025

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Vidi Ayu Winingdyah
Nomor Pokok Mahasiswa : 2223025005
Program Studi : Magister Pendidikan IPA
Jurusan : Pendidikan MIPA

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar magister di suatu perguruan tinggi. Sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak di kemudian hari ini terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka saya bertanggung jawab sepenuhnya.

Bandar Lampung, 08 Agustus 2025

Yang menyatakan,



Vidi Ayu Winingdyah

NPM 2223025005

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Desa Hargomulyo, Kecamatan Sekampung, Kabupaten Lampung Timur pada tanggal 14 September 1995, penulis merupakan anak tunggal dari pasangan Alm. Bapak Ngadimin dan Ibu Endang Sugianti.

Penulis mengawali pendidikan formal pada tahun 2004 di SDN Bumi Jaya dan menyelesaikan pada tahun 2009.

Penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 2 Sekampung dan diselesaikan pada tahun 2011. Penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 1 Metro, diselesaikan pada tahun 2014. Selanjutnya, pada tahun 2014 penulis melanjutkan studi S-1 pada program studi Pendidikan Kimia di Universitas Lampung lewat jalur SNMPTN, dan diselesaikan pada tahun 2018.

Setelah menyelesaikan studi S-1 di Pendidikan Biologi Universitas Lampung, pada tahun 2019 penulis mengabdikan diri di UPTD SDN 2 Sumbersari. Pada tahun 2020 mengambil kuliah S1 PGSD di Universitas Terbuka dan selesai pada tahun 2022. Pada tahun 2022 diterima menjadi ASN PPPK guru di Pemda Kabupaten Lampung Timur dan bertugas sebagai guru kelas di UPTD SDN 2 Sumbersari hingga sekarang. Penulis kemudian melanjutkan studi S-2 pada Program Studi Magister Pendidikan IPA Jurusan Pendidikan MIPA FKIP Universitas Lampung pada tahun 2022.

PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Allah SWT yang selalu melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya karena atas kehendak-Nya penulis dapat menyelesaikan studi ini. Dengan kerendahan hati, kupersembahkan karya tulis ini sebagai ungkapan terimakasih kepada:

Alm. Bapak Ngadimin

Ayah Muslim Rosidi dan Ibu Endang Sugianti

Keluarga Tersayang

(Bude Tini, Mas Chandra, Mb Uus, Ema, Ari, ponakan tersayang aura dan aleea)

Terima kasih atas segala ridho, pengorbanan, dukungan, dan doa tanpa henti yang senantiasa dipanjatkan untuk mengiringi langkah ini agar dapat menyelesaikan studi magister.

MOTTO

"Dengan kerja keras dan ketekunan, segala hal menjadi mungkin."

"Jangan pernah menyerah, karena setiap hari adalah kesempatan baru."

"Nikmati setiap prosesnya, bukan hanya hasilnya."

"Belajar sepanjang hayat, karena ilmu tak pernah berhenti berkembang."

"Teruslah mencari ilmu, karena ilmu adalah cahaya."

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan ke hadirat Allah SWT, karena atas rahmat-Nya dan hidayah-Nya Tesis ini dapat diselesaikan. Tesis dengan judul “Pengembangan e-LKPD Model Multi Representasi untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Sistem” adalah sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Pendidikan di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.S.S.IPM. selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Prof. Dr. Ir. Murhadi, M. Si. selaku Direktur Pascasarjana Universitas Lampung;
3. Dr. Albet Maydiantoro, M. Pd. selaku Dekan FKIP Universitas Lampung;
4. Dr. Nurhanurawati, M. Pd. selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA;
5. Prof. Dr. Neni Hasnunidah, M. Si. selaku Ketua Program Studi Magister Pendidikan IPA.
6. Dr. Dewi Lengkana, M. Sc. selaku Pembimbing I atas kesediaan, kesabaran, dan keikhlasannya dalam memberikan saran dan masukan selama penulisan tesis;
7. Dr. M. Setyarini, M. Si. selaku Pembimbing II atas kesediaan, kesabaran, dan keikhlasannya dalam memberikan saran dan masukan selama penulisan tesis;
8. Prof. Dr. Chansyanah Diawati, M. Si. selaku Pembahas I atas kesediaan, kesabaran, dan keikhlasannya dalam memberikan saran dan masukan selama penulisan tesis;

9. Dr. Kartini Herlina, M. Si. selaku Pembahas II atas kritik dan saran perbaikan yang telah diberikan;
10. Dr. Dina Maulina, M. Si. selaku Validator I atas bimbingan, kritik, dan saran perbaikan produk penelitian yang telah diberikan;
11. Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si. selaku Validator II atas bimbingan, kritik dan saran perbaikan produk penelitian yang telah diberikan;
12. Dosen-dosen Program Studi Magister Pendidikan IPA Universitas Lampung atas ilmu yang telah Bapak dan Ibu berikan;
13. Kepala UPTD SMP Negeri 2 Sekampung Bapak Muhammad Juhari, M.Pd. dan Ibu Siti Rohani, S.Pd., selaku guru mata pelajaran IPA yang telah bersedia membantu penelitian tesis ini;
14. Keluarga UPTD SDN 2 Sumbersari tempat mengabdikan yang selalu memberikan dukungan dan doa untuk kelancaran studi;
15. Keluarga besarku yang selalu memberikan dukungan, cinta, kasih sayang, serta doa yang tak pernah putus untuk kelancaran studi;
16. Sahabatku di Program Studi Magister Pendidikan IPA Angkatan 2022 (Sekar, Mb Hana, Ainun, Ibu Anisa, Ibu Umamah, Ibu Kesi, Ade, Loly, dan Fitri) yang telah memberikan dukungan selama perkuliahan dan penyelesaian tesis;

Semoga Allah SWT memberikan balasan atas bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis dan semoga tesis ini dapat bermanfaat.

Bandar Lampung, 08 Agustus 2025

Penulis,

Vidi Ayu Winingdyah

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Tujuan Penelitian	8
1.4 Manfaat Penelitian	8
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	9
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	12
2.1 Pendekatan Konstruktivisme.....	12
2.2 e-LKPD	13
2.3 Teori Pembelajaran Multimedia	15
2.4 Pembelajaran Model Multi Representasi	17
2.5 Keterampilan Berpikir Sistem	20
2.6 Ruang Lingkup Materi	23
2.7 Penelitian yang Relevan	24
2.8 Hipotesis	25
2.9 Kerangka Pemikiran.....	25
III. METODE PENELITIAN	30
3.1 Desain Penelitian.....	30
3.2 Teknik Pengumpulan Data	38
3.3 Instrumen Penelitian.....	38
3.4 Teknik Analisis Data.....	42
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	53
4.1 Hasil Penelitian	53
4.2 Pembahasan.....	74
V. SIMPULAN DAN SARAN	87
5.1 Kesimpulan	87

5.2 Keterbatasan Penelitian	87
5.3 Saran	88
DAFTAR PUSTAKA	89
LAMPIRAN.....	89
Lampiran 1. Angket Kebutuhan Pendidik	100
Lampiran 2. Angket Kebutuhan Peserta Didik	103
Lampiran 3. Hasil Output Angket Kebutuhan Pendidik	106
Lampiran 4. Hasil Output Angket Kebutuhan Peserta Didik.....	107
Lampiran 5. Modul Ajar	111
Lampiran 6. Angket Validasi Ahli	121
Lampiran 7. Rekapitulasi Hasil Validasi	131
Lampiran 8. Angket Respon Pendidik dan Pesserta Didik	133
Lampiran 9. Hasil Rekapitulasi Respon Pendidik	138
Lampiran 10. Hasil Rekapitulasi Respon Peserta Didik	139
Lampiran 11. Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran	142
Lampiran 12. Hasil Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran	144
Lampiran 13. Kisi-kisi Pretes dan Postes Keterampilan Berpikir Sistem	146
Lampiran 14. Soal Pretes dan Postes	151
Lampiran 15. Rubrik Penilaian Pretes dan Postes	154
Lampiran 16. Data Validitas dan Reliabilitas Soal Pretes dan Postes.....	169
Lampiran 17. Hasil Output Uji Validitas dan Reliabilitas Soal Pretes dan Postes	172
Lampiran 18. Data Pretes dan Postes Kelas Eksperimen.....	176
Lampiran 19. Data Pretes ndan Postes Kelas Kontrol	180
Lampiran 20. Data <i>n-Gain</i> Kemampuan Berpikir Sistem	184
Lampiran 21. Hasil Level Kemampuan Berpikir Sistem	187
Lampiran 22. Hasil Output Uji Normalitas	188
Lampiran 23. Hasil Output Uji Homogenitas.....	189
Lampiran 24. Hasil Output Uji Perbedaan Dura Rata-rata <i>n-Gain</i>	190
Lampiran 25. <i>Effet Size</i>	191
Lampiran 26. <i>e-LKPD</i>	192
Lampiran 27. Kisi-kisi <i>e-LKPD</i>	228

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Level Keterampilan Berpikir Sistem	22
2. Penelitian Terdahulu	24
3. Storyboard e-LKPD Model Multi Representasi	34
4. Desain Penelitian.....	37
5. Teknik Pengumpulan Data	38
6. Kisi-kisi Instrumen Validasi Isi.....	39
7. Kisi-kisi Instrumen Validasi Konstruksi	39
8. Kisi-kisi Instrumen Validasi Bahasa	40
9. Kisi-kisi Respon Pendidik.....	41
10. Kisi-kisi Respon Peserta Didik.....	41
11. Kisi-kisi Soal Ketampilan Berpikir Sistem.....	41
12. Penskoran Jawaban Validasi Ahli	44
13. Tafsiran Presentase Angket Validasi Ahli	44
14. Penskoran Jawaban Responden.....	45
15 Kriteria Presentasi Analisis Kepraktisan	45
16. Kriteria Koefisien Validitas.....	46
17. Kriteria Derajat Reliabilitas.....	46
18. Kriteria Presentase Angket.....	47
19. Kriteria <i>n-Gain</i>	47
20. Kriteria Persentase Keterlaksanaan Pembelajaran	48
21. Kriteria <i>Effect Size</i>	50
22. Gap Analysis.....	56
23. Hasil Uji Validitas Butir Soal Pretes dan Postes	58
24. Hasil Uji Reliabilitas	59
25. Persentase Hasil Validasi Ahli	62
26. Hasil Revisi Produk Akhir e-LKPD	62

27. Respon Peserta Didik Terhadap Kepraktisan	64
28. Respon Pendidik Terhadap Kepraktisan.....	65
29. Rata-rata Nilai <i>n-Gain</i>	70
30. Hasil Uji Normalitas dan Homogenitas	70
31. Hasil Uji <i>Independent Sample t-test</i>	71
32. Hasil Uji <i>Effect Size</i>	72
33. Data Keterlaksanaan Pembelajaran Menggunakan e-LKPD	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Alur Penelitian	51
2. Tautan Akses e-LKPD Model Multi Representasi	74
3. Jawaban Postes Mengidentifikasi komponen sistem dan proses dalam sistem	78
4. Jawaban Postes Mengidentifikasi hubungann diantara komponen sistem....	78
5. Jawaban Postes Mengidentifikasi hubungann diantara komponen sistem.	79
6. Jawaban Postes Mengidentifikasi hubungann dinamis komponen sistem.....	79
7. Jawaban Postes Mengidentifikasi hubungan dinamis di dalam sistem.....	82
8. Jawaban Postes Membuat Generalisasi.....	84
9. Jawaban Postes Memahami Dimensi Sistem	84

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keterampilan berpikir sistem penting bagi peserta didik untuk memahami kompleksitas hubungan antarmanusia saat mengikuti perkembangan terkini menuju pembangunan berkelanjutan di seluruh dunia. Ketika peserta didik mempunyai keterampilan ini, maka akan lebih mudah menghubungkan materi yang satu dengan materi yang lain (Schuler, 2017). Keterampilan ini membuat hubungan antara masalah yang sebelumnya tampak tidak berkaitan menjadi saling berkaitan (Clark et al., 2017). Berpikir sistem dapat mengantarkan peserta didik untuk memasuki transisi dalam melihat permasalahan dari bukan hanya sekedar melihat komponen, namun juga dapat melihat hubungan antar komponen, kemudian melihat hubungan yang saling interkoneksi, hingga akhirnya melihat hubungan yang saling ketergantungan antar komponen. Keterampilan ini membuat manusia dapat memahami permasalahan dengan lebih baik, dan pemahaman yang lebih baik bisa membuka peluang solusi yang lebih baik pula (Bungsu & Rosadi, 2020).

Rohmadi (2018) menyatakan bahwa proses dari berpikir sistem akan melahirkan sebuah hasil pikir yang nantinya berefek kepada suatu tindakan atau perilaku. Menurut Adetary (2016) berpikir sistem berdampak kepada serangkaian pemikiran yang membentuk kebiasaan berpikir seseorang atau cara pandang seseorang sebagai implikasi dari pemahaman terhadap suatu objek pikiran dalam merespon suatu permasalahan. Jadi keterampilan berpikir sistem, untuk memahami dan menganalisis bagaimana berbagai elemen atau aspek suatu sistem saling terkait dan mempengaruhi satu sama lain.

Schuler dkk., (2018) menyatakan bahwa berpikir sistem dapat berkontribusi pada pengembangan pemahaman peserta didik. Keterampilan berpikir sistem membantu peserta didik dalam mengambil keputusan untuk menghindari kesalahan karena berpikir sistem membantu menghubungkan dan mengambil berbagai macam keputusan dengan mempertimbangkan dampak keputusan yang telah di ambil (Clark, 2017). Jadi berpikir sistem membantu peserta didik dapat mengembangkan pemahaman yang lebih mendalam dan komprehensif, yang pada gilirannya dapat meningkatkan keterampilan untuk memecahkan masalah kompleks dan membuat keputusan yang lebih baik dalam konteks yang lebih luas.

Berdasarkan data yang diperoleh dari *Programme for International Student Assessment* (PISA), keterampilan berpikir sistem merupakan salah satu aspek yang dinilai dalam asesmen yang diselenggarakan oleh *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD). Hasil rata-rata pada tahun 2022 menurun dibandingkan dengan tahun 2018 sehingga capaian hasil PISA yang rendah dapat mengindikasikan bahwa keterampilan berpikir sistem peserta didik juga berada pada tingkat yang rendah (OECD, 2022). Sejalan dengan penelitian yang dilakukan Nuraeni (2020) menyatakan bahwa pengajar dan peserta didik belum menghubungkan materi dengan konsep-konsep lainnya sehingga koneksi antar konsep sulit diperoleh saat menyelesaikan soal keterampilan berpikir sistem sehingga dapat dikatakan bahwa keterampilan berpikir sistem peserta didik masih termasuk dalam kategori rendah. Hal ini terjadi akibat masih belum optimalnya aktivitas melatih keterampilan berpikir sistem dalam proses belajar serta kurangnya penelitian mengenai keterampilan berpikir sistem di dalam pendidikan.

Keterampilan berpikir sistem diperlukan dalam pendidikan mengingat pembe-
kalan ilmu di sekolah masih berfokus pada fakta-fakta yang terisolasi daripada pada hubungan yang sistemik. Keterampilan berpikir sistem dalam pendidikan di Indonesia juga belum dilatihkan secara maksimal. Selain itu penelitian tentang keterampilan berpikir sistem dalam pendidikan masih sangat minim ditemukan (Raved & Yarden, 2014).

Fakta yang terjadi pada pendidikan di Indonesia, pembelajaran sains masih ber-
 kutat pada aspek kognitif saja bukan pada penyelesaian permasalahan terkait
 kehidupan sehari-hari serta keterampilan dan sikap yang terhubung dengan sistem
 (Weinert, 2001). Raved & Yarden (2014) menyatakan bahwa keterampilan ber-
 pikir sistem peserta didik yang rendah dipengaruhi oleh kecenderungan peserta
 didik untuk menyelesaikan soal hanya dengan satu metode tanpa mempertim-
 bangkan atau menunjukkan cara alternatif lain. Padahal keterampilan berpikir
 sistem dalam pembelajaran sains harus diterapkan dengan menghubungkan suatu
 konsep dengan yang lain, tetapi pembelajaran yang berlangsung justru hanya
 terpusat pada satu konsep tanpa mengaitkannya dengan konsep lainnya (Roehlet
 al., 2013). Penyebab salah satunya belum optimal melatih keterampilan ber-
 pikir sistem pembelajaran belum dimaukan melalui model, strategi dan pende-
 katan pembelajaran yang mampu memberdayakan keterampilan berpikir sistem
 peserta didik (Utami dan Fadilah, 2023).

Kenyataannya hasil analisis data angket kebutuhan pendidik IPA di Lampung
 Timur menunjukkan bahwa dari 72,7% pendidik menyatakan bahwa belum mene-
 rapkan pembelajaran yang berorientasi pada peningkatan berpikir sistem di tandai
 latihan soal yang di berikan pendidik dan peserta didik hanya menjawab perta-
 nyaan yang diberikan pendidik tanpa adanya keterkaitan antar materi yang satu
 dengan yang lain. Peserta didik yang terlatih dalam berpikir sistem akan lebih
 mampu mengambil keputusan yang berdasarkan informasi dan analisis yang
 mendalam serta memungkinkan peserta didik menjelaskan fenomena sehari-hari
 berdasarkan teori atau konsep IPA.

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan yang dilakukan kepada pendidik sebanyak
 11 guru IPA di Lampung Timur diperoleh hasil sudah menggunakan kurikulum
 merdeka dalam pembelajaran. Bahan ajar yang pendidik gunakan dalam pembe-
 lajaran khususnya pada materi sistem gerak yaitu buku cetak dari lembaga pener-
 bit sebanyak 18, 2%, buku cetak dari kemendikbud sebanyak 81,8%, bahan ajar
 buatan sendiri sebanyak 18,2%, bahan ajar dari internet sebanyak 54,5 %, LKPD
 dari internet sebanyak 9,1%. Dapat disimpulkan bahwa guru masih banyak
 menggunakan bahan ajar buku cetak dari Kemendikbud dan bahan ajar dari

internet. Bahan ajar yang pendidik gunakan pun belum berbasis elektronik yaitu sebanyak 54,5%.

Hasil analisis data angket kebutuhan pendidik IPA di Lampung Timur menunjukkan bahwa dari 11 responden menyatakan dalam mengajarkan sistem gerak telah menggunakan pendekatan saintifik dan beberapa model pembelajaran diantaranya *discovery learning*, *inquiry*, *problem-based learning* dan *project-based learning*. Hasil analisis terhadap dua bahan ajar yang digunakan pendidik isi bahan ajar menampilkan konsep dalam bentuk tekstual, visualisasi gambar maupun animasi yang tersedia belum dilengkapi dengan penjelasan verbal. Kesesuaian antara tuntutan capaian pembelajaran dengan indikator perlu dikaji lebih dalam agar tujuan pembelajaran tercapai.

Tuntutan capaian pembelajaran sesuai dengan kementerian pendidikan dan kebudayaan adalah peserta didik diminta untuk mengidentifikasi kemudian melakukan analisis dan menemukan keterkaitannya namun yang disajikan dalam bahan ajar capaian pembelajaran adalah menyebutkan, menjelaskan saja dan mengidentifikasi saja. Faktanya penggunaan model dalam LKPD yang digunakan pendidik yaitu sebagian pendidik 78% belum memuat sintaks sehingga kegiatan pembelajaran belum menunjukkan secara rinci dan hanya berupa kumpulan latihan soal. Pendidik belum pernah membuat atau memodifikasi *e-LKPD* pada materi sistem gerak sebanyak 100 %. Namun dari hasil analisis kebutuhan diperoleh sebanyak 89% peserta didik di sekolah menengah pertama sudah memiliki HP tetapi tidak digunakan dalam pembelajaran.

Peserta didik mempunyai keterampilan yang berbeda-beda, peserta didik dapat dengan mudah memahami konsep-konsep IPA dengan menggunakan banyak representasi. Bagi sebagian orang, suatu konsep akan lebih mudah dipahami jika diilustrasikan dalam bentuk diagram, bagi sebagian orang lain akan lebih mudah dipahami jika diilustrasikan dalam bentuk tabel, dan sebagainya (Simanjuntak dkk., 2020). Model pembelajaran multi representasi tepat digunakan dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik. Penerapan *multiple representation* pernah dilakukan oleh Moore dkk., (2020) menyatakan bahwa *multiple representation*

membuat peserta didik lebih terbiasa dan terlatih menggunakan berbagai cara penyajian informasi, sehingga peserta didik siap menghadapi praktik nyata di dunia sains, matematika, dan teknik.

Penerapan *multiple representation* meningkatkan pemahaman peserta didik (Afriyani dkk., 2018). Keterampilan berpikir peserta didik lebih baik dengan penerapan *multiple representation* dibandingkan pembelajaran yang biasa digunakan (Kusuma dkk., 2018). Penggunaan model multi representasi efektif meningkatkan pemahaman peserta didik tentang konsep energi (Kurnaz & Arslan, 2014). Proses belajar mengajar peserta didik dengan menggunakan model *multiple representation* berbasis SAVI pada materi sistem peredaran darah melatih peserta didik untuk terlibat secara aktif sehingga kegiatan belajar yang dilakukan lebih bermakna. Peserta didik menjadi fokus dalam belajar dan menguasai setiap konsep yang dipelajari, serta dilatihkan berbagai macam bentuk representasi dari konsep yang ada sehingga konsep yang dipelajari benar-benar dikuasai (Anggraini dkk., 2022).

Mengintegrasikan beberapa representasi memberi peserta didik kesempatan untuk memvisualisasikan konsep dan meningkatkan penguasaannya. Menggunakan berbagai representasi ketika mempelajari konsep tertentu memberikan kesempatan yang sangat baik untuk memahami dan mengkomunikasikan konsep dan bagaimana konsep tersebut bekerja dengan sistem atau proses konseptual tertentu (Hasbullah, 2018). Model pembelajaran multi representasi tepat digunakan dalam pembelajaran sistem gerak. Konsep sistem gerak mencakup pemahaman tentang bagaimana tubuh manusia atau makhluk hidup lainnya bergerak dan berinteraksi dengan lingkungannya. Memahami konsep sistem gerak diperlukan visualisasi dengan menggunakan bahan ajar. Bahan ajar itu dibutuhkan pada proses pembelajaran IPA (Sari dkk., 2022).

Bahan ajar memiliki posisi amat penting dalam pembelajaran, yakni sebagai representasi (wakil) dari penjelasan guru di depan kelas. Penggunaan multi representasi memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk belajar sesuai dengan gaya belajar yang disukainya, sehingga menghasilkan hasil belajar yang lebih baik. Bahan ajar IPA berbasis multirepresentasi adalah salah satu media

belajar mandiri yang di dalamnya dilengkapi untuk belajar IPA sendiri dan memberikan konteks yang kaya bagi peserta didik untuk memahami suatu konsep IPA dengan benar.

Hal ini dapat meminimalisir kesalahan konsep-konsep IPA dan tujuan pembelajaran dapat tercapai dengan baik (Pratiwi, 2022). Faktanya guru pada umumnya masih menggunakan cara mengajar tradisional dengan bahan ajar cetak yang sudah ada, hal ini tentunya kurang mengoptimalkan pemberian informasi dan kurang menstimulus peserta didik dalam memanfaatkan teknologi secara optimal dalam memperoleh pengetahuan, sebagaimana urgensi pendidikan abad 21 (Sari & Atmaja, 2021).

Bahan ajar IPA yang ada hanya mengajarkan konten pengetahuan secara langsung, tidak disertai metode ilmiah sehingga peserta didik kurang mampu menggunakan cara bagaimana mengembangkan pengetahuan sains, mengaplikasikan konsep dan metode sains. Menurut Sugianto (2019) kurang optimalnya dalam pengembangan bahan ajar dan keterbatasan bahan ajar IPA menjadikan peserta didik tidak dapat melaksanakan pembelajaran sesuai karakteristik IPA dan kebutuhan peserta didik. Pentingnya mengembangkan bahan ajar yang tepat dan efektif untuk memenuhi kebutuhan peserta didik berupa LKPD yang terintegrasi teknologi yaitu *e*-LKPD dapat menjadi solusi untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran terutama pada mata pelajaran IPA.

Adapun kendala yang pendidik temukan saat ingin membuat atau memodifikasi *e*-LKPD pada materi sistem gerak adalah keterbatasan waktu, fasilitas belum memadai perkelas, keterbatasan pengetahuan, belum menguasai teknologi, sekolah tidak memperbolehkan membawa alat elektronik. LKPD elektronik merupakan sebuah bentuk penyajian bahan ajar yang disusun secara sistematis kedalam unit pembelajaran tertentu yang disajikan dalam format elektronik yang didalamnya terdapat animasi, gambar, video, navigasi yang membuat pengguna lebih interaktif dengan program. Media elektronik yang dapat diakses oleh peserta didik mempunyai manfaat dan karakteristik yang berbedabeda. Jika ditinjau dari manfaatnya media elektronik sendiri dapat menjadikan proses pembelajaran lebih menarik (Puspitasari, 2019).

Menurut Sya'idah dkk., (2020) menyatakan bahwa bahwa pembelajaran yang berbantuan LKPD-Elektronik berpengaruh terhadap hasil belajar peserta didik. Kebutuhan *e*-LKPD yang inovatif sebagai bahan ajar dalam proses pembelajaran di abad 21 yaitu dengan cara pembuatan *e*-LKPD berbagai inovasi sesuai dengan kebutuhan bahan ajar dan tujuan pembelajaran. Peserta didik pun harus memiliki literasi digital yang baik sebagai ukuran kualitas kerja peserta didik di lingkungan digital (Sujana & Rachmatin, 2019). Dilihat dari sisi baiknya ponsel pintar dapat membuat akses mudah ke berbagai sumber belajar, termasuk buku digital, video pembelajaran, aplikasi edukasi, dan sumber daya *online* lainnya, aplikasi dan platform pembelajaran interaktif yang tersedia untuk ponsel pintar dapat membuat peserta didik untuk terlibat dalam pengalaman belajar yang lebih menarik.

Penelitian yang mengembangkan *e*-LKPD Model multi representasi terintegrasi STEM (Sari, 2021; Putri, 2022; Asrizal, 2022;), selain itu penggunaan multi representasi dalam bahan ajar telah menjadi tren penelitian di dunia Pendidikan (Ardwiyanti *et al.*, 2021; Abdurrahman *et al.*, 2019;), tetapi *e*-LKPD Model multi representasi yang khusus didesain untuk meningkatkan keterampilan berpikir sistem belum banyak dilakukan peneliti lain terutama pada kajian sistem gerak. Berpikir sistem adalah aspek kritis yang perlu dikembangkan dalam pembelajaran ilmu pengetahuan alam. Sebanyak 100% pendidik perlu mengembangkan *e*-LKPD model multi representasi yang dapat meningkatkan berpikir sistem peserta didik pada materi sistem gerak. Diharapkan bahwa penggunaan *e*-LKPD Model multi representasi akan dapat mengatasi beberapa hambatan utama dalam pembelajaran IPA terutama pada materi sistem gerak.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam meningkatkan kualitas pembelajaran, khususnya dalam pemahaman sistem gerak, serta memperkuat keterampilan berpikir sistem peserta didik SMP. Maka peneliti melakukan penelitian dengan judul “Pengembangan *e*-LKPD Model Multirepresentasi untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Sistem Peserta Didik SMP”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik produk *e*-LKPD Model multirepresentasi yang dikembangkan dalam meningkatkan keterampilan berpikir sistem peserta didik?
2. Bagaimana kepraktisan produk *e*-LKPD Model multirepresentasi yang dikembangkan dalam meningkatkan keterampilan berpikir sistem peserta didik?
3. Bagaimana keefektifan produk *e*-LKPD Model multirepresentasi yang dikembangkan dalam meningkatkan keterampilan berpikir sistem peserta didik?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian adalah :

1. Mengembangkan produk *e*-LKPD Model multi representasi yang valid untuk meningkatkan keterampilan berpikir sistem peserta didik.
2. Mendeskripsikan kepraktisan produk *e*-LKPD Model multi representasi yang dikembangkan dalam meningkatkan keterampilan berpikir sistem peserta didik
3. Mendeskripsikan keefektifan produk *e*-LKPD Model multi representasi yang dikembangkan untuk meningkatkan keterampilan berpikir sistem.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat bagi peneliti: memberikan pengetahuan, wawasan, dan pengalaman dalam mengembangkan bahan ajar berupa *e*-LKPD Model Multi Representasi untuk meningkatkan keterampilan berpikir sistem.
2. Manfaat bagi guru : tersedianya *e*-LKPD Model Multi Representasi ini dapat menjadi referensi bahan ajar dan membantu melakukan inovasi terkait dengan *e*-LKPD untuk meningkatkan keterampilan berpikir sistem.
3. Manfaat bagi peserta didik: *e*-LKPD Model Multi Representasi dapat memberikan pembelajaran yang menarik sehingga menambah pengetahuan, wawasan, dan pengalaman sehingga memudahkan peserta didik dalam mempelajari materi sistem gerak.

4. Manfaat bagi sekolah : melalui penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi dan sumbangan pemikiran dalam upaya meningkatkan mutu pembelajaran IPA di sekolah.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Produk yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah *e-LKPD Model Multi Representasi* untuk meningkatkan keterampilan berpikir sistem peserta didik pada materi sistem gerak.
2. Model pembelajaran yang dipakai dalam *e-LKPD* adalah model pembelajaran multi representasi dengan 6 fase menurut Lengkana (2018).
3. Hirarkir keterampilan berpikir sistem dari Ben dkk., (2010).
4. Materi yang disajikan dalam *e-LKPD* ini adalah materi sistem gerak.
5. Produk *e-LKPD Model Multi Representasi* efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir sistem apabila 75% peserta didik memiliki rata-rata nilai *n-gain* dengan kriteria minimal sedang. Terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai *n-gain* kelas eksperimen dan kelas kontrol, adanya potensi perbedaan rata-rata *n-gain* keterampilan berpikir sistem yang dianalisis menggunakan uji *independent sampel t-test*, dan memiliki *effect size* minimal berkriteria sedang.
6. *e-LKPD Model Multi Representasi* dinyatakan valid apabila memenuhi kriteria persentase produk hasil validasi ahli dan uji lapangan terbatas sebesar 75% (Arikunto, 2013).
7. *e-LKPD Model Multi Representasi* dikatakan praktis apabila 75% pendidik dan peserta didik menyatakan bahwa *e-LKPD* praktis berdasarkan kuisioner (Arikunto, 2013).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendekatan Konstruktivisme

Konstruktivistik memahami belajar sebagai proses pembentukan (kontruksi) pengetahuan oleh peserta didik itu sendiri. Dimana pembentukan pengetahuan menuntut peserta didik harus aktif selama proses kegiatan pembelajaran, aktif berpikir, menyusun konsep, dan memberi makna tentang hal-hal yang sedang dipelajari, tetapi yang paling menentukan terwujudnya gejala belajar adalah niat belajar peserta didik itu sendiri. Sementara peranan guru dalam belajar konstruktivistik adalah membantu agar proses pengkonstruksian pengetahuan oleh peserta didik berjalan lancar. Guru tidak mentransfer pengetahuan yang telah dimilikinya, melainkan membantu peserta didik untuk membentuk pengetahuannya sendiri dan dituntut untuk lebih memahami jalan pikiran atau cara pandang peserta didik dalam belajar (Nerita, 2023).

Piaget (1978) yang dikenal dengan teori *Individual Cognitive Contruktivist* berdasarkan teorinya pada pemahaman konstruktif, bahwa pengetahuan seorang merupakan bentukan individu itu sendiri. Proses pembentukan individu akan terjadi apabila individu mengubah atau mengembangkan skema yang telah dimilikinya terhadap rangsangan luar. Sehingga teori ini menurut Piaget (1978) yang berfokus pada kontruksi internal individu terhadap pengetahuannya. Selain itu, dijelaskan lebih lanjut oleh Piaget (1978) bahwa proses pembelajaran sebagai adaptasi terdiri dari beberapa tahapan, antara lain : 1) pembangunan skema, yaitu cara terorganisir untuk menciptakan informasi tentang bagaimana sesuatu bekerja melalui iteraksi langsung dengan lingkungan ; 2) asimilasi, yaitu memasukkan informasi baru ke dalam skema yang sudah ada ; 3) akomodasi, yaitu mengubah skema yang sudah ada ; dan 4) ekuilibrisasi (keseimbangan), yaitu merupakan penyesuaian antara asimilasi dan akomodasi. Oleh karena itu, teori belajar konstruktivisme menurut

Jean Piaget ini merupakan pembelajaran yang cenderung ber-adaptasi dengan lingkungan baru-nya dan mengembangkan ketidakseimbangan antara skema yang ada dengan apa yang ditemui pada lingkungan tersebut (Devi, 2019).

Lev Vygotsky merupakan tokoh sentral dalam aliran konstruktivisme sosial yang memandang bahwa perkembangan kognitif individu sangat dipengaruhi oleh interaksi sosial dan konteks budaya. Ada dua konsep penting dalam teori Vygotsky yaitu *Zone of Proximal Development* (ZPD) dan *scaffolding*; 1) *Zone of Proximal Development* (ZPD) merupakan rentang antara tingkat perkembangan sesungguhnya (kemampuan pemecahan masalah tanpa melibatkan bantuan orang lain) dan tingkat perkembangan potensial (kemampuan pemecahan masalah di bawah bimbingan orang dewasa atau melalui kerja sama dengan teman sejawat yang lebih mampu). 2) *Scaffolding* merupakan pemberian sejumlah bantuan kepada pelajar selama tahap-tahap awal pembelajaran, kemudian mengurangi bantuan dan memberikan kesempatan untuk mengambil alih tanggung jawab yang semakin besar setelah pelajar dapat melakukannya sendiri (Slavin, 1997).

Scaffolding memiliki arti memberikan bantuan terhadap seorang individu selama melewati tahap awal pembelajaran pada akhirnya bantuan tersebut akan dikurangi. Kemudian nantinya anak tersebut akan diberikan kesempatan untuk mengemban tanggung jawab yang besar tersebut sesudah anak tersebut memiliki kemampuan sendiri. Adapun bantuan yang diberikan ketika pembelajaran berlangsung bisa berupa pemberian contoh, arahan, peringatan, sehingga siswa tersebut dapat menyelesaikan suatu permasalahan secara mandiri (Muhibin & Hidayatullah, 2020).

Konsep *scaffolding* dalam konstruktivistik Vygotsky merujuk pada bantuan atau dukungan yang diberikan oleh seseorang yang lebih terampil atau kompeten kepada seseorang anak dengan tujuan agar anak tersebut mampu menyelesaikan tugas atau soal yang lebih tinggi tingkat kerumitannya dari pada tingkat perkembangan kognitif yang aktual dari anak tersebut. *Scaffolding* juga dapat diartikan sebagai proses memberikan tuntunan atau bimbingan kepada siswa untuk mencapai apa yang harus dipahami dari apa yang sekarang sudah diketahui.

Dalam pembelajaran, konsep *scaffolding* menekankan dukungan tahap demi tahap untuk belajar dan pemecahan masalah sebagai suatu hal penting dalam pemikiran konstruktivitas modern (Sayfulloh, dkk, 2023). Menurut konstruktivisme, pembelajar harus membangun pengetahuannya secara aktif, dan proses ini difasilitasi oleh interaksi dengan lingkungannya. Salah satu cara untuk membantu proses konstruksi pengetahuan tersebut diperlukan adanya pemberian bantuan (*scaffolding*) dalam bentuk lembar kerja proses yang memberikan panduan langkah-demi-langkah kepada peserta didik dalam menjalankan suatu kegiatan atau eksperimen, mencakup tujuan kegiatan, langkah-langkah yang harus dilakukan, instruksi penggunaan alat atau bahan, ruang untuk mencatat hasil atau observasi, serta pertanyaan reflektif untuk mendorong pemikiran kritis (Choo, et al., 2011; Großmann & Wilde, 2019).

David Ausubel menekankan pentingnya struktur kognitif awal siswa dalam proses pembelajaran melalui teori belajar bermakna (*meaningful learning*). Menurut Ausubel, pembelajaran akan lebih efektif jika informasi atau konsep baru dikaitkan secara logis dan sistematis dengan pengetahuan yang sudah dimiliki siswa sebelumnya. Dengan kata lain, pengetahuan baru tidak akan bermakna jika dipelajari secara hafalan tanpa dikaitkan dengan kerangka kognitif yang telah ada. Untuk mendukung pembelajaran bermakna, Ausubel mengusulkan penggunaan *advance organizer*, yaitu bahan pengantar atau rangkuman awal yang disusun secara konseptual dan diberikan sebelum pembelajaran dimulai. Tujuannya adalah untuk menyiapkan struktur kognitif siswa agar mampu menyerap dan mengintegrasikan informasi baru secara lebih mudah (Basir, 2022). Teori ini memberikan landasan kuat bagi pengembangan bahan ajar dan desain pembelajaran yang memfasilitasi integrasi antara informasi baru dan pengetahuan awal siswa, seperti dalam pembuatan LKPD atau *e-LKPD* yang menekankan keterkaitan antarkonsep. Dalam konteks pendidikan yang berorientasi pada keterampilan berpikir tingkat tinggi, teori Ausubel sangat bermanfaat karena mendorong siswa untuk berpikir kritis dan memahami hubungan antara berbagai konsep secara menyeluruh (Huda & Djono, 2025).

Menurut Bruner, belajar tidak seharusnya sekadar menerima informasi secara pasif, melainkan melalui proses aktif di mana siswa mengeksplorasi, merumuskan hipotesis, dan menemukan prinsip-prinsip dasar secara mandiri. Ia menyatakan bahwa pengetahuan yang ditemukan sendiri cenderung lebih bermakna dan mudah diingat dibandingkan dengan pengetahuan yang disampaikan langsung. Bruner juga memperkenalkan tiga bentuk representasi dalam pembelajaran, yaitu enaktif (berbasis tindakan), ikonik (berbasis visual), dan simbolik (berbasis bahasa atau simbol abstrak), yang menggambarkan bagaimana individu merepresentasikan pengetahuan sesuai tahap perkembangannya (Sundari & Fauziyanti, E. 2021)

Salah satu kontribusi penting lainnya dari Bruner adalah konsep *spiral curriculum*, yaitu gagasan bahwa konsep-konsep inti dalam suatu bidang ilmu dapat diajarkan berulang-ulang pada berbagai tingkat usia, dengan tingkat kompleksitas dan kedalaman yang meningkat seiring perkembangan siswa. Pandangan ini sejalan dengan prinsip diferensiasi pembelajaran dan sangat cocok diterapkan dalam kurikulum berbasis kompetensi. Dalam konteks pembelajaran yang bertujuan meningkatkan keterampilan berpikir sistem dan pemecahan masalah, pendekatan Bruner sangat relevan karena mendorong eksplorasi mandiri, pemahaman konsep secara mendalam, dan keterlibatan aktif siswa dalam proses belajar (Ndoa, 2024).

2.2. Elektronik LKPD (e-LKPD)

Dengan perkembangan teknologi informasi (TI) saat ini, lembaga pendidikan sudah berbasis TI dalam menerapkan konsep belajar mengajar. Konsep ini disebut *e-learning*. *e-learning* membawa dampak yang mengarah pada transformasi pembelajaran tradisional (tradisional) ke dalam format digital (*e-learning*). *e-learning* disampaikan melalui berbagai platform berbasis web dan format media sosial (Ucu dkk., 2018). *e-Learning* adalah media pembelajaran berbasis elektronik yang memanfaatkan komputer, laptop ataupun handphone yang dapat terhubung dengan jaringan internet. Contohnya website, ruang guru, zenius, *google classroom*, dan lain sebagainya.

Konsep pembelajaran melalui media pembelajaran *e-learning* tidak hanya menitikberatkan pada penyediaan bahan ajar oleh guru, namun juga pada keterampilan peserta didik untuk berpartisipasi aktif dalam proses belajar mengajar melalui pemanfaatan perangkat elektronik yang terkoneksi dengan internet (Haryadi & Kansa, 2021). Pendidik harus mampu beradaptasi dengan perkembangan TIK dan mengembangkan bahan ajar yang sesuai dengan perkembangan TIK dan kebutuhan peserta didik. Bahan mengacu pada segala jenis bahan ajar yang digunakan pendidik untuk menunjang proses pembelajaran (Ersalina dkk., 2023).

Bahan ajar yang dikembangkan harus dapat diakses langsung oleh peserta didik untuk memastikan pembelajaran berpusat pada peserta didik. Penggunaan bahan ajar elektronik untuk menunjang pendidikan sudah menjadi tren. Bahan ajar elektronik cocok untuk membuat peserta didik tidak cepat bosan karena mengandung unsur multimedia seperti teks, gambar, audio, dan video. Bahan ajar elektronik adalah materi pendidikan yang isinya tersedia dalam bentuk elektronik, seperti audio, audiovisual, atau multimedia interaktif (Herianto & Lestari, 2021).

e-LKPD merupakan pengembangan dari Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) konvensional yang dirancang dalam format digital atau elektronik. Penggunaan ELKPD dalam proses pembelajaran tidak hanya menawarkan kemudahan akses dan interaktivitas, tetapi juga memberikan ruang yang lebih luas bagi guru untuk menyajikan materi secara kreatif dan sesuai kebutuhan peserta didik (Salsabila & Yuliati, 2021). LKPD elektronik ini dapat dirancang dan dibuat sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai dalam proses pembelajaran dan kreativitas masing-masing guru, dan selanjutnya peserta didik dapat mengakses LKPD elektronik ini melalui Internet sehingga peserta didik dapat memahami materi yang diberikan lebih dalam (Lathifah *et al.*, 2021).

Media elektronik, seperti *e-LKPD* yang digunakan peserta didik mempunyai berbagai macam keistimewaan dan manfaat. Dilihat dari kelebihanannya, penggunaan media elektronik membuat kegiatan pembelajaran menjadi lebih menarik karena unsur visualnya berbentuk digital sehingga lebih menarik dan tidak membosankan karena dapat menyediakan video dan gambar untuk membantu men-

jelaskan materi yang akan di pelajari (Puspitasari, 2019). Hal ini sangat membantu guru dalam menyampaikan materi secara lebih menarik dan efektif, terutama dalam pembelajaran berbasis proyek dan keterampilan berpikir tingkat tinggi.

e-LKPD merupakan sebuah inovasi pengembangan bahan ajar elektronik dengan berbagai komponen multimedia didalamnya yang digunakan untuk memenuhi ketercapaian kompetensi peserta didik dalam proses pembelajaran dengan karakteristik tampilan yang lebih menarik serta bentuk yang lebih praktis (Sriwahyuni, 2019). LKPD Elektronik merupakan salah satu bahan ajar yang inovatif, mudah digunakan, dan ramah lingkungan (paperless) karena formatnya yang elektronik untuk mendukung proses pembelajaran peserta didik. Peserta didik dapat mengakses *e*-LKPD kapanpun dan dimanapun dengan waktu belajar yang tidak terbatas (Putri, & Ambarwati, 2023). Karakteristiknya dilihat dari bagian *e*- LKPD yaitu: komponen, tampilan, materi, aktivitas pembelajaran dan sistem penilaiannya (Febriani dkk., 2022). Penggunaan *e*-LKPD tidak hanya meningkatkan efisiensi pembelajaran, tetapi juga menjadi sarana untuk mewujudkan pembelajaran aktif, bermakna, dan berorientasi pada pengembangan kompetensi peserta didik.

2.3 Teori Pembelajaran Multimedia

Cognitive theory of multimedia learning merupakan teori yang dipopulerkan oleh Richard E. Mayer. Teori ini mendukung bahwa multimedia mendukung bagaimana otak manusia memproses pembelajaran. Teori ini juga mencoba untuk mengatasi masalah tentang bagaimana struktur praktik instruksional multimedia untuk meningkatkan strategi kognitif untuk membantu orang dalam pembelajaran secara efisien, dalam teori ini juga dikatakan bahwa orang belajar secara lebih dalam dari kata-kata dan gambar, hal inilah yang disebut sebagai prinsip multimedia. Menurut Mayer kata-kata disini dapat diucapkan atau ditulis, dan gambar juga dapat berupa segala bentuk grafis seperti ilustrasi, foto, animasi, atau video.

Cognitive Theory of Multi-media Learning (CTML) yang dikemukakan oleh Mayer (2005), teori ini berangkat dari premis bahwa pembelajaran akan lebih efektif ketika siswa menerima informasi melalui dua saluran utama, yaitu saluran

verbal (untuk kata-kata) dan saluran visual (untuk gambar), dibandingkan hanya melalui satu saluran saja. Mayer menjelaskan bahwa proses belajar multimedia melibatkan tiga tahapan utama, yaitu *selecting* (memilih kata dan gambar yang relevan), *organizing* (mengatur kata dan gambar menjadi representasi mental yang bermakna), dan *integrating* (menghubungkan representasi tersebut dengan pengetahuan yang telah dimiliki sebelumnya). Prinsip-prinsip desain yang ia rumuskan, seperti *multimedia principle*, *coherence principle*, *modality principle*, dan *redundancy principle*, bertujuan mengurangi beban kognitif yang tidak perlu sekaligus mendorong proses berpikir yang lebih dalam.

Adapun teori kognitif pembelajaran multimedia yang dikemukakan oleh Mayer (2005) menjelaskan bahwa pembelajaran melalui multimedia yang menggabungkan teks, gambar, suara, dan animasi berjalan efektif dengan mengacu pada tiga prinsip utama. Prinsip pertama yaitu saluran ganda (*dual channel*), yaitu manusia memproses informasi melalui dua jalur berbeda: visual (gambar) dan verbal (suara atau teks). Prinsip kedua, kapasitas terbatas, yang berarti tiap jalur hanya mampu menampung sejumlah informasi tertentu, sehingga penyajian materi perlu dirancang agar tidak membebani daya pikir siswa secara berlebihan. Prinsip ketiga, pemrosesan aktif, yaitu pembelajaran akan lebih bermakna jika siswa secara aktif terlibat dalam memilah, mengorganisasi, dan menghubungkan informasi untuk membentuk pemahaman yang utuh.

Prinsip-prinsip Mayer tersebut memiliki keterkaitan erat dengan *Dual Coding Theory* yang dikemukakan oleh Paivio (1971). Teori ini menjelaskan bahwa manusia memproses informasi melalui dua sistem representasi yang terpisah namun saling berinteraksi yaitu sistem verbal dan sistem nonverbal atau visual. Penyajian materi dengan memanfaatkan kedua sistem ini secara bersamaan dapat membentuk dua jalur memori yang saling memperkuat, sehingga meningkatkan retensi dan mempermudah proses mengingat kembali. Dengan demikian, *Dual Coding Theory* memberi landasan teoretis bagi prinsip Mayer yang menggabungkan kata dan gambar secara efektif.

Selain itu, *Cognitive Load Theory* (CLT) yang dikembangkan oleh Sweller (1988) juga memberikan kontribusi penting terhadap desain pembelajaran multimedia.

CLT menekankan bahwa memori kerja manusia memiliki kapasitas terbatas, sehingga materi pembelajaran harus dirancang untuk meminimalkan *extraneous load* (beban kognitif yang tidak relevan), mengelola *intrinsic load* (kompleksitas materi), dan memaksimalkan *germane load* (beban yang mendukung pembentukan skema pengetahuan). Prinsip-prinsip Mayer, seperti penghapusan informasi yang tidak relevan (*coherence*) atau pemecahan materi menjadi segmen (*segmenting*), dapat dilihat sebagai penerapan langsung dari CLT untuk mengoptimalkan proses belajar.

Di sisi lain, perspektif konstruktivis dan teori *generative learning* menambahkan dimensi partisipasi aktif peserta didik dalam proses pembelajaran multimedia. Pendekatan ini menekankan bahwa pembelajaran bukan hanya proses menerima informasi, tetapi juga melibatkan upaya aktif untuk membangun makna. Strategi seperti membuat peta konsep, menuliskan penjelasan sendiri (*self-explanation*), atau memecahkan masalah berbasis simulasi dapat memperkuat integrasi informasi verbal dan visual yang disajikan dalam multimedia. Dengan demikian, desain multimedia yang efektif tidak hanya memperhatikan prinsip pengolahan kognitif ala Mayer, tetapi juga menyediakan ruang bagi siswa untuk berinteraksi dan mengkonstruksi pengetahuan mereka sendiri.

Secara keseluruhan, teori pembelajaran multimedia Mayer (2005) membentuk kerangka desain yang kuat melalui prinsip-prinsip empirisnya, sementara *Dual Coding Theory* menjelaskan keuntungan memori dari penggunaan modalitas ganda, *Cognitive Load Theory* menekankan pengelolaan beban kognitif, dan pendekatan konstruktivis menggarisbawahi pentingnya keterlibatan aktif siswa. Hubungan antar teori ini membentuk fondasi konseptual yang saling melengkapi, di mana setiap teori memberikan sudut pandang berbeda namun saling menunjang dalam menciptakan pembelajaran multimedia yang efektif, efisien, dan bermakna.

2.4 Pembelajaran Model Multi Representasi

Penggunaan *multiple representations* (multi-representasi) dalam pembelajaran biologi telah lama diakui sebagai strategi penting untuk meningkatkan pemahaman konseptual peserta didik. Treagust dan Tsui (2013) menegaskan bahwa

representasi eksternal yang beragam seperti gambar, model tiga dimensi, animasi, dan teks dapat membantu peserta didik membangun pemahaman yang lebih mendalam terhadap fenomena biologis yang seringkali bersifat abstrak dan tidak dapat diamati secara langsung, seperti proses pada tingkat sel atau molekuler. Gilbert (2004) menambahkan bahwa keberhasilan penggunaan multi representasi tidak hanya bergantung pada banyaknya representasi yang digunakan, tetapi juga pada keotentikan dan relevansi representasi tersebut dalam memodelkan fenomena sains. Menurutnya, representasi yang dirancang dengan baik mampu memfasilitasi proses pemodelan ilmiah dan membantu siswa menghubungkan pengetahuan konseptual dengan aplikasi dunia nyata. Berdasarkan kajian ini, dapat disimpulkan bahwa semakin bervariasi dan tepat penggunaan multi representasi dalam pembelajaran biologi, semakin besar peluang siswa untuk membangun pemahaman konseptual yang utuh dan terintegrasi.

Fungsi taksonomi pembelajaran multi representasi menurut Ainsworth (2006) menjadi tiga yaitu, (1) sebagai pelengkap informasi atau pendukung untuk melengkapi proses kognitif peserta didik, (2) representasi digunakan untuk membatasi interpretasi yang memungkinkan salah penggunaannya dalam interpretasi yang lain, dan (3) dapat mendorong siswa dalam mengkonstruksi pemahaman konsep secara mendalam dari berbagai persoalan.

Pemahaman representasi menjadi penting dalam pembelajaran dikarenakan penyampaian informasi suatu masalah sering diwakili dalam berbagai macam bentuk sebagai contoh penyampain informasi dalam bentuk visual yaitu video dan simulasi, verbal yaitu kalimat, matematik dalam bentuk simbol, angka, grafik hasil penelitian dan gambar. Pemahaman multi representasi yaitu pemahaman peserta didik dalam memahami visual, verbal, matematik, gambar dan grafik (Hasbullah *et all.*, 2018).

Pembelajaran IPA memerlukan empat tingkat representasi untuk memahami fenomena biologis yang meliputi tingkat mikroskopis, tingkat seluler, tingkat molekuler (submakroskopis) dan tingkat simbolik (Hill & Korhen, 2014). Menurut Graciella & Suwangsih (2016) indikator keterampilan representasi

peserta didik yang lebih spesifik dan terukur, dengan rincian indikator sebagai berikut: a. representasi visual, yaitu: 1) membuat representasi visual (gambar) dari sebuah masalah matematis. 2) mengubah representasi simbolik ke dalam representasi visual (gambar) dari sebuah masalah matematis. b. representasi simbolik (persamaan atau ekspresi matematis), yaitu: 1) membuat representasi simbolik untuk memperjelas dan menyelesaikan masalah matematis. 2) mengubah representasi visual (gambar) ke dalam representasi simbolik dari sebuah masalah matematis. c. representasi verbal (kata-kata atau teks tertulis), yaitu: menyusun cerita yang sesuai dengan representasi yang disajikan.

Dalam pembelajaran sains, multi representasi mengacu pada pembelajaran sains yang menjelaskan konsep atau proses yang sama dalam format yang berbeda, seperti format verbal, grafik, dan numerik. Multi representasi adalah penggunaan dua atau lebih representasi untuk menggambarkan sistem atau proses nyata. Multi representasi dapat menggambarkan aspek-aspek berbeda dari suatu situasi nyata atau menggambarkan aspek yang sama dengan cara yang berbeda (Van Der Meij 2007). Pembelajaran berbasis multi representasi terbukti secara empiris pada dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis (Rahman, 2021) keterampilan proses sains dan penguasaan konsep IPA (Siahaan et al., 2021).

Pembelajaran model multi representasi menggunakan sintaks yang dikembangkan oleh Lengkana (2018), terdiri atas enam fase yaitu:

1. Fase pengetahuan awal representasi visual. Fase ini merupakan pembelajaran pengenalan, pembekalan pengetahuan awal tentang fungsi moda-moda representasi.
2. Fase penyajian fenomena. Pada fase ini pendidik mengawali pembelajaran dengan menampilkan fenomena dengan beberapa cara (multi representasi).
3. Fase identifikasi konsep kunci. Pendidik mengarahkan peserta didik menganalisis dan mengidentifikasi konsep kunci (konsep-konsep pokok yang penting) pada setiap pokok atau sub pokok bahasan materi dan menghubungkan konsep lintas domain yang terkandung dalam fenomena tersebut.

4. Fase eksplorasi. Peserta didik berkerja dalam kelompok untuk melakukan eksplorasi dari sumber belajar yang tersedia (*e-book* kemendikbud maupun internet). Informasi yang dicari mengacu pada konsep kunci yang ditemukan pada fase identifikasi.
5. Fase konstruksi. Peserta didik diarahkan untuk memecahkan masalah dengan menggunakan/ mengonstruk representasi. Kegiatan konstruksi merupakan representtasi dari representasi internal hasil internalisasi konsep eksplorasi.
6. Fase presentasi dan interpretasi. Peserta didik mengkomunikasikan konsep menggunakan representasi melalui kegiatan persentasi masing-masing kelompok dan pendidik melakukan reviu serta penilaian untuk menguatkan konsep peserta didik.

2.5 Keterampilan Berpikir Sistem

Berpikir sistem merupakan pendekatan kognitif yang melibatkan kemampuan untuk memahami dan menganalisis keterkaitan antar komponen dalam suatu sistem secara menyeluruh. Dalam konteks pendidikan, berpikir sistem menjadi penting karena memungkinkan peserta didik untuk melihat permasalahan tidak secara terpisah-pisah, melainkan sebagai bagian dari struktur yang kompleks dan saling berhubungan (Sweeney & Sterman, 2000). Kemampuan ini sangat relevan untuk diterapkan dalam pembelajaran abad ke-21, terutama dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah yang kompleks.

Peserta didik yang mempunyai keterampilan ini maka mereka akan lebih mudah menghubungkan materi yang satu dengan materi yang lain. Berpikir sistem dapat meningkatkan pemahaman peserta didik tentang sistem kehidupan yang dinamis (Schuler *et al.*, 2017). Keterampilan berpikir sistem yang baik membantu peserta didik mengambil keputusan untuk menghindari kesalahan, karena berpikir sistem membantu peserta didik membuat keputusan yang lebih luas dengan mengenali dampak dari keputusan dan masalah di bidang lain. Pemikiran sistem merupakan jenis pemikiran kompleks (Clark *et al.*, 2017). Berpikir sistem dianggap sebagai alat penting untuk memahami sistem yang kompleks. Proses pemahaman sistem yang kompleks merupakan alat konseptual yang mengubah persepsi seseorang

terhadap sistem yang kompleks, dengan memperkenalkan cara belajar baru, yaitu dengan mengasumsikan adanya paradigma teoritis baru ketika mempertimbangkan fenomena fisik baru (Gillissen *et al.*, 2019).

Dalam pembelajaran biologi peserta didik selalu ditekankan untuk memahami konsep dalam materi biologi yang sangat kompleks. konsep dalam materi biologi banyak yang berhubungan satu sama lain terutama dalam materi siklus dan sistem organ (Nuraeni *et al.*, 2020). Rosenkranzer *et al.* (2017) menyatakan bahwa berpikir sistem dapat diklasifikasikan menjadi dua dimensi: berpikir sistem struktural dan berpikir sistem prosedural. Berpikir sistem struktural adalah keterampilan untuk mengidentifikasi elemen-elemen yang terlibat dalam suatu sistem dan keterkaitannya, dan untuk menentukan kerangka sistem. Ini mengacu pada analisis struktur dasar suatu sistem. Artinya komponen atau objek dapat ditentukan dengan memperhatikan identitas sistem. Oleh karena itu, pemikiran sistem struktural dicirikan oleh keterampilan berpikir pada tingkat organisasi IPA, untuk secara akurat menggambarkan sistem yang terlibat dalam hubungannya dengan sistem lain di sekitarnya, dan untuk memahami komponen penting dari sistem dan beragam interaksi antara komponen-komponen ini. Hal ini didasarkan pada keterampilan untuk mengidentifikasi.

Pada penelitian ini indikator keterampilan berpikir menggunakan penelitian dari Ben-Zvi Assaraf dan Orion (2010) mengidentifikasi delapan karakteristik berpikir sistem yaitu, keterampilan untuk mengidentifikasi komponen-komponen suatu system dalam konteks system, keterampilan untuk mengidentifikasi hubungan-hubungan di antara komponen-komponen system, keterampilan untuk mengidentifikasi hubungan-hubungan dinamis dalam system, keterampilan untuk mengatur komponen dan proses sistem dalam kerangka hubungan, keterampilan untuk memahami sifat siklus system, keterampilan untuk membuat generalisasi, memahami dimensi tersembunyi dari system, dan berpikir secara temporal: retrospeksi dan prediksi. Menggunakan level keterampilan yang di kemukakan oleh Keynan (2014), sebagai berikut:

Tabel 1. Level Keterampilan berpikir sistem

Level Keterampilan Berpikir Sistem	Hirarki Keterampilan Berpikir Sistem
Level A (Menganalisis komponen sistem)	Mengidentifikasi komponen sistem dan proses dalam sistem
Level B (Sintesis komponen sistem)	Mengidentifikasi hubungan diantara komponen sistem.
	Mengidentifikasi hubungan dinamis di dalam sistem
	Mengatur komponen sistem dan proses dalam kerangka hubungan
	Memahami sifat siklus sistem
Level C (Implementasi)	Membuat generalisasi
	Memahami yang tersembunyi dimensi sistem
	Berpikir secara temporer: retropeksi dan prediksi

Sumber: Keynan, 2014.

Berpikir sistem adalah proses berpikir yang menekankan pada pengenalan pola, hubungan sebab-akibat, serta dinamika perubahan yang terjadi dalam sistem. Ini mencakup pemahaman bahwa tindakan kecil dalam suatu bagian sistem dapat berdampak besar pada bagian lain, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penerapan berpikir sistem dalam pembelajaran dapat melatih siswa untuk melihat berbagai alternatif solusi dan konsekuensinya secara lebih luas (Karuniasa, 2019).

Dalam praktik pembelajaran, berpikir sistem sangat sesuai dengan pendekatan konstruktivis, di mana peserta didik diajak untuk membangun pemahaman melalui keterlibatan aktif dalam mengeksplorasi hubungan antar konsep. Pembelajaran berbasis proyek, studi kasus, dan simulasi merupakan strategi yang efektif untuk menumbuhkan keterampilan berpikir sistem (Assaraf & Orion, 2010). Dengan demikian, guru memiliki peran penting dalam merancang aktivitas pembelajaran yang tidak hanya menyampaikan informasi, tetapi juga mengembangkan pemahaman sistemik pada peserta didik.

Selain itu, berpikir sistem juga berkaitan erat dengan kemampuan refleksi dan metakognisi. Peserta didik yang memiliki keterampilan berpikir sistem cenderung mampu merefleksikan proses berpikir mereka, mempertimbangkan berbagai sudut pandang, serta mengevaluasi hasil keputusan yang diambil (Triwahyuni, 2023). Oleh karena itu, pengembangan keterampilan ini perlu didukung oleh media pembelajaran yang interaktif dan kontekstual, seperti *e-LKPD* berbasis sistem.

Dengan memperkuat kemampuan berpikir sistem dalam pembelajaran, siswa tidak hanya memperoleh pengetahuan, tetapi juga keterampilan untuk menghadapi permasalahan nyata secara lebih bijak dan menyeluruh. Ini menjadi bekal penting dalam menyiapkan generasi yang mampu menghadapi tantangan global dan kompleksitas masa depan.

2.6 Ruang Lingkup Materi

Menurut Marzuki (2023) Secara umum gerak dapat diartikan berpindah tempat atau perubahan posisi sebagian atau seluruh bagian dari tubuh makhluk hidup. Makhluk hidup akan bergerak bila impuls atau rangsangan yang mengenai sebagian atau seluruh bagian tubuhnya. Pada manusia dapat mewakili pengertian gerak secara umum dan dapat dilihat dengan kasat mata/secara nyata. Gerak pada manusia menggunakan alat gerak yang tersusun dalam sistem gerak. Alat-alat gerak yang digunakan pada manusia ada 2 macam yaitu alat gerak pasif berupa tulang dan alat gerak aktif berupa otot. Kedua alat gerak ini akan bekerja sama dalam melakukan pergerakan sehingga membentuk suatu sistem yang disebut sistem gerak.

Tulang disebut alat gerak pasif karena tulang tidak dapat melakukan pergerakannya sendiri. Tanpa adanya alat gerak aktif yang menempel pada tulang, maka tulang-tulang pada manusia akan diam dan tidak dapat membentuk alat pergerakan sesungguhnya. Walaupun merupakan alat gerak pasif tetapi tulang mempunyai peranan yang besar dalam sistem gerak manusia. Otot disebut alat gerak aktif karena otot memiliki senyawa kimia yaitu protein aktin dan myosin yang bergabung menjadi satu membentuk aktomiosin. Dengan aktomiosin inilah otot dapat bergerak. Pada saat otot menempel pada tulang dan bergerak dengan otomatis tulang juga bergerak.

Adapun capaian pembelajaran IPA pada Fase D ini yaitu Peserta didik mendeskripsikan bagaimana hukum-hukum alam terjadi pada skala mikro hingga skala makro dan membentuk sistem yang saling bergantung satu sama lain. Pada fase ini, peserta didik mengimplementasikan pemahaman terhadap konsep-konsep

yang telah dipelajari untuk membuat keputusan serta menyelesaikan permasalahan yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari.

2.7. Penelitian yang Relevan

Penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian mengenai pengembangan *e-LKPD* model multi representasi untuk meningkatkan kemampuan berpikir sistem. Penelitian ini mencakup pengembangan bahan ajar pembelajaran, multi representasi, dan keterampilan berpikir sistem pada Tabel 2.

Tabel 2. Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	Nugroho, A. P., & Zulaikha, S.	2020	Pengembangan Modul Berbasis Multi Representasi untuk Pembelajaran Fisika	Modul multi representasi dapat meningkatkan pemahaman konsep dan hasil belajar siswa secara signifikan.
2	Aini, Q., Suwono, H., & Susilo, H.	2019	Pengembangan Modul Biologi Berbasis Representasi Ganda untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep	Modul berbasis representasi ganda efektif meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan berpikir ilmiah.
3	Sari, D. P., & Permanasari, A.	2018	Pengembangan LKPD Berbasis Masalah untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Sistem Siswa	LKPD berbasis masalah terbukti meningkatkan kemampuan berpikir sistem dan keterampilan pemecahan masalah.
4	Fikriyah, R., & Wilujeng, I.	2021	Pengembangan E-LKPD IPA Berbasis Representasi untuk Siswa SMP	E-LKPD berbasis representasi efektif dalam meningkatkan minat belajar dan pemahaman materi sains siswa.
5	Anjarsari, P., & Susanti, N.	2022	Pengembangan ELKPD Berbasis Representasi Berganda dan Model 5E	ELKPD ini meningkatkan keterlibatan belajar siswa dan memperdalam konsep melalui berbagai bentuk representasi.
6	Nuraeni, R., Setiono, & Aliyah, H.	2020	Analisis Kemampuan Berpikir Sistem Peserta didik Kelas XI SMA pada Materi Sistem Pernapasan Manusia	Peserta didik menunjukkan kemampuan berpikir sistem yang masih rendah, khususnya dalam memahami keterkaitan antar komponen sistem pernapasan.
7	Raved, L., & Yarden, A.	2014	Developing Seventh Grade Students' Systems Thinking Skills in the Context of the Human Circulatory System	Pembelajaran berbasis konteks sistem sirkulasi manusia secara eksplisit dapat mengembangkan kemampuan berpikir sistem siswa secara signifikan.

Tabel 2. Lanjutan

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
8	Utami, E., & Fadilah, M.	2023	Pengembangan Instrumen Kemampuan Berpikir Sistem pada Materi Sistem Tubuh Manusia untuk Peserta Didik Kelas XI SMA	Telah dikembangkan instrumen valid dan reliabel untuk mengukur kemampuan berpikir sistem siswa pada materi sistem tubuh manusia.
9	Clark, S., Petersen, J. E., Frantz, C. M., Roose, D., Ginn, J., & Daneri, D. R.	2017	Teaching Systems Thinking to 4th and 5th Graders Using Environmental Dashboard Display Technology	Penggunaan teknologi visual (dashboard lingkungan) efektif dalam mengembangkan keterampilan berpikir sistem pada siswa sekolah dasar.
10	Anggraini, M., Huda, I., Safrida, Rahmatan, H., & Djufri	2022	Penerapan Model Multiple Representation Berbasis Somatis, Auditory, Visual, Intelektual terhadap Self Efficacy Peserta Didik	Model multi representasi berbasis SAVI terbukti meningkatkan self-efficacy peserta didik secara signifikan dalam pembelajaran.
11	Hasbullah, Halim, A., & Yusrizal	2018	Penerapan Pendekatan Multi Representasi terhadap Pemahaman Konsep Gerak Lurus	Pendekatan multi representasi meningkatkan pemahaman konsep gerak lurus dan membantu siswa mengaitkan konsep fisika secara utuh.
12	Pratiwi, Ni Kadek Ratna	2022	Pengembangan Bahan Ajar IPA Berbasis Multirepresentasi Terhadap Pemahaman Konsep Peserta Didik SMP: Sebuah Tinjauan Studi	Studi menunjukkan bahwa bahan ajar berbasis multi representasi efektif meningkatkan pemahaman konsep IPA peserta didik SMP.

2.8 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah *e*-LKPD Model Multi Representasi hasil pengembangan dapat meningkatkan keterampilan berpikir sistem peserta didik SMP.

2.9 Kerangka Pikir

Pembelajaran sains di tingkat SMP masih menghadapi berbagai tantangan, terutama dalam membantu peserta didik memahami konsep-konsep kompleks secara utuh dan terintegrasi. Salah satu permasalahan utama adalah rendahnya keterampilan berpikir sistem peserta didik. Peserta didik cenderung memahami konsep secara terpisah-pisah, tidak melihat keterkaitan antar komponen dalam suatu

sistem, serta kesulitan dalam memahami dampak perubahan suatu bagian terhadap keseluruhan sistem.

Dalam pembelajaran guru cenderung menggunakan metode ceramah, penyampaian materi yang linier, dan berfokus pada hafalan konsep-konsep tanpa mengaitkan antar konsep dalam suatu sistem. Cara ini kurang mendorong peserta didik untuk membangun pemahaman terhadap fenomena sains yang seharusnya dianalisis secara sistemik. Selain itu, media pembelajaran yang digunakan di kelas pun umumnya masih terbatas pada buku teks dan papan tulis, tanpa memfasilitasi keterlibatan aktif peserta didik dalam mengeksplorasi dan membangun pengetahuan secara mandiri dan bermakna.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, pendekatan pembelajaran berbasis konstruktivisme menjadi penting. Menurut teori konstruktivisme sosial Vygotsky, pengetahuan dibangun melalui interaksi sosial dan dukungan pembelajaran yang sesuai dengan zona perkembangan proksimal (ZPD). Strategi *scaffolding* memungkinkan guru atau media pembelajaran memberikan bantuan sementara yang kemudian dilepaskan secara bertahap seiring berkembangnya pemahaman peserta didik. Selain itu, Ausubel menekankan pentingnya pemberian advance organizer untuk membantu peserta didik menghubungkan pengetahuan baru dengan yang sudah dimiliki, sedangkan Bruner mengemukakan bahwa pembelajaran melalui penemuan dapat membantu peserta didik memahami konsep secara lebih bermakna.

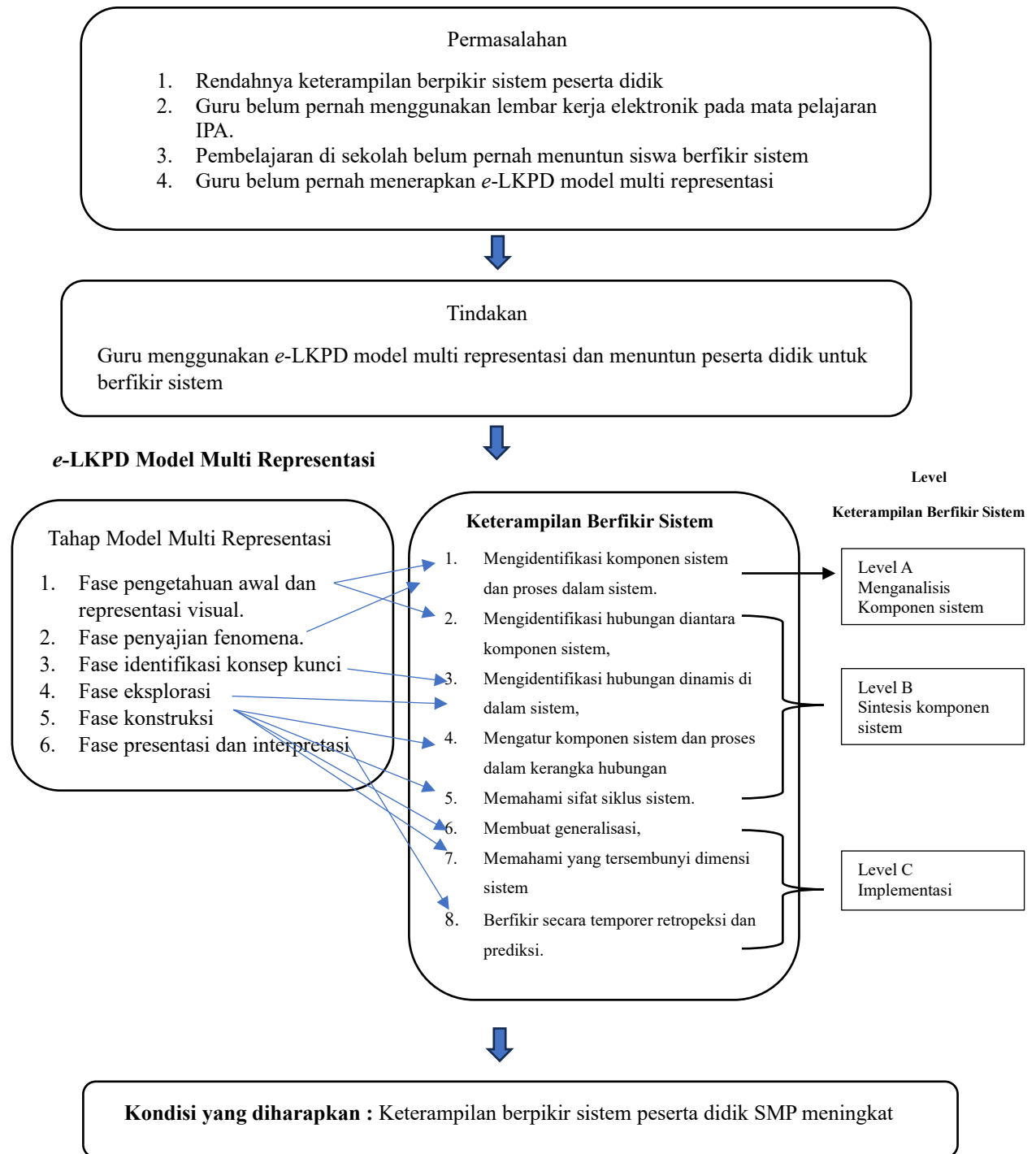
Penggunaan multi representasi menjadi strategi yang relevan dan efektif. Ainsworth menjelaskan bahwa multi representasi mencakup penyajian informasi dalam berbagai bentuk seperti teks, gambar, grafik, tabel, diagram, dan animasi. Representasi ganda ini membantu peserta didik memahami konsep dari berbagai sudut pandang, memperkuat pemahaman, serta memfasilitasi proses berpikir tingkat tinggi, termasuk berpikir sistem. Melalui kombinasi berbagai bentuk representasi, peserta didik dapat menghubungkan informasi yang tersebar dalam berbagai format dan membentuk pemahaman yang holistik.

Keterampilan berpikir sistem sendiri mencakup kemampuan untuk mengidentifikasi komponen-komponen suatu system dalam konteks system, kemampuan untuk mengidentifikasi hubungan-hubungan di antara komponen-komponen sistem, kemampuan untuk mengidentifikasi hubungan-hubungan dinamis dalam sistem, kemampuan untuk mengatur komponen dan proses sistem dalam kerangka hubungan, kemampuan untuk memahami sifat siklus system, kemampuan untuk membuat generalisasi, memahami dimensi tersembunyi dari system, dan berpikir secara temporal: retrospeksi dan prediksi. Untuk melatih keterampilan ini, peserta didik perlu terlibat dalam aktivitas pembelajaran yang mendorong eksplorasi hubungan antar komponen dan pola interaksi dalam sistem yang dipelajari. Solusi yang ditawarkan dalam penelitian ini adalah pengembangan *e*-LKPD berbasis modul multi representasi.

Dengan memanfaatkan modul ini, peserta didik tidak hanya memperoleh informasi, tetapi juga terlibat aktif dalam membangun pemahaman melalui aktivitas seperti analisis hubungan antar bagian sistem, membuat prediksi, menyusun model sederhana, dan menjawab pertanyaan reflektif yang mendorong penalaran sistemik. Proses belajar semacam ini memperkuat keterampilan berpikir sistem, karena peserta didik dibimbing untuk melihat keterkaitan, dinamika, dan konsekuensi secara menyeluruh, bukan sekadar menghafal konsep secara terpisah.

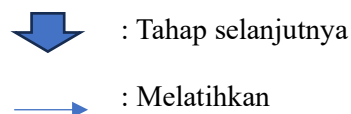
Dalam penelitian ini, *e*-LKPD dirancang melalui tahapan-tahapan multi representasi yang terstruktur: (1) Fase pengetahuan awal dan representasi visual untuk mengakses pengetahuan yang telah dimiliki dan mengenalkan sistem melalui gambar dan video sistem gerak, (2) Fase penyajian fenomena yang menyajikan peristiwa kontekstual sistem gerak dan gangguannya, (3) Fase identifikasi konsep kunci untuk menggali konsep inti dan keterkaitannya pada materi sistem gerak yang akan dipelajari pada setiap pertemuan, (4) Fase eksplorasi untuk menyelidiki hubungan antar bagian sistem gerak dengan sistem tumbuh lainnya, (5) Fase konstruksi untuk membangun pemahaman sistemik berdasarkan data dan informasi yang telah dilakukan pada fase eksplorasi dalam bentuk minmapping dan juga menjawab pertanyaan yang memuat hirarki berpikir sistem, (6) Fase presentasi sebagai sarana mengkomunikasikan hasil analisis sistem gerak yang sudah peserta

didik kerjakan, dan Fase interpretasi untuk menarik kesimpulan dan refleksi atas pembelajaran sistem gerak. Penelitian ini akan mengembangkan *e*-LKPD Model Multirepresentasi tersebut dalam meningkatkan keterampilan berpikir sistem peserta didik, khususnya dalam konteks pembelajaran IPA-Biologi yang sarat akan konsep sistemik.



Gambar 3. Skema Kerangka Penelitian

Keterangan :



III. METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian dan pengembangan atau Research and Development (R&D). Menggunakan desain Research and Development (R&D) oleh Gall, Gall, & Borg (2003) yang terdiri dari sepuluh tahapan yaitu *research and information collection* (penelitian dan pengumpulan informasi), *planning* (perencanaan), *develop preliminary form of product* (pengembangan produk awal), *preliminary field testing* (uji lapangan terbatas), *main product revision* (revisi produk awal), *main field testing* (uji lapangan utama), *operational product revision* (revisi produk hasil uji lapangan utama), *operational field testing* (pengujian lapangan operasional), *final product revision* (revisi produk akhir), dan *dissemination and implementation* (diseminasi dan implementasi). Adapaun secara ringkas langkah-langkah penelitian di uraikan sebagai berikut:

3.1.1 Tahap Penelitian dan Pengumpulan Informasi

Tahap penelitian dan pengumpulan informasi bertujuan untuk memperoleh dasar teoritis dan empiris yang kuat, serta mengidentifikasi kebutuhan riil di lapangan sebagai dasar untuk merancang dan mengembangkan produk e-LKPD berbasis model multi representasi guna meningkatkan kemampuan berpikir sistem peserta didik SMP. Langkah ini telah dilakukan melalui kajian pustaka, need assessment, analisis konten, dan penentuan jenis produk yang akan dikembangkan.

3.1.1.2 Kajian Teori dan Empiris

Kajian teori dilakukan dengan menelaah literatur yang relevan mengenai:

a. Electronic LKPD (ELKPD)

ELKPD adalah bentuk Lembar Kerja Peserta Didik berbasis elektronik yang memanfaatkan teknologi digital untuk memfasilitasi aktivitas belajar. ELKPD memberi keleluasaan akses, interaktivitas, dan integrasi multimedia seperti video, gambar, dan animasi untuk memperkuat pemahaman konsep (Wulandari & Suyanta, 2021). Dibanding LKPD konvensional, ELKPD cenderung lebih menarik dan relevan dengan gaya belajar siswa generasi digital.

b. Model Multi Representasi

Model multi representasi adalah pendekatan pembelajaran yang menyajikan konsep melalui berbagai bentuk representasi seperti verbal (teks), visual (gambar, grafik), simbolik (persamaan atau lambang), konkret (benda nyata), dan animasi (Ainsworth, 2006). Penelitian Anggraini et al. (2022) menunjukkan bahwa penggunaan multi representasi dapat meningkatkan kepercayaan diri dan pemahaman siswa karena siswa dapat memilih representasi yang paling sesuai dengan gaya belajarnya.

c. Berpikir Sistem (Systems Thinking)

Berpikir sistem merupakan kemampuan untuk memahami hubungan sebab-akibat dalam suatu sistem yang kompleks dan dinamis (Richmond, 1993). Ini mencakup identifikasi komponen sistem, hubungan antar komponen, serta pemahaman terhadap perilaku dinamis sistem. Jacobson & Wilensky (2006) menekankan pentingnya berpikir sistem dalam pendidikan untuk membantu siswa memahami fenomena ilmiah yang kompleks.

d. Temuan Empiris

Penelitian oleh Hidayati et al. (2020) menyatakan bahwa sebagian besar siswa kesulitan dalam mengaitkan konsep yang satu dengan lainnya, menunjukkan rendahnya kemampuan berpikir sistem. Studi oleh Dwi et al. (2021) menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis multi representasi secara signifikan

meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan pemahaman konsep. Penelitian oleh Saputra & Rahmatan (2023) menemukan bahwa penggunaan media digital interaktif dalam bentuk ELKPD dapat meningkatkan keterlibatan belajar dan pemahaman konsep.

3.1.1.2 Analisis Kebutuhan Bahan Ajar

Analisis kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan guru dan siswa terhadap bahan ajar sehingga mendapatkan informasi mengenai kondisi dan fakta pembelajaran IPA khususnya materi sistem gerak. Kegiatan ini meliputi penyebaran melalui *google form* untuk analisis kebutuhan guru dan peserta didik, analisis LKPD konvensional yang telah dilakukan dalam pembelajaran IPA dan analisis *e*-LKPD kemudian dilakukan pengelolaan data yang telah diperoleh.

Data yang diperoleh selanjutnya ditabulasi dan dikelompokkan berdasarkan kriteria, kemudian dilakukan perhitungan persentase dan dianalisis serta diinterpretasikan sebagai informasi pendukung pada penelitian ini dalam mengembangkan *e*-LKPD Model Multi Representasi.

3.1.1.3 Analisis Konten

Materi pembelajaran yang dianalisis adalah Sistem Gerak pada Manusia kelas VII SMP, dengan capaian pembelajaran yaitu Peserta didik dapat mengidentifikasi sistem organisasi kehidupan serta melakukan analisis untuk menemukan keterkaitan sistem organ dengan fungsinya serta kelainan atau gangguan yang muncul pada sistem organ tertentu (Sistem Gerak)."

Analisis konten menunjukkan bahwa materi sistem gerak memiliki banyak unsur yang saling berhubungan (tulang, otot, sendi) sehingga sangat potensial untuk dikembangkan melalui pendekatan berpikir sistem. Materi ini juga kaya akan aspek visual, verbal, dan simbolik, sehingga mendukung penerapan model multi representasi.

3.1.1.4 Jenis Produk yang Dikembangkan

Produk yang akan dikembangkan berupa e-LKPD model multi representasi. Ciri-ciri produk mencakup format digital yaitu interaktif, dapat diakses melalui perangkat elektronik. Menyediakan representasi visual (gambar anatomi), verbal (penjelasan teks), simbolik (diagram, alur proses), konkret (studi kasus), dan animasi sederhana. Memuat aktivitas siswa yang melatih keterampilan berfikir sistem.

3.1.2 Tahap Perencanaan

Pada tahap penelitian dan pengumpulan informasi memperoleh hasil berupa pengisian angket yang telah dilakukan oleh guru dan peserta didik, maka tahap selanjutnya yaitu perencanaan produk. Hasil dari penelitian dan pengumpulan informasi yang telah dilakukan diolah terlebih dahulu dan digunakan sebagai acuan perancangan dan pengembangan e-LKPD model multi representasi pada materi sistem gerak terhadap keterampilan berpikir sistem peserta didik. Setelah itu, dilakukan penyusunan RPP (Modul Ajar), dan penyusunan instrument berupa soal pretest-posttest, lembar keterlaksanaan pembelajaran e-LKPD model multi representasi, rubrik penilaian, penentuan software, pembuatan e-LKPD dan penyusunan lembar validasi ahli. *e-LKPD* tersebut terdiri atas:

- a. Bagian pendahuluan meliputi cover depan, kata pengantar, daftar isi, identitas e-LKPD, petunjuk penggunaan e-LKPD, lembar capaian Pembelajaran, serta tujuan pembelajaran.
- b. Bagian isi, terdiri atas serta tahapan pembelajaran yang sesuai dengan model pembelajaran multi representasi.
- c. Bagian penutup meliputi daftar pustaka dan profil pengembang.

Komponen-komponen *e-LKPD* Model multi representasi pada materi sistem Gerak yang di kembangkan dapat di lihat pada Tabel 3.

Tabel 3. *Stroryboard e-LKPD Model Multi Representasi*

No	Komponen	Deskriptor
1	Sampul depan (Cover)	a. Tulisan dan gambar – gambar yang berhubungan dengan sistem gerak b. Penyusun <i>e-LKPD</i> c. Judul <i>e-LKPD</i> d. Kelas dan Semester, materi, Font: <i>Fredoka</i> untuk judul <i>e-LKPD</i> dan materi ukuran 33,7, <i>Agrandir Narrow</i> untuk kelas, semester, dan penyusun <i>e-LKPD</i>.
2	Kata Pengantar	Kata pengantar memuat ucapan syukur kepada Tuhan YME, ucapan untuk orang-orang yang telah berpartisipasi dalam pembuatan perangkat, keinginan peneliti, dan doa. Font: <i>Marykate</i> untuk judul dan <i>glacial indifference</i>. Ukuran: 36,1 untuk judul dan 15 untuk isi.
3	Daftar isi	Terdiri dari kata pengantar, capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, LKPD, dan daftar pustaka. Font: <i>Canva sans</i> untuk judul dan <i>Manggo AC</i>. Ukuran: 65 untuk judul dan 17 untuk isi.
4	Petunjuk penggunaan	Berisi mengenai petunjuk penggunaan E-LKPD agar peserta didik terarah dalam penggunaannya Font: <i>Neue machina</i> untuk judul dan <i>Chewy</i> untuk isi. Ukuran: 33,6 untuk judul dan 15 untuk isi.
5	Identitas <i>e-LKPD</i>	Berisi judul materi, kelas, semester dan alokasi waktu, nama kelompok, Font: <i>Open sans</i> untuk judul dan untuk isi. Ukuran: 18 untuk judul dan isi.
6	Petunjuk penggunaan <i>e-lkpd</i>	Berisi langkah-langkah penggunaan panduan menjawab soal, tata cara pengisian dan aturan pengerjaan. Font: <i>Public sans</i> ukuran 29,5 untuk judul dan <i>open sans</i> ukuran 12.
6	Capaian pembelajaran	Terdiri dari kompetensi yang akan di capaian pembelajaran dan indikator pencapaian kompetensi. Font: <i>Agrandir narrow</i> untuk judul dan <i>Times new roman</i> untuk isi. Ukuran: 30 untuk judul dan 12,6 untuk isi.
7	Tujuan Pembelajaran	Berisi indikator ketercapaian pembelajaran pada topik sistem Gerak Font : <i>Open sans</i> dengan Ukuran 18.
8	Isi <i>e-LKPD</i> 1. Halaman 6	Berisi fase pengetahuan awal representasi visual. Fase ini merupakan pembelajaran pengenalan, pembekalan pengetahuan awal tentang fungsi moda-moda representasi pada sistem Gerak. Peserta didik mengamati informasi dan mencatat yang terdapat <i>barcode</i> .
9	2. Halaman 7	Berisi Fase penyajian fenomena. Pada fase ini pendidik mengawali pembelajaran dengan menampilkan fenomena dengan beberapa cara (multi representasi).
10	3. Halaman 8	Berisi fase identifikasi konsep kunci. Pendidik mengarahkan peserta didik menganalisis dan mengidentifikasi konsep kunci (konsep-konsep pokok yang penting) pada setiap pokok atau sub pokok bahasan materi dan menghubungkan konsep lintas domain yang terkandung dalam fenomena tersebut.
11	4. Halaman 9	Berisi fase eksplorasi. Peserta didik berkerja dalam kelompok untuk melakukan eksplorasi dari sumber belajar yang tersedia (<i>e-book</i> kemendikbud maupun internet). Informasi yang dicari mengacu pada konsep kunci yang ditemukan pada fase identifikasi.
12	5. Halaman 10	Berisi fase konstruksi. Peserta didik diarahkan untuk memecahkan masalah dengan menggunakan/ mengonstruksi representasi. Kegiatan konstruksi

Tabel 3. Lanjutan

No	Komponen	Deskriptor
		merupakan representasi dari representasi internal hasil internalisasi konsep eksplorasi.
13	6. Halaman 11	Berisi fase presentasi dan interpretasi. Peserta didik mengkomunikasikan konsep menggunakan representasi melalui kegiatan persentasi masing-masing kelompok dan pendidik melakukan reviu serta penilaian untuk menguatkan konsep peserta didik.
14	Daftar Pustaka	Berisi beberapa sumber rujukan yang digunakan untuk mendukung bahan belajar. Font: <i>Korea</i> untuk judul dan <i>Chewy</i> untuk isi. Ukuran: 57,1 untuk judul dan 15 untuk isi.
15	Riwayat penulisan	Disajikan secara singkat yang di perlukan sebagai data dari elkpd yang telah di buat. Font: <i>Neue machina</i> untuk judul dan <i>Chewy</i> untuk isi. Ukuran: 48,4 untuk judul dan 19 untuk isi.

3.1.3 Tahap Pengembangan Produk Awal

Tahap selanjutnya adalah pengembangan produk awal. Draft produk awal dibuat setelah melakukan rancangan awal dibuat. Pada tahap ini telah dilakukan penyusunan menyusun konsep *e*-LKPD yang akan dirancang diantaranya menyusun nama *e*-LKPD, menyusun tahapan kegiatan yang dilakukan, menyusun hirarki keterampilan berpikir sistem yang akan dilatihkan berdasarkan tahapan kegiatan yang dilakukan, serta menyusun pertanyaan-pertanyaan yang akan dihadirkan dalam *e*-LKPD Model Multi Representasi.

3.1.4 Tahap Uji Lapangan Terbatas

Setelah rancangan awal dibuat, maka dilakukanlah tahap penyusunan draft *e*-LKPD Model Multi Representasi. Setelah *e*-LKPD Model Multi Representasi dikembangkan, draft *e*-LKPD Model Multi Representasi untuk meningkatkan keterampilan berpikir sistem peserta didik diserahkan kepada tim ahli untuk dilakukan divalidasi tentang kesesuaian isi, konstruksi, dan keterbacaan. Validasi ahli dilakukan oleh dosen ahli IPA dari FKIP Universitas Lampung.

3.1.5 Tahap Revisi Produk Awal

Setelah divalidasi ahli, draft *e*-LKPD Model Multi Representasi tersebut dilakukan revisi sesuai dengan saran yang diberikan oleh validator. Hasil revisi produk *e*-LKPD Model Multi Representasi untuk meningkatkan keterampilan berpikir sistem peserta didik pada materi sistem gerak dikonsultasikan kembali dengan

dosen pembimbing. Produk hasil revisi yang telah diperbaiki dan valid tersebut selanjutnya diuji coba lapangan luas.

3.1.6 Tahap Uji Coba Lapangan Utama.

Uji coba lapangan utama dilakukan untuk mengetahui kepraktisan *e*-LKPD Model Multi Representasi menggunakan responden guru dan peserta didik. Adapun aspek kelayakan *e*-LKPD Model Multi Representasi yang dinilai oleh guru adalah aspek kesesuaian isi, aspek keterbacaan, dan kemenarikan produk, sedangkan peserta didik menilai aspek kemenarikan dan aspek keterbacaan produk. Uji coba lapangan luas telah dilakukan pada 15 peserta didik SMP Kelas VII dan dua pendidik bidang studi IPA di SMPN 2 Sekampung. Uji coba dilakukan dengan memberikan produk dan angket kepada pendidik dan peserta didik yang telah dikembangkan. Angket yang diberikan bertujuan mengetahui kepraktisan *e*-LKPD Model Multi Representasi untuk meningkatkan keterampilan berpikir sistem.

3.1.7 Tahap revisi hasil uji lapangan utama

Setelah melakukan uji coba lapangan utama, maka dilakukan revisi dan penyempurnaan *e*-LKPD Model Multi Representasi meningkatkan keterampilan berpikir sistem pada materi sistem gerak. Revisi dilakukan berdasarkan pertimbangan hasil uji coba lapangan luas, yaitu hasil uji kesesuaian isi, keterbacaan, dan kemenarikan oleh pendidik serta tanggapan peserta didik mengenai keterbacaan dan kemenarikan oleh peserta didik terhadap *e*-LKPD yang dikembangkan. Selanjutnya mengkonsultasikan hasil revisi dengan dosen pembimbing. Hasil revisi tersebut dari pengembangan *e*-LKPD Model Multi Representasi meningkatkan keterampilan berpikir sistem pada materi sistem gerak selanjutnya dapat dilanjutkan pada tahap uji coba lapangan operasional.

3.1.8 Tahap Pengujian Lapangan Operasional

Pada tahap pengujian lapangan operasional dilakukan untuk mengetahui keefektifan dari *e*-LKPD yang dikembangkan. Tahapan ini akan dilakukan dengan menguji terkait *e*-LKPD yang sudah direvisi terakhir berdasarkan data tanggapan pada uji coba lapangan awal. Tahap ini dilakukan pada peserta didik kelas VII di SMP Negeri 2 Sekampung *e*-LKPD Model Multi Representasi pada materi sistem

gerak diimplementasikan pada kelompok eksperimen, sedangkan kelompok kontrol diberikan perlakuan menggunakan pembelajaran konvensional yang biasa guru gunakan. Sebelum memberikan perlakuan pembelajaran baik kelompok eksperimen maupun kontrol masing-masing diberikan pretest dan setelah perlakuan pembelajaran selesai diberikan posttest. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui keefektifan dari pembelajaran dalam peningkatan keterampilan berpikir sistem peserta didik dengan menggunakan *e-LKPD* materi sistem gerak. Nilai pretes dan postes yang didapat diuji dengan Uji *Independent t-test* untuk melihat adanya perbedaan keterampilan berpikir sistem antar kedua kelas. Adapun rancangan penelitian yang digunakan peneliti adalah *pretest-posttest non equivalent control group design*. Bentuk desain penelitian tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Desain Penelitian

Kelompok	<i>Pretest</i>	Perlakuan	<i>Posttest</i>
Eksperimen	o_1	X_1	o_2
Kontrol	o_3		o_4

Keterangan :

o_1 dan o_2 = Kelas Eksperimen

o_3 dan o_4 = Kelas Kontrol

X_1 = Perlakuan berupa pembelajaran menggunakan *e-LKPD* Model multi representasi

X_2 = Perlakuan dalam pembelajaran menggunakan bahan ajar yang biasa digunakan peserta didik.

3.1.9 Tahap Revisi Produk Akhir

Pada tahap ini dilakukan revisi *e-LKPD* berdasarkan hasil implementasi di kelas eksperimen pada uji coba lapangan sehingga diperoleh produk akhir *e-LKPD* Model Multi Representasi materi sistem Gerak yang akan dipublikasi.

3.1.10 Tahap Desiminasi dan Implementasi

Setelah dilakukan pengujian terhadap media pembelajaran yang dikembangkan, selanjutnya dilakukan kegiatan desiminasi atau penyebaran. Kegiatan ini

dilakukan agar media pembelajaran yang telah dikembangkan dapat dimanfaatkan oleh pendidik IPA lainnya.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini berupa angket dalam bentuk *google form*. Teknik pengumpulan data pada penelitian dan pengumpulan informasi dilakukan penyebaran angket terhadap 11 guru IPA dan 100 Peserta didik dari masing-masing sekolah yaitu SMP di Lampung Timur. Pada tahap uji coba lapangan luas sumber data di peroleh dari guru mata pelajaran IPA dan peserta didik kelas VII di SMP N 2 Sekampung Lampung Timur. Pada tahap validasi produk, angket diberikan kepada validator. Adapun secara rinci teknik pengumpulan data di sajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Teknik Pengumpulan Data

No	Jenis Data	Sumber Data	Bentuk Instrumen	Uji
1	Analisis Kebutuhan peserta didik	Peserta didik	kuesioner	-
2	Analisis kebutuhan guru	guru	Kuesioner	-
3	Validasi ahli	Dosen	Kuesioner	-
4	Respon guru	guru	Kuesioner	
5	Respon peserta didik	Peserta didik	Kuesioner	
6	Pretes dan postes	Peserta didik	Tes	Uji Normalitas Uji homogenitas Uji perbedaan dua rata-rata
7	Keterlaksanaan proses pembelajaran menggunakan e-LKPD Model Multi Representasi	Peserta didik	Lembar Observasi	-

3.3 Instrumen Penelitian

Instrumen pada penelitian ini meliputi:

1. Instrumen penelitian dan pengumpulan informasi

Instrumen yang digunakan berupa angket kebutuhan pendidik untuk mencari informasi tentang pendekatan pembelajaran yang digunakan dan hasil analisis

bahan ajar yang digunakan pendidik saat pembelajaran. Instrumen bagi pendidik berisi pertanyaan disajikan dalam bentuk pertanyaan terbuka dan tertutup.

2. Instrumen Validasi Produk

Validasi produk dilakukan dengan oleh 2 validator ahli dalam bidang isi, konstruksi dan bahasa. Pada tiap instrumen terdapat kolom saran agar validator dapat menuliskan saran untuk perbaikan produk. Adapun kisi-kisi aspek isi, konstruksi dan bahasa dalam lembar validasi sebagai berikut.

1) Kisi-kisi Instrumen Validasi Isi

Kisi-kisi instrumen validasi isi berisikan 29 butir pernyataan yang memuat tentang isi dari *e*-LKPD model multi representasi untuk dinilai oleh validator pada Tabel 6.

Tabel 6. Kisi-kisi Instrumen Validasi Isi

No	Indikator	Butir Pernyataan
1	Relevansi Materi	1, 2, 3.
2	Penyajian Materi	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12.
3	Berpikir sistem	13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21
4	Manfaat	21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29.

2) Kisi-kisi Instrumen Validasi Kontruksi

Kisi-kisi instrumen validasi kontruksi berisikan 12 butir pernyataan yang memuat tentang isi dari *e*-LKPD model multi representasi untuk dinilai oleh validator pada Tabel 7.

Tabel 7. Kisi-kisi Instrumen Validasi Kontruksi

No.	Aspek yang Dinilai	Indikator	Butir Pernyataan
1	Kesesuaian dengan materi	<i>e</i> -LKPD sesuai dengan topik sistem gerak	1
2	Kelayakan instruksional	Terdapat instruksi penggunaan yang jelas	2
3	Kesesuaian capaian pembelajaran	Capaian pembelajaran sesuai dengan pokok bahasan	3
4	Tujuan pembelajaran	Tujuan pembelajaran dicantumkan dengan jelas	4
5	Fleksibilitas penggunaan	<i>e</i> -LKPD dapat digunakan kapan saja dan di mana saja	5
6	Keterpaduan materi dan konsep	Menggunakan konsep sistem gerak yang mendukung keterampilan berpikir sistem	6

Tabel 7. Lanjutan

No.	Aspek yang Dinilai	Indikator	Butir Pernyataan
7	Representasi visual	Menggunakan gambar dan video yang menjelaskan konsep sistem gerak	7
8	Desain tampilan	Menggunakan perpaduan warna yang menarik	8
9	Representasi simbolik	Penggunaan gambar, simbol, dan tabel sesuai dengan materi	9
10	Rangkuman materi	Tersedia rangkuman pada akhir materi	10
11	Tipografi	Variasi huruf (bold, italic, dll.) digunakan secara tepat	11
12	Tata letak	Tata letak teks dan gambar tertata dengan baik pada setiap submateri	12

3) Kisi-kisi instrumen validasi bahasa

Kisi-kisi instrumen validasi bahasa berisikan 10 butir pernyataan yang memuat tentang isi dari *e*-LKPD model multi representasi untuk dinilai oleh validator pada Tabel 8.

Tabel 8. Kisi-kisi Instrumen Validasi Bahasa

No.	Aspek yang Dinilai	Indikator	Butir Pernyataan
1	Komunikatif dan sesuai dengan cara berpikir peserta didik	Bahasa komunikatif, tidak menimbulkan makna ganda, sesuai tingkat berpikir peserta didik	1, 8, 9
2	Kemudahan dipahami	Kalimat mudah dipahami peserta didik	2
3	Kesesuaian ukuran teks	Ukuran teks jelas dan mudah dibaca	3
4	Ketepatan penggunaan kata baku	Kata-kata yang digunakan merupakan kata baku dan tepat	4
5	Ketepatan tata bahasa dan tanda baca	Tanda baca dan tata bahasa digunakan secara benar sesuai kaidah bahasa Indonesia	5, 6
6	Keefektifan kalimat	Kalimat digunakan secara efektif dan efisien	7
7	Nilai-nilai kesantunan dan pendidikan	Bahasa digunakan tetap santun tanpa mengurangi nilai pendidikan	10

3. Instrumen Angket Respon

Instrumen angket respon peserta didik dan pendidik berupa pernyataan untuk menilai kemudahan, kemenarikan, kebermanfaatan, keterbacaan *e*-LKPD yang di ujikan pada saat uji coba terbatas dan uji coba lapangan operasional. Pada instrumen terdapat kolom saran agar peserta didik dapat menuliskan saran untuk perbaikan produk. Kisi-kisi instrumen respon peserta didik dan pendidik pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 9. Kisi-kisi Angket Respon Pendidik

No	Indikator Penilaian	Butir Pernyataan
1	Kemudahan	1, 2, 3, 4, 5, 6.
2	Kemenarikan	7, 8, 9, 10, 11, 12
3	Kebermanfaatan	13, 14, 15.
4	Keterbacaan	16, 17, 18, 19, 20.

Tabel 10. Kisi-kisi Angket Respon Peserta Didik

No	Indikator Penilaian	Butir Pernyataan
1	Kemudahan	1, 2, 3, 4, 5, 6.
2	Kemenarikan	7, 8, 9, 10, 11, 12
3	Kebermanfaatan	13, 14, 15.
4	Keterbacaan	16, 17, 18, 19, 20.

4. Instrumen Keefektifan

Intrumen yang digunakan berupa tes. Tes yang digunakan meliputi *pretest* dan *posttest* terdiri dari 10 butir soal dengan bentuk soal essay. Data yang di peroleh dari tes ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas *e*-LKPD yang dikembangkan dalam meningkatkan keterampilan berpikir sistem. Adapaun kisi-kisi butir soal keterampilan berpikir sistem pada Tabel 11.

Tabel 11. Kisi-kisi Soal Keterampilan Berpikir Sistem

Hirarki Berpikir Sistem	Nomor Soal
Mengidentifikasi komponen sistem dan proses dalam sistem	1
	9
	12
Mengidentifikasi hubungan diantara komponen sistem.	2
	11
	13
Mengidentifikasi hubungan dinamis di dalam sistem	3
	10
	14
Mengatur komponen sistem dan proses dalam kerangka hubungan	4
	15
Memahami sifat siklus sistem	5
Membuat generalisasi	6
Memahami yang tersembunyi dimensi sistem	7
Berpikir secara temporer: retropeksi dan prediksi	8

3.4 Teknik Analisis data

Teknik analisis data dalam penelitian ini meliputi analisis data angket, analisis data validasi yakni validitas teoritis (aspek konstruksi, isi, dan bahasa) dan validitas empiris (validitas dan reliabilitas), *pretest* dan *posttest*.

3.4.1 Teknik analisis data kuesioner pada analisis awal

Pada tahap penelitian dan pengumpulan informasi, dilakukan analisis data hasil pengisian angket pada analisis awal dilakukan dengan cara

- a. Mengklasifikasi data, dilakukan dengan mengelompokkan jawaban berdasarkan pertanyaan pada angket.
- b. Memberikan skor pada setiap jawaban sesuai dengan kriteria penskoran.
- c. Menghitung jumlah skor jawaban setiap pertanyaan.
- d. Menghitung presentase jawaban setiap pertanyaan. Rumus yang digunakan untuk menghitung presentase setiap jawaban responden setiap item adalah sebagai berikut: (Sudjana, 2005).

$$\%J_i = \frac{\sum J_i}{N} \times 100\% \quad (\text{Sudjana, 2005})$$

Keterangan :

$\%J_i$ = Presentase pilihan jawab-i

$\sum J_i$ = Jumlah responden yang menjawab jawab-i

N = Jumlah seluruh responden (Sudjana, 2015)

- e. Menjelaskan hasil penafsiran presentase jawaban responden dalam bentuk deskripsi naratif.

3.4.2 Analisis data instrumen hasil validasi ahli

Hasil kuesioner yang akan diolah pada penelitian ini merupakan angket hasil validasi ahli, tanggapan pendidik dan peserta didik terhadap produk e-LKPD model multi representasi yang dibuat. Analisis data dilakukan dengan cara:

- a. Mengklasifikasi data, bertujuan untuk mengelompokkan jawaban berdasarkan pertanyaan pada angket.

- b. Melakukan tabulasi data berdasarkan klasifikasi yang dibuat, bertujuan untuk memberikan gambaran frekuensi dan kecenderungan dari setiap jawaban berdasarkan pertanyaan angket dan banyaknya responden.
- c. Memberi skor jawaban responden yang dilakukan berdasarkan skala Likert yang terdapat pada Tabel 12.

Tabel 12. Penskoran jawaban Validator

No	Pilihan Jawaban	Skor
1	Sangat setuju (SS)	5
2	Setuju (S)	4
3	Kurang Setuju (KS)	3
4	Tidak Setuju (TS)	2
5	Sangat Tidak Setuju (STS)	1

Sumber: Likert, 1932

- d. Mengelola jumlah skor jawaban responden. Pengolahan jumlah (ΣS) jawaban angket adalah sebagai berikut :

- 1) Skor untuk pernyataan sangat setuju (SS)

$$\text{Skor} = 5 \times \text{jumlah responden}$$

- 2) Skor untuk pernyataan kurang setuju (S)

$$\text{Skor} = 4 \times \text{jumlah responden}$$

- 3) Skor untuk pernyataan kurang setuju (KS)

$$\text{Skor} = 3 \times \text{jumlah responden}$$

- 4) Skor untuk pernyataan tidak setuju (TS)

$$\text{Skor} = 2 \times \text{jumlah responden}$$

- 5) Skor untuk pernyataan sangat tidak setuju (STS)

$$\text{Skor} = 1 \times \text{jumlah responden}$$

- e. Menghitung presentase jawaban angket pada setiap pernyataan dengan menggunakan rumus sebagai berikut

$$\%X_{in} = \frac{\Sigma S}{S_{maks}} \times 100\%$$

Keterangan:

$\%X_{in}$ = presentase jawaban angket *e*-LKPD berbasis Model multi representasi

ΣS = Jumlah skor jawaban

S_{maks} = skor maksimum (Sudjana, 2005)

- f. Menghitung rata-rata presentase kuisioner untuk mengetahui tingkat kelayakan dan kepraktisan *e*-LKPD model multi representasi untuk meningkatkan kemampuan berpikir sistem dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\overline{\%x_i} = \frac{\Sigma \%x_{in}}{n} \quad (\text{Sudjana, 2005})$$

Keterangan :

$\overline{\%x_i}$ = rata-rata presentase jawaban terhadap pertanyaan pada angket

$\Sigma \%x_{in}$ = jumlah presentase jawaban terhadap semua pertanyaan pada angket.

n = jumlah sluruh pernyataan pada angket (Sudjana, 2005).

- g. Menafsirkan kriteria validitas analisis presentase validasi. Analisis presentase produk hasil validasi ahli dengan menggunakan tafsiran Arikunto (2013) berdasarkan Tabel 13.

Tabel 13. Tafsiran Persentase Angket Validasi Ahli.

Presentase (%)	Tingkat Kevalidan	Keterangan
76 – 100	Valid	Layak/ tidak perlu revisi
51 – 75	Cukup Valid	Cukup layak/ revisi sebagian
26 – 50	Kurang Valid	Kurang layak/ revisi sebagian
< 26	Tidak Valid	Tidak layak/ revisi total

Sumber: Arikunto, 2013.

3.4.3 Analisis data instrumen hasil respon pendidik dan peserta didik

Hasil kuesioner yang akan diolah pada penelitian ini merupakan angket hasil tanggapan pendidik dan peserta didik terhadap produk *e*-LKPD model multi representasi yang di buat. Analisis data dilakukan dengan cara:

- Mengklasifikasi data, bertujuan untuk mengelompokkan jawaban berdasarkan pertanyaan pada angket.
- Melakukan tabulasi data, berdasarkan klasifikasi yang dibuat bertujuan untuk memberikan gambaran frekuensi dan kecenderungan dari setiap jawaban berdasarkan pertanyaan angket dan banyaknya responden.
- Memberi skor jawaban responden yang dilakukan berdasarkan skala Guttman yang terdapat pada Tabel 14.

Tabel 14. Penskoran Jawaban Responden

No	Pilihan Jawaban	Skor
1	Ya	1
2	Tidak	0

Sumber: Guttman, 1944.

- d. Mengelola jumlah skor jawaban responden
- e. Menghitung presentase jawaban kuisioner pada setiap jawaban pertanyaan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\%J_i = \frac{\sum J_i}{N} \times 100\% \quad (\text{Sudjana, 2015})$$

Keterangan :

$\%J_i$ = Presentase pilihan jawab-i

$\sum J_i$ = Jumlah responden yang menjawab jawab-i

N = Jumlah seluruh responden (Sudajana, 2015).

- f. Menafsirkan kriteria kepraktisan analisis presentase produk hasil tanggapan pendidik dan peserta didik dengan menggunakan tafsiran Arikunto (2013) sesuai dengan Tabel 15.

Tabel 15. Kriteria Presentase Analisis Kepraktisan

Presentase (%)	Tingkat Kelayakan	Keterangan
76 – 100	Praktis	Praktis/ tidak perlu revisi
51 – 75	Cukup Praktis	Cukup Praktis k/ revisi sebagian
26 – 50	Kurang Praktis	Kurang Praktis / revisi sebagian
< 26	Tidak Praktis	Tidak Praktis / revisi total

Sumber: Arikunto, 2013.

3.4.4 Analisis validitas dan reliabilitas instrumen tes

Teknik pengelolaan data digunakan untuk mengetahui kualitas instrumen yang digunakan dalam penelitian. Uji coba instrumen dilakukan untuk mengetahui dan mengukur apakah instrumen yang di gunakan telah memenuhi syarat dan layak digunakan sebagai pengumpulan data. Instrumen yang baik harus memenuhi dua persyaratan penting yaitu valid dan reliabel (Arikunto, 2013). Berdasarkan uji coba tersebut maka akan di ketahui validitas dan reliabilitas instrumen tes.

1. Validitas

Validitas adalah suatu ukuran yang menunjukkan tingkat kevalidan atau kesahihan suatu instrumen tes (Arikunto, 2013). Sebuah instrumen dikatakan valid apabila

mampu mengukur apa yang diinginkan. Uji validitas dilakukan dengan menggunakan rumus *product moment*. Analisis akan dilakukan dengan menggunakan software SPSS versi 25.00 *for windows*. Klasifikasi validitas disajikan pada Tabel 16.

Tabel 16. Kriteria Koefisien Validitas

Koefisien Validitas	Kriteria
$0,80 \leq r_{xy} \leq 1,00$	Sangat Tinggi
$0,60 \leq r_{xy} \leq 0,80$	Tinggi
$0,40 \leq r_{xy} \leq 0,60$	Cukup
$0,20 \leq r_{xy} \leq 0,40$	Rendah
$0,00 \leq r_{xy} \leq 0,20$	Rendah sekali

Sumber: Arikunto, 2013

2. Reliabilitas

Uji reliabilitas dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kepercayaan instrumen penelitian yang digunakan sebagai alat pengumpul data. Suatu alat evaluasi disebut reliabel jika alat tersebut mampu memberikan hasil yang dapat dipercaya dan konsisten. Uji reliabilitas dalam penelitian ini menggunakan program SPSS 25. Instrument tes dapat dikatakan jika $\text{Alpha Cornbach} > r_{\text{tabel}}$. Kriteria derajat reliabilitas (r_{11}) menurut Arikunto (2013), adalah disajikan pada Tabel 17.

Tabel 17. Kriteria Derajat Reliabilitas

Nilai r	Interpretasi
$0,90 < r_{11} \leq 1,00$	Derajat reliabilitas Sangat Tinggi
$0,70 < r_{11} \leq 0,80$	Derajat reliabilitas Tinggi
$0,40 < r_{11} \leq 0,60$	Derajat reliabilitas Cukup
$0,20 < r_{11} \leq 0,40$	Derajat reliabilitas Rendah
$0,00 < r_{11} \leq 0,20$	Derajat reliabilitas Rendah sekali

Sumber: Arikunto, 2013.

3.4.5 Analisis Data Skor Pretes Dan Postes

Keterampilan berpikir sistem peserta didik diukur dengan menggunakan soal pretes dan postes yang sebelumnya telah diuji validitas dan reliabilitasnya. Berikut ini prosedur analisis nilai pretes dan postes berpikir sistem peserta didik:

- a. Mengubah skor menjadi nilai

Skor pretes dan postes peserta didik yang diperoleh dari hasil penelitian yang diubah menjadi nilai yang dapat di rumuskan sebagai berikut:

$$\text{Nilai peserta didik} = \frac{\text{jumlah skor jawaban yang diperoleh}}{\text{jumlah skor maksimal}} \times 100$$

- b. Menghitung presentase nilai pretes dan postes keterampilan berpikir sistem.
- c. Menghitung skor pada item soal pretes dan menghitung persentasenya untuk menentukan level keterampilan berpikir sistem. Menafsirkan rata-rata presentase skor pada item soal pretes dengan tafsiran arikunto (2013) berdasarkan Tabel 18.

Tabel 18. Kriteria Persentase Angket

Presentase (%)	Kriteria
80,1 – 1,00	Sangat Tinggi
60,1 – 80	Tinggi
40,1 – 60	Cukup
20,1 – 40	Rendah
0,00 – 20	Rendah sekali

Sumber: Arikunto, 2013.

- d. Menghitung *n-gain*

Untuk mengetahui peningkatan keterampilan berpikir sistem peserta didik pada materi sistem gerak pada kelas VII. Menurut Hake (1995) besarnya peningkatan dihitung dengan rumus *n-gain* yaitu:

$$n\text{-gain} = \frac{\text{nilai postes} - \text{nilai pretes}}{100 - \text{nilai pretes}}$$

- e. Menentukan kriteria *n-gain*

Setelah diperoleh *n-gain* kemudian menentukan kriteria *n-gain* menurut Hake (1999). Kriteria *n-gain* menurut Hake disajikan pada Tabel 19.

Tabel 19. Kriteria *n-gain*

<i>n-gain</i>	Kriteria
$n\text{-gain} > 0,7$	Tinggi
$0,3 < n\text{-gain} \leq$	Sedang
$n\text{-gain} \leq 0,3$	Rendah

3.4.6 Analisis keterlaksanaan pembelajaran menggunakan *e*-LKPD Model Multi Representasi

Analisis data keterlaksanaan pembelajaran diukur melalui lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran menggunakan *e*-LKPD model multi representasi yang meliputi fase pembelajaran dan perilaku guru. Analisis keterlaksanaan pembelajaran menggunakan *e*-LKPD model multi representasi dilakukan dengan langkah berikut:

1. Menghitung jumlah skor yang di berikan oleh observer untuk setiap aspke pengamatan, kemudian menghitung presentase jawaban kuisisioner pada setiap jawaban pertanyaan dengan menggunakan rumus sebgai berikut:

$$\%J_i = \frac{\sum J_i}{N} \times 100\% \quad (\text{Sudjana, 2015})$$

Keterangan :

$\%J_i$ = Presentase pilihan jawab-i

$\sum J_i$ = Jumlah responden yang menjawab jawab-i

N = Jumlah seluruh responden (Sudajana, 2015).

2. Menafsirkan data dengan tafsiran arikunto (2013) berdasarkan Tabel 20.

Tabel 20. Kriteria Persentase Keterlaksanaan Pembelajaran

Presentase (%)	Kriteria
80,1 – 1,00	Sangat Tinggi
60,1 – 80	Tinggi
40,1 – 60	Cukup
20,1 – 40	Rendah
0,00 – 20	Rendah sekali

Sumber: Arikunto, 2013.

3.4.7 Pengujian Hipotesis

Sebelum pengujian hipotesis dilakukan uji normalitas dan homogenitas. Adapun pengujian hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Uji normalitas data

Uji normalitas adalah pengujian kenormalan distribusi data yang bertujuan untuk mendeteksi suatu data terdistribusi normal atau tidak. Pengujian norma-

litas dilakukan dengan uji *Kolmogorov-Smirnov* pada program SPSS 25 for windows. Memiliki ketentuan hipotesis yaitu H_0 adalah sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal dan H_1 adalah sampel tidak berasal dari populasi yang berdistribusi normal. Distribusi data dikatakan normal jika memenuhi kriteria sebagai berikut.

1. Jika probabilitas (sig) $> 0,5$ maka H_0 diterima
2. Jika probabilitas (sig) $< 0,5$ maka H_1 ditolak

b. Uji homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat kesamaan antarvarian atau tidak. Pengujian homogenitas dilakukan dengan uji *Levene statistik*.

Dengan kriteria sebagai berikut.

1. Apabila nilai sig $> 0,05$ maka data homogen
2. Apabila nilai sig $< 0,05$ maka data tidak homogen (Misbahuddin dan Hasan, 2013).

- c. Setelah uji prasyarat di lakukan Uji *independent sample t test* dilakukan untuk mengetahui perbedaan antara keterampilan berpikir peserta didik sebelum dan sesudah diterapkan pembelajaran menggunakan *e-LKPD Model*. Pengujian diawali dengan memberikan hipotesis sebagai berikut:

H_0 : tidak ada perbedaan nilai rata-rata pada nilai *n-gain* berpikir sistem peserta didik pada kelas kontrol dan kelas eksperimen dalam pembelajaran.

H_1 : ada perbedaan nilai rata-rata pada nilai *n-gain* berpikir sistem peserta didik pada kelas kontrol dan kelas eksperimen dalam pembelajaran.

3. Dasar pengambilan keputusan berdasarkan nilai probabilitas, dimana jika sig $> 0,05$ maka H_0 diterima. Setelah dilakukan uji *Independent Sampel T Test*, untuk menguji efektivitas *e-LKPD Model* multirepresentasi terhadap keterampilan berpikir sistem dilakukan dengan menggunakan *effect size* oleh Dyncer (2015). Besarnya dampak penggunaan *e-LKPD Model* multi representasi pada materi sistem gerak dapat di tinjau dari besarnya nilai *effect size*. Adapun rumus perhitungan *effect size* sebagai berikut :

$$\eta^2 = \frac{T^2}{T^2 + df}$$

Keterangan:

η = *effect size*

T = t hitung

df = derajat kebebasan

Hasil perhitungan *effect size* dikategorikan dengan menggunakan klasifikasi yang di sajikan pada Tabel 17. Adapun kriteria *effect size* pada Tabel 21.

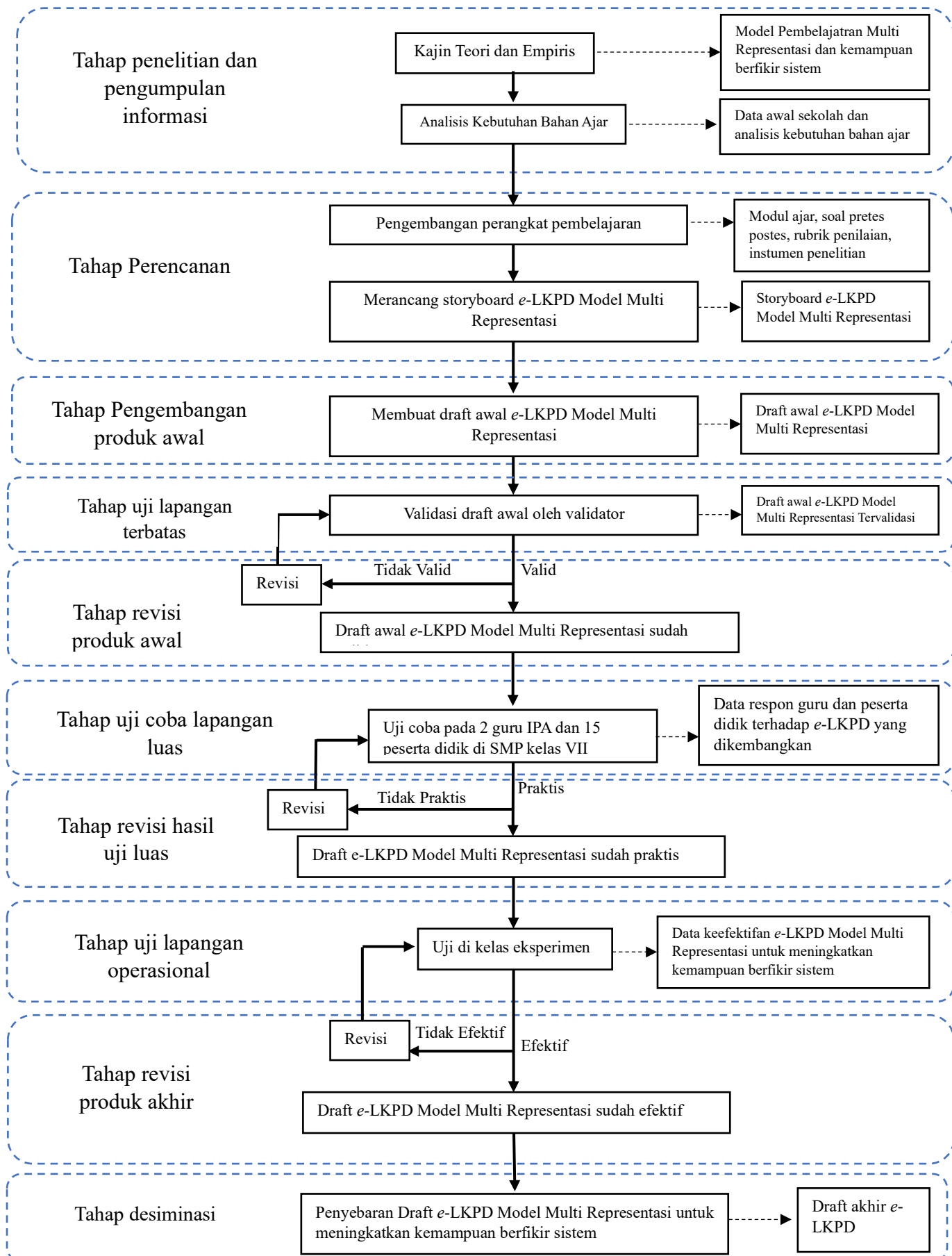
Tabel 21. *Effect size*

Kriteria	<i>Effect Size</i>
$\eta \leq 0,15$	Efek diabaikan (sangat kecil)
$0,15 < \eta \leq 0,40$	Efek kecil
$0,40 < \eta \leq 0,75$	Efek sedang
$0,75 < \eta \leq 1,10$	Efek besar
$\eta \leq 1,10$	Efek sangat besar

Sumber: Dyncer. 2015

3.5 Alur Penelitian

Alur penelitian dan pengembangan produk pada penelitian ini dapat di lihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Alur Penelitian

Keterangan

 = Proses = Hasil

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Adapun kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian pengembangan ini menghasilkan produk *e*-LKPD model multi representasi yang secara spesifik didesain untuk melatih keterampilan berpikir sistem peserta didik SMP, khususnya pada materi sistem gerak.. *e*-LKPD ini dinyatakan valid dan layak digunakan, berdasarkan hasil validasi ahli, pada kesesuaian isi sebesar 95%, konstruksi sebesar 92% dan keterbacaan sebesar 90%.
2. Produk *e*-LKPD model multi representasi ini praktis sebagai upaya untuk meningkatkan kemampuan berpikir sistem peserta didik SMP. *e*-LKPD ini dinyatakan praktis, berdasarkan respon pendidik dengan hasil respon positif sebesar 97% dan hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran sebesar 86.05%. Adapun respon positif peserta didik terhadap penggunaan *e*-LKPD sebesar 100%.
3. Produk *e*-LKPD model multi representasi ini efektif sebagai upaya untuk meningkatkan kemampuan berpikir sistem peserta didik SMP. Hal ini didasarkan dari perolehan rata-rata nilai *n*-gain kelas eksperimen yang berkategori “tinggi” sebesar 0,710 dan effect size sebesar 0,872 berkategori “besar”

5.2. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini masih memiliki keterbatasan, di antaranya adalah aplikasi atau situs *liveworksheet* yang digunakan untuk membuat *e*-LKPD pada penelitian ini memiliki keterbatasan, yang mana tidak menyediakan fitur bagi peserta didik untuk secara langsung menyematkan gambar atau video dokumentasi pelaksanaan

proyeknya namun harus dibantu dengan membuat *link* dokumentasi masing-masing kelompok. Selain itu, situs *liveworksheet* tidak menyediakan ruang fitur untuk konsultasi secara intensif, sehingga guru harus menggunakan grup *whatsapp* sebagai media komunikasi.

5.3. Saran

Saran Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, saran dari peneliti adalah sebagai berikut:

1. Bagi peneliti selanjutnya hendaknya melakukan pengembangan *e*-LKPD Model Multi Representasi pada materi pembelajaran IPA yang lainnya.
2. Bagi peneliti selanjutnya hendaknya melakukan pengembangan *e*-LKPD Model Multi Representasi untuk meningkatkan keterampilan berpikir yang lain.
3. Bagi peneliti selanjutnya hendaknya melakukan pengembangan berpikir sistem pada level B ditingkatkan dan level C yang belum muncul pada penelitian ini.
4. Menerapkan pembelajaran Model Multi Representasi dalam pembelajaran IPA dikarenakan telah efektif meningkatkan keterampilan berpikir sistem peserta didik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, S. dan Sawamura, H. 2009. Developing an Argument Learning Environment Using Agent-Based ITS (ALES). *Educational Data Mining*. Vol 1, 200-209.
- Adetary, A. H. 2016. Ta'dib Sebagai Konsep Pendidikan: Telaah Atas Pemikiran Naquib Al-Attas. *At-Turas*.
- Ainsworth, S. 2006. DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations, Learning and instruction. *Journal Learning and Instruction*, Vol 16 (3), 83-196.
- Aini, Q., Suwono, H., & Susilo, H. (2019). *Pengembangan Modul Biologi Berbasis Representasi Ganda untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep*. *Jurnal Pendidikan Biologi*.
- Akbar, S. 2013. *Instrumen Perangkat Pembelajaran*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Alighiri, D., Drastisianti, A. dan Susilaningsih, E. 2018. Pemahaman Konsep Peserta didik Materi Larutan Penyangga Dalam Pembelajaran Multiple Representasi. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, Vol 12 (2), 2192 – 2200.
- Anggraini, M., Huda, I., Safrida, Rahmatan, H., & Djufri. 2022. Penerapan Model Multiple Representation Berbasis Somatis, Auditory, Visual, Intelektual terhadap Self Efficacy Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, Vol 10 (1), Hal11-20.
- Ardwiyanti, D., Prasetyo, Z. K., Wilujeng, I. 2021. STEM research trends in indonesia: A sySTEMatic literature review. *Journal of Science Education Research*, Vol 5(1), 38-45.
- Arifani, H. & Purnami, A.S. 2015. Hubungan *self efficacy*, motivasi, dan prokrastinasi akademik dengan prestasi belajar matematika peserta didik kelas VIII SMP se-kecamatan Kraton Yogyakarta. *Union: Jurnal Pendidikan Matematika*, Vol 3(1) Hal 25–32.
- Arifin, Z., & Sari, D. 2019. Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Masalah terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Efek Size-nya. *Jurnal Pendidikan Fisika*, Vol 7(2), 123–129.
- Asrizal, A., Dier, M., Mardian, V., Festiyed, F. 2022. STEM integrated electronic student worksheet to promote conceptual understanding and literacy skills of students. *Journal of Physics: Conference Series*, Vol 2582, 1 – 9.

- Astalini, D., Kurniawan, D. A., & Perdana, R. 2019. Pengembangan instrumen sikap terhadap pelajaran IPA. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, Vol 8 (1), 11–20.
- Ayun, Q., Hasasiyah, S.H., Sublai, B. & Marwoto, P. 2020. Profil Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMP dalam Pembelajaran IPA Materi Tekanan Zat. *Jurnal Penelitian Pendidik Sains*. Vol 9 (2)
- Bada & Olusegun, S. 2015. Constructivism Learning Theory: A Paradigm for Teaching and Learning. *IOSR Journal of Research & Method in Education (IOSR-JRME)* Vol 5 (6), 66- 70.
- Basyir, M. S., Dinana, A., Devi, A. D. 2022. Kontribusi Teori Belajar Kognitivisme David P. Ausubel dan Robert M. Gagne dalam Proses Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Madrasah*, Vol 7 (1), 89 – 100.
- Ben, O., Assaraf, Z, Orion, N. 2010. Four Case Studies, Six Years Later: Developing SySTEM Thinking Skills in Junior High School and Sustaining Them over Time. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol 47 (10), 1253–1280.
- Bungsu, R & Rosadi, K. I. 2020. Faktor Yang Mempengaruhi berpikir sistem: Aspek Internal Dan Eksternal. *Jurnal Ekonomi Manajemen Sistem Informas,i* Vol 2 (2), Hal 205-215.
- Casnas, Purnawan, Firmansyah, I., & Triwahyuni, H. (2022). Evaluasi Proses Pembelajaran dengan Pendekatan Systems Thinking. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, Vol 12(1), 31–38.
- Choo, S.S.Y., Rotgans, J.I., & Yew, E.H.J. (2011). Effect of worksheet scaffolds on student learning in problem-based learning. *Adv in Health Sci Educ*, 16 (1), 517–528.
- Clark, S., Petersen, J. E., Frantz, C. M., Roose, D., Ginn, J., & Daneri, D. R. 2017. Teaching sySTEMs thinking to 4 th and 5 th graders using Environmental Dashboard display technology. *Journal of Plos One*, Vol 1 (2), 1–11.
- Davies, P., & Mangan, J. (2007). Threshold concepts and the integration of understanding in economics. *Studies in Higher Education*, Vol 32(6), 711–726.
- Dwi, Y. A., Sari, R. N., & Kurniawati, M. 2021. Pengaruh Pembelajaran Multi Representasi Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa SMP. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran IPA Indonesia*, Vol4(2), 102–110
- Ersalina, V., Yogica, R., Fajrina, S., Fifendy, M., dan Asru. 2023. Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Elektronik Berbasis Pendekatan Konstruktivisme Pada Materi Sistem Sirkulasi Untuk Peserta Didik SMA. *JB&P: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, Vol 10, 157 –70.
- Fikriyah, R., & Wilujeng, I. 2021. Pengembangan E-LKPD IPA Berbasis Representasi untuk Siswa SMP. *Jurnal Pembelajaran Sains*.

- Fitriani, A., Suyanto, & Handayani, L. 2019. Validitas dan kepraktisan LKPD berbasis pendekatan saintifik. *Jurnal Pendidikan Sains*, Vol 7(2), 52–59.
- Gall, M. D., Gall, J. P., & Borg, W. R. (2003). *Educational research: An introduction*. Pearson Education Inc.
- Gilbert, J. K. 2004. Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 115–130.
- Gilissen, M. R. G. Verhoeff, R.P., Knippels M.C.P.J., W.R. van Joolingen. 2019. Design Criteria for A Teaching Approach on Systems Thinking. *ESERA Conference*. Dublin City University. Dublin Ireland.
- Gilissen, M. G. R., Knippels, M. C. P. J., Verhoeff, R. P., & Joolingen, W. R. V. 2019. Teachers' and Educators' Perspectives on Systems Thinking and its Implementation in Dutch Biology Education. *Journal of Biological*, Vol 54 (5), 485-496.
- Graciella, M., & Suwangsih, E. 2016. Penerapan pendekatan matematika realistik untuk meningkatkan keterampilan representasi matematis peserta didik. *Metodik Didaktik: Jurnal Pendidikan Ke-SD-An*, Vol 10 (2).
- Großmann, N., & Wilde, M. (2019). Experimentation in biology lessons, guided discovery through incremental scaffolds. *International Journal of Science Education*, 41(6), 759–781.
- Hadijah, S. 2018. Analisis Respon Peserta didik Dan Guru Terhadap Penggunaan Multimedia Interaktif Dalam Proses Pembelajaran Matematika. *Jurnal Numeracy*, Vol. 5 (2), 176 – 183.
- Hafizah, N., & Supriatna, A. 2023. Analisis kepraktisan e-modul interaktif dalam pembelajaran IPA. *Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA*, Vol 11 (2), 178–186.
- Haniyah, A., & Hamdu, G. 2022. Sekolah Dasar Analisis Keterampilan Berpikir Sistem Berbasis Education for Sustainable Development di Sekolah Dasar. *PEDADIDAKTIKA: Jurnal Ilmiah Pendidikan Guru*, Vol 9 (2), Hal 397–409.
- Hanum, R. A, Mirawati, I, Karimah K. E. 2023. Mengembangkan Pesan Whatsapp tentang Edukasi Mindful Parenting dengan Prinsip Cognitive Theory of Multimedia Learning. *Jurnal Ilmu Komunikasi*, Volume 4 (01), Hlm 75 – 90.
- Haryadi, R., Kansaa, H. N. A. 2021. Pengaruh Media Pembelajaran E-Learning Terhadap Hasil Belajar Peserta didik. *At Talim Jurnal Pendidikan*. Vol 1 (2), 68 – 73.
- Hasbullah, Halim, A., dan Yusrizal. 2018. Penerapan Pendekatan Multi Representasi terhadap Pemahaman Konsep Gerak Lurus. *JIPI: Jurnal IPA dan Pembelajaran IPA*, Vol 2 (2), 69 - 74.

- Hasanah, H. 2020. Pengembangan Bahan Ajar Matematika STEM pada Materi Bangun Ruang. *Indonesian Journal of Learning Education and Counseling*, Vol 3 (1), 91-100.
- Hasanah, R., Sari, D., & Munir, A. 2023. Evaluasi butir soal IPA dalam pengembangan LKPD digital. *Jurnal Evaluasi Pendidikan*, Vol 14 (1), 22–29.
- Herianto, Lestari, D. P. 2021. Implementasi Teori Konstruktivisme dalam Pembelajaran IPA melalui Pemanfaatan Bahan Ajar Elektronik. *Jurnal Pembangunan Pendidikan: Fondasi dan Aplikasi*, Vol 9 (1), 49 – 57.
- Hidayatno, A. (2016). Berpikir Sistem: Pola Berpikir untuk Pemahaman Masalah yang lebih baik. ResearchGate.
- Hidayati, R., Kuswanto, H., & Kasmui. (2020). Pengembangan modul berbasis sistem dalam pembelajaran IPA untuk melatih keterampilan berpikir sistem siswa SMP. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, Vol 8(2), 243–251.
- Hidayati, N., Lestari, U., & Ardiansyah, R. 2020. Analisis Kemampuan Berpikir Sistem Siswa SMP dalam Pembelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 8(4), 455–463.
- Huda, K. & Djono. 2025. Mengintegrasikan Teori Pembelajaran Bermakna dan Konstruktivisme dalam Pembelajaran Sejarah di Era Digital. *Jurnal Artefak* . Vol 12 (1), 137-146.
- Jacobson, M. J., & Wilensky, U. 2006. Complex Systems in Education: Scientific and Educational Importance and Implications for the Learning Sciences. *The Journal of the Learning Sciences*, Vol 15 (1), 11–34.
- Karuniasa, M. 2019. Prinsip-Prinsip Transformasi Kebijakan Pembangunan Berkelanjutan dan Pengendalian Perubahan Iklim Berdasarkan Paradigma Systems Thinking. *Wahana Forestra: Jurnal Kehutanan*, Vol. 14 (2) .
- Keynan, A., Ben, O, Assaraf, Z., & Goldman, D. 2014. The Repertory Grid As A Tool For Evaluating The Development Of Students’ecological System Thinkingabilities. *Studies in Educational Evaluation*. Vol 41, 90 -105
- Kumartha, I. P. F., Putra, M., & Sujana, I. W. (2013). Pengaruh Pendekatan Pembelajaran Bermakna Bernuansa Lingkungan Alam Terhadap Hasil Belajar IPS Peserta didik Kelas IV SD Gugus 4 Selemadeg Timur Tabanan. *Mimbar PGSD Undiksha*, 1(1), 1–11.
- Kusumaningsih, W., Darhim, Herman, T., & Turmudi. 2018. Improvement algebraic thinking ability using multiple representation strategy on realistic mathematics education. *Journal on Mathematics Education*, Vol 9(2) Hal 281-290.
- Kusumawati, M. S., & Mahanal, S. 2020. Kepraktisan LKPD berbasis inkuiri terbimbing pada pembelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, Vol 5 (6), 793–799.

- Kurnaz, M. A., & Arslan, A. (2014). Effect of Multiple Representations-Based Instruction on Students' Conceptual Understanding of Force and Motion. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, 6(1), 1–16.
- Kholifahtus, Y. F., Agustiningsih, Wardoyo, A. A. 2021. Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) Berbasis Higher Order Thinking Skill (HOTS). *Jurnal Pendidikan Dasar*, Vol 5 (2), 143 – 151.
- Lathifah, M. F., Hidayati, B. N., Zulandri. 2021. Efektifitas LKPD Elektronik sebagai Media Pembelajaran pada Masa Pandemi Covid-19 untuk Guru di YPI Bidayatul Hidayah Ampenan. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, Vol 4 (2), 25-30.
- Lengkana, D. 2018. Pengembangan Program Pembelajaran Anatomi dan Fisiologi Tubuh Manusia Berbasis Multi Representasi untuk Meningkatkan Keterampilan Representasi dan Interelasinya dengan Keterampilan Generik Sains Calon Guru Biologi. *Disertasi tidak dipublikasikan*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Mardhiyah, R. H, Aldriani, S. N. F., Chitta, F. Zulfikar, M. R. 2021. Pentingnya Keterampilan Belajar di Abad 21 sebagai Tuntutan dalam Pengembangan Sumber Daya Manusia. *Lectura: Jurnal Pendidikan*, Vol (12) (1), 29 – 40.
- Marzuki. 2023. Penerapan model Pembelajaran Problem Solving untuk meningkatkan Hasil Belajar Peserta didik Pada materi sistem Gerak manusia Di SMP Negeri 3 Sintang. *Edumedia: Jurnal Keguruan dan Ilmu Pendidikan*, Vol 7 (2).
- Mayer, R.E. 2007. *Multimedia learning*. Cambridge University Press. New York.
- Moree, T.J., Sean, P.B., Kristina, M.T., Ruben, D.L., Amanda, C.J., Morgan, M.H., & Elizabeth, G. 2020. Multiple representations in computational thinking tasks: a clinical study of second-grade students. *Journal of Science Education and Technology*, Vol 2(9), Hal 19-34.
- Mulyana, M. K., & Rosidin, U. 2018. Implementasi Pendekatan Science, Technology, Engineering, And Mathematics (STEM) Untuk Menumbuhkan Skill Multirepresentasi Peserta didik SMA ada Materi Hukum Newton Tentang Gerak. *Jurnal UNIMED*, Vol. 7 (2).
- Mutaqin, A. 2023. Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) pada Pembelajaran IPA Untuk Melatih Keterampilan Abad 21. *Jurnal Pendidikan MIPA*. Vol. 13 (1), 34 – 45.
- Nerita, S., Ananda, A., & Mukhiyar. 2023. Pemikiran Konstruktivisme Dan Implementasinya Dalam Pembelajaran. *Jurnal Education and development*, Vol 11 (2), Hal 292-297.
- Ningkaula, T. A., Laliyo, L. A.R, Iyabu, H., Abdullah, R. 2023. Dampak Model Discovery Learning Berpendekatan STEM Terhadap Pemahaman Konsep Hidrolisis Garam Peserta didik SMA. *Jurnal Pendidikan Kimia Indonesia*, Vol 5 (2), 76-84.

- Nugroho, A. P., & Zulaikha, S. 2020. Pengembangan Modul Berbasis Multi Representasi untuk Pembelajaran Fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika*.
- Nuraeni, R. Setiono, Aliyah, H. 2020. Analisis Keterampilan Berpikir Sistem Peserta didik Kelas XI SMA pada Materi Sistem Pernapasan Manusia. *Jurnal. Pedagogi Hayati*, Vol. 4 (1), 1 – 9.
- Ndoa, P. K., Lay, S., & Waruwu, F. 2024. Implementasi Teori Belajar Discovery Learning Jerome Bruner Dalam Proses Pembelajaran. *Jurnal Ilmiah Pendidikan dan Pembelajaran*, Vol 11 (1), Hal 28-38.
- Onur, Z. & Konzikoglu, İ. 2020. The Relationship between 21st Century Learning Skills and Educational Technology Competencies of Secondary School Students. *Journal of Theoretical Educational Science*, Vol 13 (1), 65-77.
- Pebriani, N.P.I., Putrayasam, I.B., Margunayasa, I.G. 2022. Pengembangan E - LKPD Berbasis Hots (Higher Order Thinking Skill) Dengan Pendekatan Saintifik Pada Pembelajaran IPA Tema 8 Kelas V SD. *Jurnal Penelitian dan Evaluasi Pendidikan Indonesia*, Vol. 12 (1), 76 – 89.
- Purwanti, I. & Kusumawati, P. R. D. 2021. Dinamika Sistem: Implementasi Berpikir Sistem dalam Paradigma Pendidikan berbasis STEAM. *Prosiding Seminar Nasional Tadris Matematika (SANTIKA)*, 297 – 314.
- Puspitasari, A. D. 2019. Penerapan Media Pembelajaran Fisika Menggunakan Modul Cetak dan Modul Elektronik pada Peserta didik SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika*, Vol 7 (1), 17- 25.
- Putra, M. A., & Widodo, A. 2020. Analisis validitas dan reliabilitas soal HOTS IPA SMP. *Jurnal Pendidikan IPA*, Vol 6(1), 33–41.
- Putri, A., Lengkana, D., Jalmo, T. 2022. Teacher's Perceptions of Electronic Multi Representation STEM based Worksheet to Improve Student's Metacognitive Ability. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, Vol 10 (3), 606-622.
- Putri, B.C. & Ambarwati, R. 2023. Pengembangan Lembar Kegiatan Peserta Didik Elektronik (E - LKPD) Berbasis Strategi Know-Want-Learned (Kwl) Pada Materi Vertebrata Untuk Melatihkan Keterampilan Metakognitif Peserta Didik Sma Kelas X. *Jurnal Pendidikan Biologi: Bioedu*, Vol 12 (2), 506 – 514.
- Pratiwi, Ni Kadek Ratna. 2022. Pengembangan Bahan Ajar IPA Berbasis Multirepresentasi Terhadap Pemahaman Konsep Peserta didik SMP: Sebuah Tinjauan Studi. *Jurnal pendidikan MIPA*, Vol 12 (2), 359 – 366.
- Priadi, M. A., Jalmo, T., Sikumbang, D., Meilinda, K. 2022. The effectiveness of Jigsaw cooperative learning model in developing students' oral communication skills and cognitive learning outcomes. *Assimilation: Indonesian Journal Of Biology Education*, Vol 5(1), 29-38.

- Puspitasari, A. D. 2019. Penerapan Media Pembelajaran Fisika Menggunakan Modul Cetak dan Modul Elektronik pada Peserta didik SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika*, Vol 7(1), Hal 17-25.
- Rahman, M. A., Fitriyah, C. Z., Kurniasih, F. 2023. Pengembangan E-LKPD Berbasis Permainan Tradisional Tema 8 Keselamatan di Rumah dan Perjalanan Kelas II SDN Dabasah 5 Bondowoso. *Jurnal Ilmu Pendidikan Sekolah Dasar Vol.* Vol 10 (2), 99-105.
- Rahman, M. M., Doyan, A., Sutrio. 2021. The Effectiveness of Video-Assisted Multi-Representation Approach Learning Tools to Improve Students' Critical Thinking Ability. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, Vol 7, 56 – 60.
- Rahmatan, H., & Djufri. 2020. Pengembangan LKPD Berbasis Multi Representasi untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Sistem pada Materi Ekosistem. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, Vol 8 (1), 35–43.
- Rahmi, R. 2020. Desain pembelajaran matematika berbasis tik konsep dan penerapan. Cetakan 1. Yayasan kita menulis.
- Raved, L., & Yarden, A. 2014. Developing seventh grade students “ sySTEMs thinking skills in the context of the human circulatory sySTEM. *Journal of Frontiers Public Health*, Vol 2 (260).
- Richmond, B. 1993. Systems Thinking: Critical Thinking Skills for the 1990s and Beyond. *System Dynamics Review*, Vol 9(2), 113–133.
- Roberts, A., & Cantu, D. 2012. Applying STEM instructional strategies to design and technology curriculum. *PATT 26 Conference; Technology Education in the 21st Century; Stockholm; Sweden*, Vol 073, 111–118.
- Rohmah, R., Wasis, & Sulisty, U. 2020. Pengembangan E-LKPD berbasis Problem Based Learning untuk Meningkatkan Hasil Belajar dan Kemandirian Belajar Siswa. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, Vol 5 (4), 511–519.
- Rohmadi, S. H. 2018. Pengembangan Berpikir Kritis (*Critical Thinking*) Dalam Alquran: Perspektif Psikologi Pendidikan. *Jurnal Psikologi Islam*.
- Rosenkranzer, F., Hörsch, C., Schuler, S., & Riess, W. 2017. Student Teachers' Pedagogical Content Knowledge for Teaching Systems Thinking: Effects of Different Interventions. *International Journal of Science Education*, Vol 39 (14), 1932-1951.
- Salsabila, N. D., & Yuliati, L. 2021. Pengembangan E-LKPD berbasis Literasi Sains pada Materi Suhu dan Kalor untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa SMP. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, Vol 7 (1), 58–66.
- Salsabila, D. A., & Yuliati, L. 2021. Desain ELKPD interaktif untuk pembelajaran jarak jauh pada masa pandemi. *Jurnal Pendidikan Sains*, Vol 9(2), 123–130.

- Saputra, A., & Rahmatan, H. 2020. Peningkatan keterampilan berpikir sistem melalui pendekatan pembelajaran konstruktivistik pada siswa SMP. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, Vol 9 (2), 123–131.
- Saputra, R., & Rahmatan, H. 2023. Pengembangan ELKPD Interaktif untuk Meningkatkan Keterlibatan Belajar Siswa SMP. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 5(1), 22–30.
- Sari, D. P., & Permanasari, A. 2018. Pengembangan LKPD Berbasis Masalah untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Sistem Siswa. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*.
- Sari, D. P., Purwaningrum, R., & Pratama, B. C. 2021. Kepraktisan dan efektivitas modul pembelajaran berbasis proyek. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, Vol 9 (3), 442–450.
- Sari, P. M., Herlina, K. and Abdurrahman. 2021. Preliminary Research: Developing Physics Electronic Student Worksheet Based on ExPRession model with the STEM approach. *Journal of Physics: Conference Series*, Vol 1798, 1 – 8.
- Sari, F. F. K. & Atmojo, I. R. W. 2021. Analisis Kebutuhan Bahan Ajar Digital Berbasis Flipbook untuk Memberdayakan Keterampilan Abad 21 Peserta Didik pada Pembelajaran IPA Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, Vol. 5 (6), 6079 -6085.
- Sari, D. N. I., Budiarso, A. S., Wahyuni, S. 2022. Pengembangan E-LKPD Berbasis Problem Based Learning (PBL) untuk Meningkatkan Keterampilan Higher Order Thinking Skill (HOTS) pada Pembelajaran IPA. *Jurnal Basicedu*. 6 (3).
- Santoso, S. 2018. *Menguasai Statistik Parametrik dan Nonparametrik dengan SPSS*. Jakarta. Elex Media Komputindo.
- Setianingrum, R. 2022. Kerangka Kerja Berpikir Sistem Menggunakan Ilmu Pengetahuan Alam Sebagai Pengetahuan Konten Sistem Kompleks. *Biocaster: Jurnal Kajian Biologi*, Vol 2 (4), 219-229.
- Schuler, S., Fanta, D., Rosenkraenzer, F., & Riess, W. 2017. Systems thinking within the scope of education for sustainable development (ESD) – a heuristic competence model as a basis for (science) teacher education. *Journal of Geography in Higher Education*, Vol 8265, 1– 13.
- Siahaan, K. W. A., Lumbangaol, S. T. P., Marbun, J., Nainggolan, A. D., Ritonga, J. M., Barus, D. P. 2021. Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing dengan MultiRepresentasi terhadap Keterampilan Proses Sains dan Penguasaan Konsep IPA. *Jurnal Basicedu*, Vol 5 (1), 195-205.
- Simanjuntak, M. P., Marpaung, N., & Siregar, N. 2020. Desain Pembelajaran Ipa Berbasis Masalah Dan Multirepresentasi Terhadap Pemahaman Konsep dan Pemecahan Masalah. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika*, Vol 8 (4), 20 - 25.

- Simanjuntak, R. 2018. Mengenal Teori - Teori Belajar. *Jurnal Teologi Sanctum Domine*. Vol 7 (1), 47 – 60.
- Sugianto, S. D., Ahied, M., Hadi, W.P., Wulandari, A. Y. R. 2019. Pengembangan Modul Ipa Berbasis Proyek Terintegrasi STEM Pada Materi Tekanan. *Jurnal NSER*, Vol 1 (1), 29- 39.
- Sugiyono. 2018. *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sugrah, N. 2019. Implementasi Teori Belajar Konstruktivisme Dalam Pembelajaran Sains. *Humanika, Kajian Ilmiah Mata Kuliah Umum*, Vol 19 (2), 121-138.
- Sujana, A., & Rachmatin, D. 2019. Literasi Digital Abad 21 Bagi Mahapeserta didik PGSD: Apa, Mengapa, dan Bagaimana. *Current Research in Education: Conference Series Journal*, Vol 1(1).
- Sundari & Fauziyanti, E. 2021. Implikasi Teori Belajar Bruner dalam Model Pembelajaran Kurikulum 2013. *Jurnal Papeda*, Vol 3(2), 128-136.
- Susantini, E., Lisdawati, I., & Fadila, R. N. 2021. Pengembangan E-LKPD Berbasis Multi Representasi untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Pendidikan Sains*, Vol 9 (3), 234–245.
- Sriwahyuni, I., Risdianto, E., Johan, H. 2019. Pengembangan Bahan Ajar Elektronik Menggunakan FLIP PDF Profesional pada Materi Alat – Alat Optik di SMA. *Jurnal Kumparan Fisika*, Vol 2 (3), 145 – 152.
- Sterman, J. D. 2000. *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Boston: Irwin McGraw-Hill.
- Sya'idah, F. A. N., Wijayati, N., Nuswowati, M., & Haryani, S. 2020. Pengaruh model blended learning berbantuan e-LKPD materi hidrolisis garam terhadap hasil belajar peserta didik. *Chemistry in Education*, Vol 9(1), Hal 76-83.
- Syukri. 2013. Pendidikan STEM dalam Entrepreneurial Science Thingking “EsciT”: Satu Pengongsaan Pengalaman dari UKM untuk Aceh. *Prosiding Aceh Development International Conference 2013*. Kuala Lumpur, Malaysia.
- Treagust, D. F., & Tsui, C.-Y. 2013. Multiple representations in biological education. *Models and Modeling in Science Education*, Vol. 7.
- Tripto, J., Ben-Zvi Assaraf, O., & Amit, M. 2013. Mapping What They Know: Concept Maps as an Effective Tool for Assessing Students’ Systems Thinking. *American Journal of Operations Research*, Vol 3(1), 245–256.
- Triwahyuni, E. A. 2023. Meningkatkan Kemampuan Problem Solving melalui System Thinking dalam Proses Pembelajaran Anak Usia Dini, *Jurnal Obsesi: Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, Vol 7 (6): 7707–7714.

- Ucu, N. L., Paturusi, S. D. E. Sherwin., Sompie, R. U. A. 2018. *E-Jurnal Teknik Informatika*, Vol. 13 (1).
- Utami, E. & Fadilah, M. 2023. Pengembangan Instrumen Keterampilan Berpikir Sistem pada Materi Sistem Tubuh Manusia untuk Peserta Didik Kelas XI SMA. *Journal On Teacher Education* Vol 5 (2) Hal 344-348.
- Van Der Meij, J. 2007. *Supporting Student's Learning with Multiple Representasi in A Simulation – Based Learning Environment*. 99-212: Pergamon.
- Verhoeff, R. P., Boersma, K. T., & Waarlo, A. J. 2008. System modelling and concept mapping as complementary tools for teaching and learning systems thinking in biology education. *International Journal of Science Education*, Vol 30 (4), 655–675.
- Wulandari, N. S., Hidayati, A., & Suparman, S. 2021. Validitas dan reliabilitas soal dalam LKPD berbasis literasi sains. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, Vol 10 (2), 159–167.
- Wulandari, L. & Suyanta. 2021. Pengembangan e-LKPD berbasis media digital interaktif dalam pembelajaran sains untuk meningkatkan hasil belajar siswa SMP. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, Vol 7 (1), 45–54.
- Wulandari, M., & Suyanta. 2021. Pengembangan LKPD Elektronik Interaktif Berbasis Android untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 7(2), 147–156.
- Wulandari, N. S., Hidayati, A., & Suyanta, A. 2022. Validitas dan reliabilitas instrumen keterampilan berpikir tingkat tinggi. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, Vol 10 (1), 57–66.
- York, S., Lavi, R., Dori, Y. J., & Orgill, M. 2019. Applications of Systems Thinking in STEM Education. *Journal of Chemical Education*, Vol 96 (12), 2742-2751.
- Yuliana, S., & Fitriani, A. 2023. Pengembangan e-LKPD Berbasis Literasi Digital. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, Vol 9(1), 45–56.
- Yuniarti, R., & Safitri, E. 2022. Pengembangan e-LKPD berbasis literasi sains untuk siswa SMP. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, Vol 8 (1), 90–98.
- Zoller, U., & Levy Nahum, T. 2012. From Teaching to „Know“-to Learning to „Think“ in Science Education. In: Fraser, B., Tobin, K., McRobbie, C. (eds.). *2nd International Handbook of Science Education*, Vol 1(16), 209-330.