

**PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN MATERI SISTEM
KOORDINASI BERBANTUAN *AUGMENTED REALITY* UNTUK
MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR SISTEM**

(Tesis)

Oleh

**YESICA RENITA PUTRI
2323025005**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN MATERI SISTEM KOORDINASI BERBANTUAN *AUGMENTED REALITY* UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR SISTEM

Oleh

YESICA RENITA PUTRI

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan perangkat pembelajaran materi sistem koordinasi berbantuan *augmented reality*, dan mendeskripsikan kepraktisan perangkat pembelajaran dalam meningkatkan keterampilan berpikir sistem, serta mendeskripsikan keefektifan perangkat pembelajaran berbantuan *augmented reality* yang dikembangkan. Desain penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) dilakukan dengan mengacu pada model pengembangan 4-D yang terdiri dari empat tahap yaitu, *define*, *design*, *develop* dan *disseminate*. Sampel penelitian adalah siswa SMP Quran Darul Ikhlas kelas IX yang terdiri atas 15 siswa dalam uji skala kecil dan 32 siswa dalam uji skala besar, dengan menggunakan teknik *purposive sampling*. Desain uji coba yang digunakan yakni *The Matching Only Pretest-Posttest Non-Equivalent Control Group Design*. Instrumen yang digunakan meliputi kuesioner analisis kebutuhan, kuesioner validitas, kuesioner kepraktisan, lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran, dan tes *pretest-posttest* keterampilan berpikir sistem. Teknik analisis data pada penelitian ini menggunakan uji *independent sample t-test* yang dianalisis menggunakan *software* SPSS versi 25.0. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran dinyatakan sangat valid ditinjau dari aspek isi sebesar 89,5%, aspek konstruksi sebesar 94,8% dan aspek kemenarikan sebesar 97,2%; perangkat pembelajaran berbantuan *augmented reality* praktis digunakan untuk meningkatkan keterampilan berpikir sistem ditinjau dari keterlaksanaan pembelajaran sebesar 92,5%, respon penilaian produk menunjukkan bahwa sebagian besar peserta didik memberikan penilaian sangat positif dengan persentase sebesar 97,22%, sedangkan pendidik sebesar 95,7%.; perangkat pembelajaran efektif meningkatkan keterampilan berpikir sistem dengan nilai *N-Gain* tinggi yaitu 0,79 dan *effect size* besar yaitu 1,95. Berdasarkan hasil tersebut, perangkat pembelajaran berbantuan *augmented reality* yang dikembangkan efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir sistem.

Kata kunci: Perangkat pembelajaran, *augmented reality*, keterampilan berpikir sistem.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF AUGMENTED REALITY ASSISTED LEARNING MATERIALS ON THE COORDINATION SYSTEM TO ENHANCE SYSTEM THINKING SKILLS

By

YESICA RENITA PUTRI

This study aims to develop learning materials on the coordination system assisted by augmented reality and to describe the practicality of the learning materials in improving systems thinking skills, as well as to describe the effectiveness of the developed augmented reality assisted learning materials. The research and development design was conducted based on the 4-D development model, which consists of four stages: define, design, develop, and disseminate. The research sample consisted of ninth grade students of SMP Quran Darul Ikhlas, comprising 15 students in the small-scale trial and 32 students in the large-scale trial, selected using purposive sampling techniques. The experimental design employed was the Matching-Only Pretest–Posttest Non-Equivalent Control Group Design. The instruments used included a needs analysis questionnaire, validity questionnaire, practicality questionnaire, learning implementation observation sheets, and pretest–posttest tests of systems thinking skills. Data analysis techniques in this study used the independent samples t-test, which was analyzed using SPSS software version 25.0. The results showed that the learning materials were categorized as highly valid, with content validity of 89.5%, construct validity of 94.8%, and attractiveness validity of 97.2%. The augmented reality–assisted learning materials were practical for improving systems thinking skills, as indicated by a learning implementation score of 92.5%. Product assessment responses showed that the majority of students gave very positive evaluations with a percentage of 97.22%, while teachers' responses reached 95.7%. Furthermore, the learning materials were effective in improving systems thinking skills, as indicated by a high N-Gain value of 0.79 and a large effect size of 1.95. Based on these results, the developed augmented reality assisted learning materials are effective in enhancing systems thinking skills.

Keywords: Learning materials, augmented reality, systems thinking skills.

**PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN MATERI SISTEM
KOORDINASI BERBANTUAN *AUGMENTED REALITY* UNTUK
MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR SISTEM**

Oleh

YESICA RENITA PUTRI

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**

2026

Judul Tesis

**: Pengembangan Perangkat Pembelajaran Materi
Sistem Koordinasi Berbantuan *Augmented Reality*
Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir
Sistem**

Nama Mahasiswa

: Yesica Renita Putri

Nomor Pokok Mahasiswa

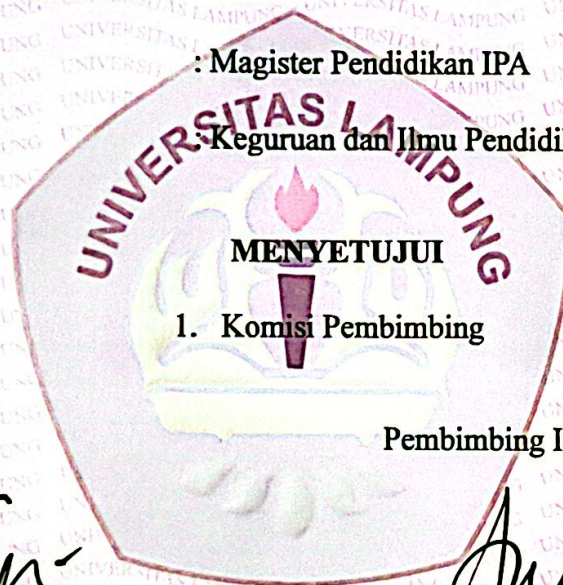
: 2323025005

Program Studi

: Magister Pendidikan IPA

Fakultas

: Keguruan dan Ilmu Pendidikan



Pembimbing I

Dr. Dewi Lengkana, M. Sc.
NIP 1961 1027 198603 2 001

Pembimbing II

Dr. Nogi Fadiawati, M. Si.
NIP 19660824 199111 2 001

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Pendidikan MIPA

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

Ketua Program Studi

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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

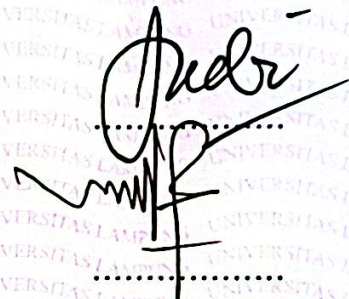
Ketua

: **Dr. Dewi Lengkana, M. Sc.**



Sekretaris

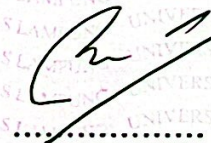
: **Dr. Noor Fadiawati, M. Si.**



Penguji

Bukan Pembimbing

: **I. Dr. Viyanti, M. Pd.**



II. Prof. Dr. Chansyanah Diawati, M. Si.



Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Dr. Albet Maydiantoro, M. Pd.

NIP 19870504 201404 1 001



Direktor Program Pascasarjana

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

NIP 19640326 198902 1 001

Tanggal Lulus Ujian Tesis: 30 Januari 2026

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Yesica Renita Putri
Nomor Induk Mahasiswa : 2323025005
Program Studi : Magister Pendidikan IPA
Jurusan : Pendidikan IPA

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, 30 Januari 2026

Yang menyatakan,



Yesica Renita Putri
NPM 2323025005

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Saribumi, Pringsewu pada tanggal 28 April 1998, sebagai anak tunggal dari pasangan Bapak Suyoko (alm) dan Ibu Atmiyati. Penulis berdomisili di Desa Wates Selatan, RT/RW 003/002, Kelurahan Wates Selatan, Kecamatan Gadingrejo, Kabupaten Pringsewu. Kode Pos 35372. Nomor Telepon penulis 082149550254.

Penulis mengawali pendidikan formal pada tahun 2003 di TK Aisyiah Bustanul Atfal, lalu pada tahun 2004 melanjutkan pendidikan di SD Negeri 2 Wates. Penulis menempuh pendidikan di SMP Negeri 1 Gadingrejo dan dinyatakan lulus pada tahun 2013. Kemudian melanjutkan studi di SMA Negeri 1 Gadingrejo dan lulus pada tahun 2016. Pada tahun 2016, penulis diterima dan terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi di Universitas Lampung dan berhasil menyelesaikan studi pada tahun 2020. Setelah menyelesaikan studi S-1 Pendidikan Biologi, penulis melanjutkan studi Magister dan terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Magister Pendidikan IPA Universitas Lampung pada tahun 2023.

PERSEMBAHAN



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

Ayah (Alm. Suyoko) dan Ummi (Atmiyati)

Ayah dan ummi tercinta, yang tidak pernah berhenti menanamkan semangat, memberikan teladan, serta melimpahkan kasih sayang dalam setiap langkah hidupku. Terima kasih atas ketulusan dalam mendidik, merawat, dan membimbingku dengan penuh kesabaran. Doa yang selalu dipanjatkan menjadi kekuatan terbesar bagiku untuk terus maju. Uluran tangan dan dukungan yang telah membuatku kembali berdiri setiap kali terjatuh. Semoga setiap kebaikan, cinta, dan pengorbanan ummi menjadi jalan menuju keberkahan dan kebahagiaan.

Keluargaku

Keluarga besarku yang selalu memberikan semangat, motivasi serta kasih sayang ketika aku berada dalam kesulitan, membimbingku dan menasihati ketika aku salah atau bahkan hilang arah.

Almamater Tercinta, Universitas Lampung

MOTTO

*“Tidak ada mimpi yang terlalu tinggi, tak ada mimpi yang patut diremehkan,
lambungkan setinggi yang kau inginkan dan gapailah dengan selayaknya yang
kau harapkan”*
(Maudy Ayunda)

“Kesuksesan besar selalu diawali dengan keberanian untuk memulai.”
(John F. Kennedy)

*“Tidak ada yang bisa memprediksi masa depan, tetapi kamu bisa
menciptakannya.”*
(Yesica)

SANWACANA

Puji syukur kepada Allah SWT, karena atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis yang berjudul “Pengembangan Perangkat Pembelajaran Materi Sistem Koordinasi Berbantuan *Augmented Reality* untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Sistem” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Pendidikan IPA di FKIP Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih 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. Albert Maydiantoro, M.Pd., selaku Dekan FKIP Universitas Lampung;
4. Dr. Nurhanurawati, M.Pd. selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA FKIP Universitas Lampung;
5. Prof. Dr. Neni Hasnunidah, M.Si., selaku Ketua Program Studi Magister Pendidikan IPA Universitas Lampung;
6. Dr. Dewi Lengkana, M. Sc. selaku Pembimbing I atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, saran, dan kritik, serta memotivasi dan mengarahkan penulis dalam proses penyelesaian tesis ini;
7. Dr. Noor Fadiawati, M.Si. selaku Pembimbing II atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, saran, dan kritik, serta memotivasi dan mengarahkan penulis dalam proses penyelesaian tesis ini;
8. Dr. Viyanti, M.Pd. selaku Pembahas I yang telah banyak memberikan kritik dan saran yang bersifat positif dan membangun untuk penyusunan tesis;

9. Prof. Dr. Chansyanah Diawati, 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. Dr. Pramita Sylvia Dewi, M.Pd. 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 SMP Quran Darul Ikhlas Pringsewu Bapak Hadi Riyanto, S.Pd., Gr. dan Ibu Tri Anis, S.Pd., Gr. selaku Waka Kurikulum yang telah memberikan izin penelitian dan bersedia dalam membantu penelitian tesis ini;
14. Sahabat dekatku yang senantiasa memberikan dukungan dan motivasi sehingga penulis terus bersemangat dalam menyelesaikan tesis ini;
15. Teman-teman seperjuangan Magister Pendidikan IPA angkatan 2023, kakak-kakak, dan adik-adik tingkat di Magister Pendidikan IPA, terimakasih atas kerjasamanya;
16. Diriku sendiri, Yesica Renita Putri, terima kasih atas segala kerja keras, keteguhan dan semangatnya, sehingga mampu bertahan dan melangkah sejauh ini. Kehilangan seseorang tidak akan menghalangi langkah maupun mengubah tujuan hidup. Aku bangga atas diriku sendiri. Mari terus bekerja sama dengan diri ini, tumbuh menjadi pribadi yang lebih kuat, dan terus berkembang ke arah yang lebih baik

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis, serta menjadikan tesis ini bermanfaat bagi semua pihak.

Bandar Lampung, 30 Januari 2026

Penulis,

Yesica Renita Putri

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan	7
1.4 Manfaat Penelitian	7
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	8
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Teori Konstruktivisme	10
2.2 Teori <i>Dual Coding</i>	13
2.3 <i>Augmented Reality</i>	15
2.4 Keterampilan Berpikir Sistem.....	18
2.5 Perangkat Pembelajaran.....	24
2.6 Model Pembelajaran <i>Discovery Learning</i>	24
2.7 Modul Ajar.....	27
2.8 Lembar Kerja Peserta Didik.....	28
2.8 Bahan Ajar	33
2.9 Kerangka Pemikiran.....	34
III. METODE PENELITIAN.....	38
3.1 Desain Penelitian	38
3.2 Langkah-Langkah Penelitian	39
3.3 Subjek dan Lokasi Penelitian.....	48

3.4 Instrumen Penelitian	48
3.5 Teknik Analisis Data dan Pengujian Hipotesis.....	51
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	59
4.1 Hasil Penelitian	59
4.2 Pembahasan.....	81
5.1 Kesimpulan	96
5.2 Saran	97
DAFTAR PUSTAKA.....	98
LAMPIRAN.....	106
1. Angket Analisis Kebutuhan Perangkat Pembelajaran Guru IPA	107
2. Angket Analisis Kebutuhan Perangkat Pembelajaran Siswa	111
3. Hasil Analisis Angket Kebutuhan Guru IPA	114
4. Hasil Analisis Angket Kebutuhan Peserta Didik.....	117
5. Modul Ajar	119
6. Lembar Kerja Peserta Didik.....	137
7. <i>Handout</i>	173
8. Kisi-Kisi Soal <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	185
9. Rubrik Penilaian Jawaban Soal <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	191
10. Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas	196
11. Instrumen Uji Validasi Produk	198
12. Rekapitulasi Hasil Validasi Produk	215
13. Angket Penilaian Produk oleh Guru	218
14. Angket Penilaian Produk oleh Peserta Didik	220
15. Rekapitulasi Angket Penilaian Produk oleh Guru.....	222
16. Rekapitulasi Penilaian Produk oleh Peserta Didik.....	223
17. Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran.....	227
18. Rekapitulasi Keterlaksanaan Pembelajaran	229
19. Hasil Nilai <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> Kelas Eksperimen	231
20. Hasil Nilai <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> Kelas Kontrol	233
21. Hasil Nilai <i>N-Gain</i> Kelas Eksperimen dan Kontrol.....	235
22. Data Ketercapaian Setiap Indikator Kemampuan Berpikir Sistem.....	237

23. Hasil Output Uji Normalitas	241
24. Hasil Output Uji Homogenitas	242
25. Hasil Output Uji Perbedaan Dua Rata-Rata	243
26. Hasil Uji <i>Effect Size</i>	244
27. Uji Kesamaan Dua Rata-Rata	245
28. Analisis Konsep	246
29. Surat Penelitian	252

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Hierarki Berpikir Sistem	21
2. 2 Hierarki Berpikir Sistem Materi Sistem Koordinasi	22
2. 3 Syarat Didaktik, Konstruksi, dan Teknis.....	29
2. 4 Kriteria Penggunaan LKPD	31
2. 5 Capaian Pembelajaran.....	32
3. 1 Kisi-kisi Kuesioner Kebutuhan Pendidik.....	39
3. 2 Kisi-kisi Kuesioner Kebutuhan Peserta Didik	41
3. 3 The matching only pretest-posttest non-equivalent control group.....	46
3. 4 Penskoran pada angket kesesuaian isi dan konstruksi	51
3. 5 Tafsiran Skor Lembar Validasi	52
3. 6 Persentase Skor Lembar Validasi	52
3. 7 Kriteria Tingkat Kemenarikan.....	52
3. 8 Kriteria Tingkat Keterlaksanaan Pembelajaran.....	52
3. 9 Interpretasi Validasi Instrumen	52
3. 10 Interpretasi Reliabel Instrumen	52
3. 11 Kategori <i>n-gain</i>	52
3. 12 Kategori <i>Effect Size</i>	52
4. 1 Konsep yang Dikembangkan dalam Bentuk <i>Augmented Reality</i>	64
4. 2 Produk Awal Perangkat Pembelajaran berbantuan <i>augmented reality</i>	67
4. 3 Persentase Hasil Validasi Ahli	71
4. 4 Analisis Validitas Butir Soal	73
4. 5 Hasil Kesamaan Dua Rata-Rata	74
4. 6 Respon Peserta Didik Terhadap LKPD dan <i>Handout</i>	74
4. 7 Respon Guru Terhadap Perangkat Pembelajaran	75

4. 8 Keterlaksanaan Pembelajaran	75
4. 9 Data Kepraktisan Perangkat Pembelajaran	76
4. 10 <i>N-Gain</i> Keterampilan Berpikir Sistem.....	78
4. 11 Hasil Uji Normalitas.....	80
4. 12 Hasil Uji <i>Independent Sample T-Test</i>	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2. 1 <i>Scaffolding</i> dalam teori konstruktivisme Vygotsky.....	12
2. 2 Posisi Berpikir Sistem.....	18
2. 3 <i>Systemigram</i> Berpikir Sistem.....	19
2. 4 Skema kerangka pemikiran pada penelitian.....	37
3. 1 Desain model pengembangan 4D.....	38
3. 2 Alur Penelitian.....	47
4. 1 Respon Pendidik mengenai Perangkat Pembelajaran	60
4. 2 Respon Pendidik mengenai LKPD dan <i>augmented reality</i>	61
4. 3 Respon Pendidik mengenai Keterampilan Berpikir Sistem	62
4. 4 Respon Peserta didik	63
4. 5 Perbandingan rata-rata <i>pretest</i> dan <i>posstest</i> berpikir sistem	77
4. 6 Persentase Hierarki Keterampilan Berpikir Sistem.....	78
4. 7 Persentase Kriteria <i>n-Gain</i> terhadap Keterampilan Berpikir Sistem	79
4. 8 Jawaban peserta didik pada hierarki no 1	88
4. 9 Jawaban peserta didik pada hierarki no 2	89
4. 10 Jawaban peserta didik pada hierarki no 3	90
4. 11 Jawaban peserta didik pada hierarki no 4.....	90
4. 12 Jawaban peserta didik pada hierarki no 5	91
4. 13 Jawaban peserta didik pada hierarki no 6	92
4. 14 Jawaban peserta didik pada hierarki no 7	93
4. 15 Jawaban peserta didik pada hierarkino 8	94

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pendidikan di Indonesia saat ini sedang diarahkan pada paradigma baru melalui penerapan Kurikulum Merdeka (Lestari dkk., 2025). Kurikulum ini menekankan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik, fleksibel, dan berorientasi pada pengembangan kompetensi serta karakter sesuai dengan profil pelajar pancasila (Akbari dan Ari, 2025). Kurikulum merdeka dirancang untuk melahirkan profil pelajar pancasila yang tidak hanya cakap secara akademik, tetapi juga memiliki keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan mampu menyelesaikan masalah kontekstual secara kolaboratif (Nugroho dkk., 2024). Salah satu ciri penting kurikulum merdeka adalah adanya ruang bagi guru untuk mengembangkan pembelajaran yang bermakna melalui proyek dan pendekatan kontekstual (Anwar dkk., 2025). Pendekatan semacam ini membuka peluang besar untuk melatih keterampilan berpikir sistem, karena peserta didik diajak melihat fenomena secara menyeluruh, bukan sekadar memahami potongan materi secara terpisah (Hamijaya dkk., 2023).

Keterampilan berpikir sistem adalah pendekatan holistik yang menganalisa fenomena menyeluruh yang saling berinteraksi satu sama lain (York dkk, 2019; Utami & Muhyiatul, 2023). Berpikir sistem diperlukan karena banyaknya permasalahan atau persoalan di dunia nyata yang kompleks dan beragam yang tidak dapat dipecahkan oleh *natural science* atau pendekatan metode konvensional saja (Haniyah & Ghullam, 2022). Selain itu, keterampilan berpikir sistem menghasilkan banyak keuntungan, seperti membuka cara berpikir terkait bagaimana mencari jalan keluar yang solutif dan bagaimana suatu *problem* yang terlihat tidak memiliki keterkaitan ternyata saling terhubung satu dengan yang lainnya (Assaraf, 2019), serta

memahami suatu konsep secara cepat dan mengkaitkan satu konsep dengan konsep lain (Hrin *et al.*, 2017; Mar dkk., 2023).

Berpikir sistem menjadi kemampuan yang sangat diperlukan oleh peserta didik, karena dengan kemampuan ini proses untuk mengaitkan materi yang satu dengan yang lainnya akan lebih mudah. Berpikir sistem dapat berkontribusi pada pengembangan pemahaman peserta didik dari sistem kehidupan yang dinamis (Schuler *et al.*, 2018). Kemampuan ini diperlukan dalam pendidikan dikarenakan pembekalan ilmu di sekolah masih berfokus pada fakta-fakta yang terisolasi daripada pada hubungan yang sistemik dan proses dari waktu ke waktu. Meskipun dicatat sebagai hal penting, integrasi pemikiran sistem dalam pendidikan masih terbatas (Gilissen *et al.*, 2020).

Hal ini dapat dilihat dalam praktik pembelajaran di sekolah, di mana sebagian besar proses belajar masih berfokus pada penguasaan materi secara parsial dan berorientasi pada pencapaian nilai akademik semata (Agustina, 2023). Selain itu, fakta yang terjadi pada pembelajaran sains masih berkutat pada aspek kognitif saja bukan pada penyelesaian permasalahan terkait kehidupan sehari-hari, serta keterampilan dan sikap yang terhubung dengan sistem (Weinert, 2001). Sebuah penelitian yang dilakukan oleh (Nuraeni, 2020) mengungkapkan bahwa guru dan peserta didik kurang mengaitkan materi dengan konsep-konsep yang lain sehingga untuk memperoleh koneksi antar konsep sulit ditemukan ketika mengerjakan soal tes kemampuan berpikir sistem, atau dapat dikatakan juga kemampuan berpikir sistem peserta didik masih dalam kategori rendah.

Berdasarkan hasil analisis data studi pendahuluan terhadap 40 guru IPA di tiga kabupaten, yaitu Kabupaten Tanggamus, Kabupaten Pringsewu, dan Kabupaten Pesawaran, diketahui bahwa 70% guru sudah familiar dengan konsep berpikir sistem, namun 75.8% belum memahami penerapannya dalam materi pembelajaran. Selain itu, 65% guru masih menganggap keterampilan berpikir sistem kurang penting untuk diterapkan pada peserta didik, dan 72.5% guru belum

mengintegrasikan bahan ajar yang menuntut peserta didik untuk berpikir sistem. Raved & Yarden (2014) mengungkapkan bahwa rendahnya kemampuan berpikir sistem peserta didik dipengaruhi oleh kecenderungan peserta didik untuk mengerjakan soal dengan menggunakan satu penyelesaian saja tanpa memperhatikan atau memunculkan cara lain. Padahal kemampuan berpikir sistem pada pembelajaran sains perlu dilakukan dengan mengaitkan suatu konsep dengan konsep lain (Roehl *et al.*, 2013). Kemampuan berpikir sistem sangat erat kaitannya dengan pengetahuan pada konten yang spesifik, namun pengetahuan spesifik yang berkarakter sistem (Orgill *et al.*, 2019).

Hal ini sejalan dengan capaian pembelajaran (CP) fase D IPA dalam kurikulum merdeka, yang menekankan pemahaman keterkaitan antara struktur dan fungsi organ serta sistem organ pada makhluk hidup, termasuk sistem koordinasi (saraf, indera, dan hormon) (Kemendikbudristek, 2022). Melalui capaian tersebut, peserta didik diharapkan mampu menganalisis hubungan antar sistem organ untuk menjelaskan bagaimana tubuh bekerja sebagai suatu kesatuan (Jayanti dan Kartika, 2023). Dengan demikian, materi sistem koordinasi tidak hanya berfungsi sebagai konten pengetahuan, tetapi juga sebagai sarana strategis untuk melatih keterampilan berpikir sistem, karena siswa diajak memahami bagaimana perubahan pada satu bagian dapat memengaruhi keseluruhan mekanisme kerja tubuh (Andini dkk., 2024).

Pembelajaran materi sistem koordinasi pada umumnya membahas sistem saraf, alat indera dan sistem hormon secara terpisah tanpa menekankan keterkaitan dan interaksi di antara ketiganya (Fahrunnisa dkk., 2023). Sesuai dengan hasil studi pendahuluan, diketahui bahwa sebanyak 55% guru IPA belum mengaitkan keterkaitan antar konsep dalam pembelajaran materi sistem koordinasi. Padahal, sistem koordinasi pada manusia merupakan sistem yang bekerja secara terintegrasi. Materi sistem koordinasi menggambarkan karakteristik sistem yang kompleks, dimana berbagai komponen saling berinteraksi untuk mencapai fungsi yang harmonis dalam tubuh manusia (Jayanti dan Kartika, 2023).

Pembelajaran di sekolah mengenai materi sistem koordinasi pada umumnya masih didominasi oleh metode konvensional seperti ceramah, diskusi, dan penugasan yang berpotensi menyebabkan siswa kesulitan dalam memahami konsep abstrak (Aritonang dkk., 2024). Selain itu, pembelajaran sering menggunakan buku teks dan media pembelajaran yang terbatas seperti gambar atau diagram statis (Rusni, 2020). Hal ini sejalan dengan hasil studi pendahuluan yang menyatakan bahwa 80% guru telah menggunakan media dengan gambar datar atau 2D untuk menunjang pembelajaran. Akibatnya, siswa seringkali kesulitan untuk memahami visualisasi struktur dan fungsi organ sistem koordinasi, serta sulit mengaitkan pengetahuan dengan konteks dunia nyata (Sari & Dharma, 2024).

Hasil studi pendahuluan pada peserta didik juga menunjukkan bahwa sebanyak 82% peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep yang bersifat abstrak, terutama pada materi sistem koordinasi. Kesulitan ini muncul karena materi tersebut menuntut kemampuan untuk memvisualisasikan struktur dan fungsi organ yang bekerja secara terintegrasi, sementara media pembelajaran yang digunakan guru masih terbatas pada penjelasan lisan atau gambar dua dimensi. Kemudian, 82% peserta didik menyatakan bahwa guru jarang memanfaatkan media berupa gambar tiga dimensi (3D) dalam proses pembelajaran, sehingga pemahaman siswa terhadap keterhubungan antar organ dalam sistem koordinasi menjadi kurang optimal. Temuan ini mengindikasikan perlunya pemanfaatan media pembelajaran inovatif yang mampu membantu siswa memvisualisasikan konsep abstrak secara lebih nyata, interaktif, dan kontekstual.

Kendala ini dapat diatasi melalui pemanfaatan teknologi *augmented reality* (AR), karena *augmented reality* mampu menyajikan representasi gambar tiga dimensi yang interaktif, sehingga memudahkan siswa memvisualisasikan organ-organ yang terlibat, seperti otak, saraf dan alat indera serta sistem hormon dalam bentuk model 3D yang dapat diputar, diperbesar, dan diamati secara detail (Fajriyyah dkk., 2024). Melalui cara ini, peserta didik dapat memahami bagaimana sistem saraf, hormon, dan alat indera bekerja secara terintegrasi dalam mengatur aktivitas tubuh, serta mampu melihat secara nyata keterkaitan antar komponen sistem

koordinasi yang sebelumnya hanya dipelajari melalui gambar dua dimensi atau penjelasan verbal (Utami dkk., 2024).

Sejalan dengan penelitian yang dilakukan Fajriani dkk., (2021) yang mengungkapkan bahwa penggunaan *augmented reality* (AR) pada materi sistem endokrin dapat memfasilitasi perubahan representasi konseptual siswa menuju pemahaman yang lebih kompleks dan terintegrasi. Selain itu, Sholikha dkk., (2024) membuktikan bahwa media pembelajaran berbasis *augmented reality* (AR) dengan model *Problem Based Learning* (PBL) pada materi virus tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep abstrak, tetapi juga membuat pembelajaran lebih menarik dan bermakna.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya, keterbaruan penggunaan *Augmented Reality* (AR) dalam penelitian ini terletak pada kemampuannya tidak hanya memvisualisasikan organ-organ pada materi sistem koordinasi, tetapi juga menampilkan fungsi dari setiap organ secara interaktif melalui model 3D. Inovasi ini semakin memudahkan siswa karena penggunaannya tidak mengharuskan instalasi aplikasi khusus pada gawai, melainkan cukup menggunakan koneksi internet dan memindai kode QR yang telah disediakan. Kemudahan akses ini mendukung terciptanya pembelajaran yang lebih inklusif, fleksibel, dan sesuai dengan karakteristik kurikulum merdeka yang menekankan pemanfaatan teknologi digital untuk memperkaya pengalaman belajar peserta didik. Selain itu, keberadaan fitur interaktif dalam *Augmented Reality* (AR) diyakini mampu meningkatkan kemampuan intelektual dalam membangun dan memahami makna dari gambar yang ditampilkan (Retnaningtiyas dkk., 2021), serta membantu peserta didik menghubungkan konsep abstrak dengan fenomena nyata dalam kehidupan sehari-hari.

Integrasi *augmented reality* (AR) dalam pembelajaran sains terbukti mampu mengatasi keterbatasan metode konvensional dalam menjelaskan materi abstrak, sekaligus mendukung keterampilan berpikir sistem peserta didik (Parani dkk., 2023). *Augmented reality* memiliki potensi besar dalam meningkatkan keteram-

pilan berpikir sistem melalui visualisasi, namun pemanfaatannya masih belum optimal. Meskipun penelitian mengenai *augmented reality* telah banyak dilakukan, pengembangannya untuk meningkatkan kemampuan berpikir sistem masih terbatas. Oleh karena itu, dibutuhkan perangkat pembelajaran berbantuan *augmented reality* yang secara khusus dirancang untuk mendukung kemampuan berpikir sistem siswa. Merujuk pada latar belakang tersebut, diperlukan suatu perangkat pembelajaran yang adaptif, relevan dengan kebutuhan masa kini, dan disukai oleh siswa, sehingga tercipta pembelajaran yang aktif dan efektif, serta dapat meningkatkan keterampilan siswa, salah satunya keterampilan berpikir sistem. Berdasarkan penjelasan tersebut, peneliti tertarik untuk mengembangkan perangkat pembelajaran materi sistem koordinasi berbantuan *augmented reality* untuk meningkatkan keterampilan berpikir sistem.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik perangkat pembelajaran materi sistem koordinasi berbantuan *augmented reality* dalam meningkatkan keterampilan berpikir sistem peserta didik?
2. Bagaimana kepraktisan perangkat pembelajaran berbantuan materi sistem koordinasi *augmented reality* dalam meningkatkan keterampilan berpikir sistem peserta didik?
3. Bagaimana keefektifan perangkat pembelajaran materi sistem koordinasi berbantuan *augmented reality* dalam meningkatkan keterampilan berpikir sistem peserta didik?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Menghasilkan perangkat pembelajaran materi sistem koordinasi berbantuan *augmented reality* dalam meningkatkan keterampilan berpikir sistem peserta didik.
2. Mendeskripsikan kepraktisan perangkat pembelajaran materi sistem koordinasi berbantuan *augmented reality* dalam meningkatkan keterampilan berpikir sistem peserta didik.
3. Mendeskripsikan keefektifan perangkat pembelajaran materi sistem koordinasi berbantuan *augmented reality* dalam meningkatkan keterampilan berpikir sistem peserta didik.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Bagi Peserta didik
Tersedianya perangkat pembelajaran berbantuan *augmented reality* memberikan pengalaman belajar yang dapat meningkatkan keterampilan berpikir sistem peserta didik.
2. Bagi Guru
Tersedianya perangkat pembelajaran berbantuan *augmented reality* memberikan referensi bagi guru dalam mengembangkan perangkat pembelajaran yang mampu memvisualisasikan materi sistem koordinasi secara lebih konkret, sehingga dapat meningkatkan keterampilan berpikir sistem peserta didik.
3. Bagi Sekolah
Tersedianya perangkat pembelajaran berbantuan *augmented reality* dapat menjadi salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas pembelajaran IPA di sekolah.

4. Bagi Peneliti Lain

Memberikan informasi terkait pengajaran menggunakan *augmented reality*, serta memperluas wawasan bagi peneliti lain dalam mengembangkan atau mengeksplorasi pemanfaatan *augmented reality* untuk meningkatkan keterampilan berpikir sistem.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dari penelitian ini adalah:

1. Produk yang dikembangkan dalam penelitian ini berupa perangkat pembelajaran materi sistem koordinasi berbantuan *augmented reality* (AR) yang mencakup modul ajar dengan komponen lembar kerja peserta didik (LKPD), dan *haundout* yang dilengkapi *augmented reality*.
2. Modul ajar dilengkapi dengan model *discovery learning* yang merupakan rangkaian pembelajaran lebih bermakna, yang menekankan peserta didik sebagai pusat kegiatan melalui proses pengetahuan secara mandiri (Hosnan, 2014). Tahapan model *discovery learning* yaitu *stimulation*, *problem statement*, *data collection*, *data processing*, *verification*, *generalization*.
3. Perangkat pembelajaran materi sistem koordinasi berbantuan *augmented reality* merupakan produk pembelajaran yang mampu memvisualisasikan sistem koordinasi dalam bentuk gambar 3D, meliputi struktur neuron, alat indera, dan sistem hormon.
4. Media pembelajaran berbantuan *augmented reality* dapat dijalankan pada perangkat android dengan koneksi internet. Peserta didik cukup memindai QR code yang diberikan guru tanpa perlu menginstal aplikasi. Melalui media AR, peserta didik dapat melihat dan memperbesar gambar 3D secara detail. Media pembelajaran dikembangkan menggunakan aplikasi *Assemblr Edu*.
5. Hierarki berpikir sistem yang diukur meliputi delapan aspek berdasarkan kerangka Keynan *et al.*, (2014), yaitu: (1) mengidentifikasi komponen dan proses suatu sistem; (2) mengidentifikasi hubungan sederhana antar komponen sistem; (3) mengidentifikasi hubungan dinamis di dalam sistem; (4) me-

ngatur komponen sistem, proses, dan interaksinya dalam suatu kerangka hubungan; (5) mengidentifikasi siklus materi dan energi di dalam sistem; (6) mengenali dimensi tersembunyi dalam sistem; (7) membuat generalisasi tentang suatu sistem serta mengidentifikasi pola; dan (8) berpikir secara temporal. Instrumen atau alat ukur yang digunakan berupa tes awal (*pretest*) dan tes akhir (*posttest*) dalam bentuk soal uraian sebanyak delapan nomor.

6. Capaian Pembelajaran (CP) yang dirumuskan dalam penelitian ini yaitu: pada akhir Fase D, peserta didik mampu menganalisis sistem organisasi kehidupan, fungsi, serta kelainan atau gangguan yang muncul pada sistem organ. Materi pokok yang digunakan adalah materi sistem koordinasi kelas IX Fase D.
7. Desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah desain pengembangan model 4D (*Define, Design, Develop, Disseminate*) yang dikemukakan oleh Thiagarajan *et al.*, (1974).
8. Tingkat kepraktisan perangkat pembelajaran materi sistem koordinasi berbantuan *augmented reality* yang dikembangkan diukur menggunakan angket meliputi angket keterlaksanaan pembelajaran, angket penilaian produk oleh guru, angket penilaian produk oleh peserta didik, dengan ditinjau dari aspek kemenarikan, kemudahan, kebermanfaatan, dan ketepatan bahasa.
9. Efektivitas perangkat pembelajaran berbantuan *augmented reality* pada materi sistem koordinasi dapat dikatakan tercapai apabila memenuhi beberapa indikator penting. Pertama, kriteria *N-gain* yang diuji perbedaan masing-masing kelas, minimal dengan kriteria sedang yang diadaptasi dari (Hake, 2002). Kedua, rata-rata perbandingan hasil *pretest* dan *posttest* pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol. Ketiga, nilai *effect size* yang diperoleh pada kelas eksperimen minimal berada pada kategori sedang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Konstruktivisme

Teori konstruktivisme adalah teori belajar yang menjelaskan bagaimana seseorang secara aktif membangun pemahaman dan pengetahuannya tentang dunia melalui pengalaman dan interaksi dengan lingkungannya (Bodner, 1986). Teori ini berpendapat bahwa peserta didik merupakan pusat pada pembelajaran yang menekankan peran aktif peserta didik dalam pembelajaran di mana belajar adalah proses yang dinamis dan interaktif dengan melibatkan integrasi informasi baru dengan pengetahuan dan pengalaman yang ada (Fosnot & Perry, 1996). Artinya peserta didik mampu mencari sendiri masalah, menyusun sendiri pengetahuannya melalui kemampuan berpikir dan tantangan yang dihadapinya, menyelesaikan dan membuat konsep mengenai keseluruhan pengalaman realistik dan teori dalam satu bangunan utuh yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk pengetahuan sebelumnya, motivasi, pengalaman, budaya, dan interaksi sosial (Powell & Kalina, 2009).

Pembelajaran yang menerapkan teori konstruktivisme akan menuntut peserta didik belajar tentang situasi nyata, sesuai dengan kehidupan sehari-hari (Herawati, 1999). Pembelajaran ini tidak hanya menghafal konsep namun membangun pengetahuannya melalui pengamatan dan percobaan sehingga pembelajaran menjadi lebih menarik, lebih aktif dan bermakna. Konstruktivisme mengajarkan tentang sifat dasar bagaimana peserta didik belajar. Menurut konstruktivisme, belajar adalah *constructing understanding* dengan cara mencocokkan fenomena, ide atau aktivitas yang baru dengan pengetahuan yang telah dimiliki atau dipelajari (Herawati, 1999). Dalam pembelajaran konstruktivisme, peran guru

membantu peserta didik agar informasi yang dipelajari menjadi bermakna bagi peserta didik yaitu dengan cara memberi kesempatan kepada peserta didik untuk menemukan sendiri atau menerapkan sendiri ide-ide hingga mengajak peserta didik agar sadar menggunakan strateginya sendiri untuk belajar. Guru memberi tangga untuk membantu peserta didik sehingga dapat membentuk dan mencapai pemahamannya sendiri hingga tingkat yang lebih tinggi (Herawati, 1999).

Piaget (1953) mengungkapkan mengenai konstruktivisme kognitif berfokus pada individu dan cara individu membangun pengetahuan. Menurut teori konstruktivisme kognitif, pengembangan kognitif menekankan bahwa manusia tidak bisa sekadar menerima informasi yang langsung dimengerti dan diaplikasikan; sebaliknya, peserta didik harus aktif membangun pengetahuannya sendiri (Piaget, 1953). Sedangkan Vygotsky (1978) dengan teorinya yaitu konstruktivisme sosial dengan *scaffolding*. *Scaffolding* didasarkan pada teori konstruktivisme oleh Vygotsky bahwa pembelajaran terjadi apabila peserta didik belajar menangani tugas-tugas yang belum dipelajari namun tugas itu masih berada dalam jangkauan kemampuan atau berada dalam *Zona of Proximal Development* (ZPD) (Buyung & Dwianto, 2017). Zona ini berada di antara tingkatan kemampuan aktual (yang dimiliki peserta didik) dan kemampuan tingkat kemampuan potensial (yang dikuasai peserta didik) (Sidin, 2016).

Strategi pembelajaran *scaffolding* merupakan interaksi pendidik dan peserta didik dengan tujuan membantu peserta didik yang mengalami kesulitan (Badriyah dkk., 2017). Bantuan yang diberikan secukupnya pada peserta didik yang mengalami kesulitan (Chairani, 2015). Pemberian bantuan ini bertujuan untuk mengurangi kebebasan peserta didik dalam mengerjakan tugas sehingga lebih fokus pada pemahaman yang dirasa sulit (Rahmatiah dkk., 2016). Pemberian bantuan tersebut diberikan secara bertahap dan secara perlahan dikurangi (Ashari dkk., 2016). *Scaffolding* dapat diberikan kepada peserta didik berupa memodelkan perilaku tertentu (*modeling of desired behaviors*), menyajikan penjelasan (*offering explanations*), mengundang partisipasi peserta didik (*inviting student participation*), verifikasi dan klarifikasi pemahaman peserta didik (*verifying and*

clarifying student understandings), dan mengajak peserta didik memberikan petunjuk/kunci (*inviting students to contribute clues*) (Roehler & Cantlon, 1997). *Scaffolding* menjadi salah satu strategi yang baik untuk diterapkan di kelas (Lestari, 2016).

Scaffolding tidak hanya dapat diberikan oleh guru atau teman sebaya, tetapi juga dapat difasilitasi oleh teknologi, salah satunya melalui media pembelajaran berbantuan *augmented reality* (AR). Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1, selain *knowledgeable others*, keberadaan teknologi dan alat (*tools*) juga dapat memberikan *scaffolding* yang memfasilitasi peserta didik dalam mencapai pengetahuan yang lebih tinggi pada *Zone of Proximal Development* (ZPD). Media AR mampu menghadirkan visualisasi yang interaktif dan kontekstual, sehingga membantu peserta didik memahami materi yang bersifat abstrak atau kompleks, seperti sistem koordinasi pada tubuh manusia. Sebagai bentuk *scaffolding* digital, *augmented reality* dapat digunakan untuk menjembatani perbedaan antara pemahaman awal peserta didik dengan pengetahuan ilmiah yang ditargetkan. Melalui *augmented reality* peserta didik dapat mengamati model 3D otak, sumsum tulang belakang, dan jaringan saraf secara langsung menggunakan perangkat *mobile*. Tingkat inter aktivitas yang tinggi memungkinkan peserta didik untuk memutar, memperbesar, dan menggabungkan kembali bagian-bagian sistem, sehingga proses elaborasi konsep menjadi lebih mendalam dan bermakna.



Gambar 2. 1 *Scaffolding* dalam teori konstruktivisme Vygotsky
Sumber: Wheeler, 2023

Pada konteks pengembangan perangkat pembelajaran berbasis *augmented reality* (AR), pendekatan konstruktivisme menjadi relevan karena *augmented reality* memberikan pengalaman belajar yang kontekstual, interaktif, dan partisipatif. Melalui visualisasi 3D dari sistem koordinasi tubuh manusia, peserta didik tidak hanya menerima informasi, tetapi juga mengonstruksi pemahaman mereka secara aktif terhadap hubungan antar organ, fungsi sistem saraf, dan keterkaitannya secara sistemik. Hal ini sangat mendukung pengembangan keterampilan berpikir sistem, yaitu kemampuan melihat keseluruhan sistem sebagai bagian yang saling berinteraksi dan memengaruhi satu sama lain.

2.2 Teori *Dual Coding*

Teori *Dual Coding* yang diperkenalkan oleh Paivio (1990) menjelaskan bahwa manusia memiliki dua sistem representasi simbolik dalam proses kognisi, yaitu sistem verbal dan sistem visual. Sistem verbal berfokus pada pemrosesan informasi melalui bahasa, seperti kata-kata dan kalimat, sedangkan sistem visual menekankan representasi informasi dalam bentuk gambar atau imaji. Kedua sistem ini bekerja secara saling melengkapi untuk mengorganisasi informasi yang diterima, sehingga dapat disimpan dalam memori dan digunakan kembali saat diperlukan, misalnya untuk memecahkan masalah. Pemrosesan informasi melalui dua kode tersebut membuat pembelajaran lebih efektif karena peserta didik tidak hanya memahami konsep melalui penjelasan verbal, tetapi juga melalui representasi visual yang memperkuat pemahaman mereka terhadap lingkungan maupun materi yang dipelajari. Pandangan ini kemudian menjadi salah satu landasan bagi Richard Mayer dalam mengembangkan *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (CTML).

Model teoritis multimedia pembelajaran yang dikembangkan Mayer, serta teori beban kognitif oleh Sweller, digunakan sebagai pedoman dalam merancang pembelajaran berbasis visualisasi. Dalam perkembangannya, CTML mengacu pada teori *Dual Coding* Paivio (1986) dan berasumsi bahwa sistem kognitif manusia terdiri atas dua subsistem, yaitu verbal dan visual. Berdasarkan model

memori kerja Baddeley (1992), Mayer menjelaskan bahwa terdapat dua saluran utama dalam memori kerja: saluran pendengaran untuk memproses informasi verbal dan saluran penglihatan untuk memproses informasi visual. Asumsi dasar pertama CTML menyatakan bahwa manusia memproses informasi melalui kedua saluran tersebut secara paralel. Asumsi kedua adalah bahwa setiap saluran memiliki kapasitas terbatas dalam mengolah informasi. Asumsi ketiga menekankan bahwa manusia secara aktif terlibat dalam pengolahan kognitif untuk membangun pengetahuan baru, baik dari informasi eksternal maupun dari pengetahuan awal yang telah dimiliki. Penerapan prinsip-prinsip multimedia ini terbukti mampu meningkatkan efektivitas pembelajaran, sebagaimana ditegaskan Mayer (2014).

Menurut Mayer (1997) multimedia pembelajaran harus mempunyai beberapa prinsip dasar diantaranya: 1). *Multiple representation principle*. Penjelasan yang menuntut multi representasi baik visual maupun verbal. 2). *Contiguity principle*. Penjelasan multimedia harus mempunyai keterhubungan yang sesuai. 3). *Split attention principle*. Kata-kata yang disajikan secara auditori lebih baik dari pada secara visual berupa teks dalam layar. Variasi media seperti teks, grafik, audio, dan video untuk menyampaikan konten pembelajaran menarik bagi pembelajar dan pelajar untuk digunakan dalam pembelajaran. Strategi pemanfaatan media merupakan bagian yang penting dalam pembelajaran. Multimedia menyajikan materi menggunakan kata-kata dan gambar (Mayer, 2009). Penggunaan kata-kata yang dimaksud adalah menyajikan bahan pembelajaran dalam bentuk verbal seperti teks tercetak atau teks bersuara. Penggunaan gambar yang dimaksud adalah penyajian bahan pembelajaran dalam bentuk pictorial, seperti grafik statik, dimana yang termasuk grafik statik adalah ilustrasi, grafik, foto atau peta sedangkan grafik dinamik di dalamnya termasuk animasi atau video. Multimedia dapat memberikan pengalaman melalui presentasi informasi baik berupa teks, grafik, gambar, audio, dan video serta mengkombinasikan antara gambar dan kata. Oleh sebab itu multimedia pembelajaran adalah belajar dari kata-kata dan gambar-gambar (Sudatha, 2017).

Penggunaan media *augmented reality* (AR) dalam pembelajaran sains, khususnya materi sistem koordinasi, sangat selaras dengan prinsip-prinsip dalam teori *dual coding*. Teori ini tidak hanya menjelaskan bahwa informasi diproses melalui kombinasi saluran verbal dan visual, tetapi juga dapat dijadikan landasan dalam membangun *augmented reality* sebagai media pembelajaran yang efektif. AR mampu menyajikan informasi melalui model 3D interaktif organ tubuh (visual) yang dipadukan dengan penjelasan audio atau teks (verbal), sehingga mengaktifkan dua saluran pemrosesan kognitif yang mendukung terjadinya pembelajaran yang lebih optimal.

Melalui fitur interaktifnya, *augmented reality* tidak hanya membantu siswa memahami struktur dan fungsi sistem koordinasi secara terpisah, tetapi juga mengintegrasikannya dalam satu kesatuan sistemik, sehingga mendukung pengembangan keterampilan berpikir sistem, yaitu kemampuan memahami hubungan antarbagian dalam suatu sistem biologis. Selain itu, prinsip *segmenting* dan *spatial contiguity* dalam teori Mayer turut membantu mengurangi beban kognitif ketika siswa mengeksplorasi komponen sistem secara bertahap dan terstruktur, menjadikan *augmented reality* sebagai media yang ideal untuk memfasilitasi pembelajaran kompleks secara holistik dan mendalam.

2.3 Augmented Reality

Augmented Reality (AR) dapat didefinisikan sebagai sebuah teknologi yang mampu menggabungkan benda maya dua dimensi (2D) atau tiga dimensi (3D) ke dalam sebuah lingkungan yang nyata kemudian memunculkannya atau memproyeksikannya secara *real time* (Wartoyo dkk., 2023). Oleh karena itu, *augmented reality* dapat digunakan untuk membantu memvisualisasikan konsep abstrak untuk pemahaman dan struktur suatu model objek. Beberapa aplikasi AR dirancang untuk memberikan informasi yang lebih detail pada pengguna dari objek nyata.

Tujuan penggunaan *Augmented Reality* (AR) dalam dunia pendidikan adalah untuk meningkatkan pengalaman belajar siswa dan memperluas metode penga-

jaran serta memvisualisasikan konsep abstrak dan kompleks dengan cara yang lebih konkret. Hal ini membantu siswa memahami dan meresapi materi pelajaran dengan lebih baik (Fitriyah dkk., 2023). Adanya tujuan tersebut, *augmented reality* diharapkan dapat memperkaya pengalaman pendidikan, menjadikan pembelajaran lebih menarik, dan membantu siswa mempersiapkan diri untuk tantangan di dunia nyata.

Menurut (Mustaqim & Nanang, 2017) aplikasi *Augmented reality* memiliki kelebihan diantaranya yaitu;

1. Lebih interaktif *realtime* dan objek yang ditampilkan dalam bentuk 3 dimensi.
2. Dapat di terapkan secara luas dalam berbagai media
3. Tampilan objek yang lebih sederhana,
4. Pembuatan yang tidak memerlukan banyak biaya
5. Mudah untuk dioperasikan dan efektif dalam penggunaan

Pendekatan sistem pembelajaran menggunakan *augmented reality* akan berdampak positif terhadap prestasi belajar siswa, motivasi belajar, dan kecenderungan untuk berpikir kreatif, dan efektivitas kolaboratif dari kerjasama tim meningkat pesat. Menurut (Dunser *et al.*, 2006) penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa masalah kemampuan spasial visual dapat ditingkatkan dengan penggunaan teknologi *augmented reality*. Sesuai penelitian yang dilakukan oleh (Ferrer-Torregrosa *et al.*, 2015) pengembangan *augmented reality* dapat meningkatkan pemahaman tentang hubungan spasial, dan siswa dapat mencapai skor yang lebih baik untuk penilaian tulisan individu dibandingkan dengan penggunaan metode konvensional.

Namun, sejumlah penelitian juga mengungkapkan beberapa kelemahan *augmented reality*, seperti kebutuhan perangkat *mobile* dengan spesifikasi tertentu, keterbatasan akses internet, hingga kurangnya keterampilan guru dalam mengoperasikan teknologi berbasis *augmented reality* (Radu, 2014). Selain itu,

augmented reality terbukti mampu membantu peserta didik memahami konsep-konsep abstrak yang sulit divisualisasikan, seperti sistem koordinasi manusia, melalui penyajian objek 3D yang lebih nyata dan interaktif. Akan tetapi, sebagian penelitian cenderung lebih menekankan pada aspek peningkatan motivasi dan minat belajar, sementara kajian yang mendalam mengenai pengaruh *augmented reality* terhadap keterampilan berpikir sistem masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat melengkapi studi-studi sebelumnya dengan menitikberatkan pada penggunaan *augmented reality* sebagai media pembelajaran yang tidak hanya memvisualisasikan konsep abstrak, tetapi juga mendukung pengembangan keterampilan berpikir sistem pada peserta didik.

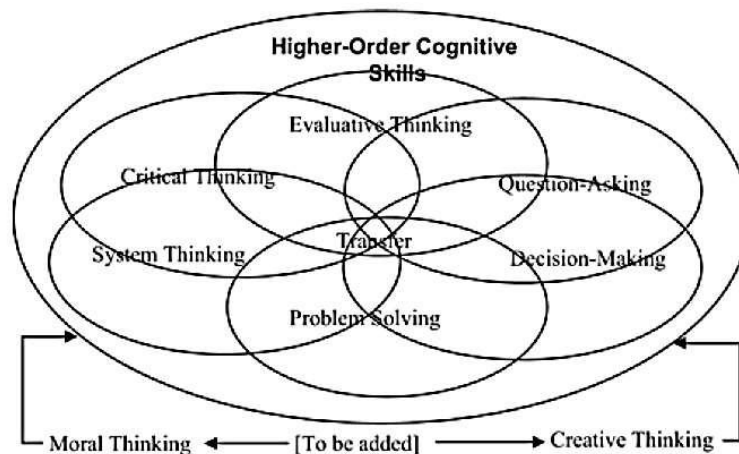
Dalam penelitian ini, *augmented reality* disajikan untuk memvisualisasikan struktur neuron, struktur alat indera, dan sistem hormon, yang dilengkapi dengan penjelasan fungsi setiap bagiannya, serta disesuaikan dengan warna dan bentuk yang menyerupai kondisi nyata. *Augmented reality* ini menggunakan aplikasi *assemblr edu* karena dinilai sesuai untuk mendukung pembelajaran interaktif. Aplikasi ini dapat diunduh secara gratis di *play store* dan *app store*. *Assemblr edu* didesain untuk membantu pengguna membuat konten 3D yang divisualisasikan ke dalam bentuk *augmented reality*. Hasilnya dapat ditempatkan di dunia nyata untuk diakses semua orang (Masri dkk., 2023).

Kelebihan dari *assemblr edu* sebagai berikut: 1) berbasis visual, gambar dan animasi 3D adalah media terbaik untuk menarik perhatian dan memicu keingintahuan, khususnya bagi pelajar-pelajar di usia muda; 2) mudah dimengerti, *assemblr edu* bisa membuat konsep-konsep yang rumit dan abstrak terasa lebih nyata dengan menghadirkannya tepat di ruang kelas; 3) materi tak terbatas, *assemblr* sudah menyediakan konten-konten pendidikan yang dapat digunakan secara gratis. Baik itu model, diagram, hingga simulasi, dan dapat menemukan sebagian besar materi yang dibutuhkan dari mata pelajaran yang diajarkan di sekolah.

2.4 Keterampilan Berpikir Sistem

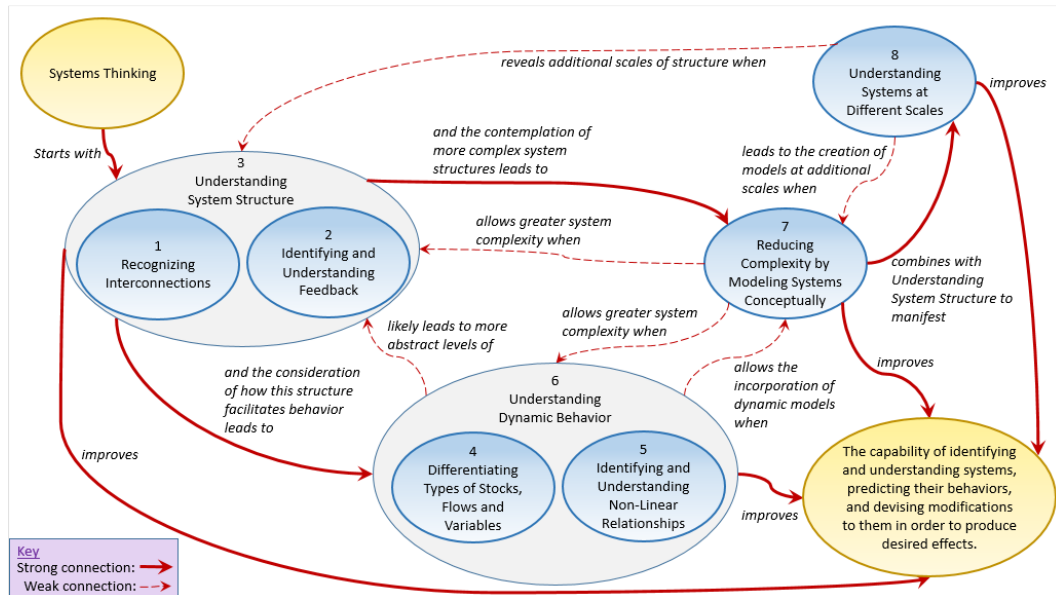
Keterampilan berpikir sistem merupakan suatu bentuk alternatif cara berpikir di luar paradigma mekanistik dan reduksionis yang melihat suatu fenomena melalui analisis bagian-bagian penyusunnya secara terpisah (Checkland, 1988). Dalam perspektif berpikir sistem, pemahaman yang menyeluruh akan suatu fenomena dihasilkan dari analisis berbagai tingkatan komponen penyusun dengan melihat keterkaitan antar komponen yang mencirikan bagian dari suatu sistem (Wang *et al.*, 2022), hal tersebut menuntut pemahaman yang lebih dalam antara keterkaitan, hubungan, interaksi, dan perilaku diantara elemen-elemen yang menjadi ciri seluruh sistem (Mawarni, n.d., 2019).

Kemampuan berpikir sistem tidak hanya dalam aspek pengetahuan saja tetapi juga dalam kemampuan pemecahan masalah dan keahlian lain yang lebih sulit. Pemikiran sistem adalah jenis pemikiran yang kompleks dan bagian dari berpikir kritis (Richmond, 1994). Berpikir sistem menuntut seseorang untuk memiliki keterampilan berpikir kritis dan memiliki kecakapan untuk memecahkan sebuah masalah, keterampilan tersebut saling berkaitan satu dengan lainnya (Ponto & Linder, 2011). Posisi keterampilan berpikir sistem dapat dilihat dari ilustrasi Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Posisi Berpikir Sistem
Sumber: Nuraeni dkk., 2020

Saat ini kemampuan berpikir sistem telah ditentukan oleh tujuannya, definisi akan diperluas dalam hal kontennya yakni pada elemen dan interkoneksinya (Arnold dan Wade, 2015) yang kemudian konten tersebut disajikan dalam bentuk *systemigram* pada Gambar 2.3 sebagai berikut:



Gambar 2. 3 *Systemigram* Berpikir Sistem
Sumber: Arnold & Wade, 2015

Adapun uraian deskripsi dari *systemigram* (Arnold dan Wade, 2015) ada 8 level sebagai berikut:

1. *Recognizing interconnections* atau mengenali interkoneksi yang merupakan elemen tingkat dasar dari berpikir sistem, bahkan orang dewasa berpendidikan tinggi tanpa pelatihan berpikir sistem cenderung tidak memiliki kemampuan ini.
2. *Identifying and understanding feedback* atau mengidentifikasi dan memahami umpan balik yang dibutuhkan dalam berpikir sistem serta memahami Bagaimana umpan balik tersebut mempengaruhi sebuah sistem.
3. *Understanding System Structure* atau memahami struktur sistem artinya berpikir sistem membutuhkan pemahaman struktur sistem itu sendiri dan bagaimana hal itu mempengaruhi sebuah sistem. Hal ini berkaitan dengan tahapan sebelumnya di mana mengenali interkoneksi dan memahami umpan balik adalah kunci untuk memahami struktur sistem.

4. *Differentiating Types of Stocks, Flows, Variables* atau membedakan jumlah sumber daya, perubahan yang terjadi, dan variable sistem. Hal ini memiliki arti yang cukup kompleks di mana *stocks* memiliki makna sumber daya dalam suatu sistem, hal ini dapat bersifat fisik maupun non fisik, misalnya dalam sistem sel contoh *stocks* adalah jumlah ATP yang dihasilkan oleh mitokondria, sementara *flows* bermakna perubahan yang terjadi pada sebuah sistem, misalnya dalam sistem sel contoh *flows* adalah perubahan kemampuan aktivitas sel akibat perubahan dalam sistem sel, sedangkan *variables* adalah bagian yang dapat diubah dari sistem yang mempengaruhi *stocks* dan *flows*, misalnya mengubah kemampuan mitokondria dalam melakukan respirasi seluler, hal itu akan mempengaruhi jumlah energi yang dihasilkan dan perubahan kemampuan aktivitas sel.
5. *Identifying and Understanding Non-Linear Relationship* atau mengidentifikasi dan memahami hubungan non-linear. Elemen ini mengacu pada *stocks* dan *flows* yang menjadi variabel yang bersifat non-linear, non-linear artinya suatu yang sifatnya tidak tetap, mudah berubah, sulit dikontrol, dan sulit diprediksi.
6. *Understanding Dynamic Behavior* atau memahami perilaku dinamis. Interkoneksi dan umpan balik mempengaruhi *stocks*, *flows*, dan *variables* sehingga menciptakan perilaku dinamis dalam suatu sistem.
7. *Reducing Complexity by Modeling Systems Conceptually* atau mengurangi kompleksitas dengan sistem pemodelan secara konseptual. Elemen ini adalah kemampuan untuk secara konseptual memodelkan bagian yang berbeda dari suatu sistem dan melihat sistem dengan cara yang berbeda.
8. *Understanding Systems at Different Scales* atau memahami sistem pada skala yang berbeda. Kemampuan memahami sistem pada skala yang berbeda bertujuan untuk mengenali berbagai skala sistem, bahkan sistem dalam sebuah sistem, contohnya adalah sistem respirasi seluler yang merupakan sebuah sistem dengan skala yang lebih kecil daripada sistem seluler.

Kemampuan berpikir sistem menuntut untuk memahami struktur bertingkat dari beberapa konsep dan keterkaitan antara konsep-konsep yang saling terintegrasi.

Selain itu berpikir sistem merupakan kemampuan untuk menyelesaikan permasalahan dengan melihat aspek-aspek lain dari berbagai sumber keseluruhan serta keterkaitan konsep dengan ilmu-ilmu lainnya (Gilbert, 2018). Berpikir sistem dengan indikatornya digolongkan sebagai bagian dari *high other thinking skills*. Kemampuan berpikir sistem berhubungan erat dengan pengetahuan domain spesifik konten, namun pengetahuan tentang domain spesifik konten yang berkarakter sistem (Zoller & Nahum, 2011).

Adapun kategori berpikir sistem menurut delapan karakteristik yang dapat menjadi acuan teramati pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Hierarki Berpikir Sistem

No	Hierarki Berpikir Sistem	Aspek Berpikir Sistem	Level
1	Mengidentifikasi komponen dan proses suatu sistem	Menganalisis	A
2	Mengidentifikasi hubungan sederhana di antara komponen-komponen sistem		
3	Mengidentifikasi hubungan dinamis di dalam sistem		
4	Mengatur komponen sistem, proses dan interaksinya dalam suatu kerangka hubungan	Mensistesis	B
5	Mengidentifikasi siklus materi dan energi di dalam sistem		
6	Mengenali dimensi tersembunyi dari sistem (yang memahami fenomena melalui pola dan keterkaitan yang tidak mudah dilihat)		
7	Membuat generalisasi tentang suatu sistem dan mengidentifikasi pola	Implementasi	C
8	Berpikir secara temporal (yaitu menggunakan retrospeksi dan prediksi)		

Sumber: Keynan *et al*, 2014

Kemampuan berpikir sistem sangat diperlukan untuk siswa saat belajar sains yang relevan dengan kehidupan (Vachliotis *et al.*, 2021), hal tersebut karena pada saat belajar ilmu pengetahuan alam siswa selalu ditekankan untuk memahami konsep

dalam materi yang kompleks seperti materi siklus dan sistem organ (Liu *et al.*, 2019). Untuk memahami materi yang kompleks siswa sangat memerlukan keterampilan berpikir sistem mengingat pembekalan ilmu di sekolah masih berfokus pada fakta yang terisolasi pada hubungan yang sistemik dan proses dari waktu ke waktu (Nuraini *et al.*, 2020), selain itu dapat berkontribusi pada pengembangan pemahaman siswa dari sistem kehidupan yang dinamis (Schluter *et al.*, 2018) dan dapat membantu siswa dalam mengambil keputusan secara komprehensif serta mengaitkan dampak dari persoalan di bidang lain (Clark *et al.*, 2017).

Dalam konteks pembelajaran sistem koordinasi, yang mencakup kerja saraf, indera, dan hormon, kemampuan berpikir sistem sangat diperlukan. Hal ini dikarenakan sistem koordinasi bekerja secara dinamis, holistik, dan saling bergantung, sehingga siswa tidak cukup hanya menghafal nama bagian tubuh, tetapi juga perlu memahami interaksi fungsional antarbagian. Konsep sistem koordinasi tergolong materi abstrak, karena proses yang terjadi dalam tubuh (seperti penghantaran impuls listrik atau sekresi hormon) tidak dapat diamati secara langsung. Oleh karena itu, penggunaan pendekatan berpikir sistem melalui level hierarkinya membantu siswa menyusun pemahaman yang lebih terstruktur dan mendalam.

Berikut ini Tabel 2.2 hierarki berpikir sistem yang disesuaikan dengan materi sistem koordinasi tingkat SMP berdasarkan kurikulum merdeka.

Tabel 2. 2 Hierarki Berpikir Sistem Materi Sistem Koordinasi

No	Hierarki Berpikir Sistem	Aspek Berpikir Sistem	Level
1	Mengidentifikasi komponen dan proses suatu sistem	Mengidentifikasi bagian struktur sistem saraf manusia	A
2	Mengidentifikasi hubungan sederhana di antara komponen-komponen sistem	Menghubungkan bagaimana memahami bagian-bagian dalam suatu sistem bekerja bersama dalam menghasilkan suatu fungsi atau respons	B

Tabel 2.2 lanjutan

No	Hierarki Berpikir Sistem	Aspek Berpikir Sistem	Level
3	Mengidentifikasi hubungan dinamis di dalam sistem	Menjelaskan hubungan antar komponen sistem saraf yang saling memengaruhi	B
4	Mengatur komponen sistem, proses dan interaksinya dalam suatu kerangka hubungan	Memahami bagaimana komponen sistem saraf saling berinteraksi atau bekerja sama untuk menghasilkan fungsi sistem yang utuh	B
5	Mengidentifikasi siklus materi dan energi di dalam sistem	Mengidentifikasi jalur impuls saraf, serta bagian-bagian yang dilalui.	B
6	Mengenali dimensi tersembunyi dari sistem (yang memahami fenomena melalui pola dan keterkaitan yang tidak mudah dilihat)	Menggali lebih dalam perubahan yang bersifat mikroskopis atau tidak tampak oleh mata, tetapi sangat krusial	C
7	Membuat generalisasi tentang suatu sistem dan mengidentifikasi pola	Menarik kesimpulan setelah mempelajari jalur impuls saraf.	C
8	Berpikir secara temporal (yaitu menggunakan retrospeksi dan prediksi)	Memprediksi dampak gangguan saraf motorik terhadap gerakan tubuh di masa depan	C

Manfaat dari berpikir sistem antara lain:

1. Memberi pemahaman atas keterkaitan elemen-elemen yang mempengaruhi kinerja.
2. Menjadi bahasa bersama untuk dialog tentang struktur dan proses sistem.
3. Memetakan dan simulasi apa yang dipahami bersama.
4. Fenomena dasar yang berkembang dengan memerhatikan interaksi dari berbagai yang berkaitan.
5. Penyelesaian masalah dengan pendekatan antar disiplin yang bekerja sama secara sinergis sebagai pemecahan masalah.
6. Keterbukaan menerima hal-hal baru yang berkembang cepat untuk meningkatkan efektivitas dari keluarga dan organisasi.

Kelebihan berpikir sistem adalah seseorang dapat lebih memahami akar mendasar dari suatu perilaku kompleks, sehingga mampu membuat prediksi yang lebih baik dan menyesuaikan hasil prediksinya. Seiring dengan pertumbuhan eksponensial

sistem di dunia, kebutuhan akan berpikir sistem menjadi semakin penting untuk mengatasi berbagai permasalahan kompleks. Hal ini menuntut pendekatan yang melampaui batas disiplin ilmu maupun teknik, karena pada dasarnya mencakup setiap aspek kehidupan. Saat ini, berpikir sistem sangat diperlukan untuk mempersiapkan diri menghadapi sistem yang semakin kompleks dan mengglobal di masa depan (Roychoudhury *et al.*, 2017).

Penelitian ini menekankan pentingnya keterampilan berpikir sistem dalam mempelajari materi sistem koordinasi. Sistem koordinasi pada manusia terdiri dari komponen yang saling terhubung, seperti sistem saraf, hormon, dan alat indera, sehingga pemahamannya tidak dapat hanya dilakukan secara parsial, tetapi harus melalui cara pandang yang menyeluruh. Keterampilan berpikir sistem sangat dibutuhkan agar peserta didik mampu mengidentifikasi hubungan antarbagian, memahami pola interaksi, serta menafsirkan bagaimana perubahan pada satu komponen dapat memengaruhi keseluruhan sistem. Oleh sebab itu, pembelajaran sistem koordinasi bukan hanya berfokus pada aspek kognitif berupa hafalan struktur dan fungsi organ, tetapi juga pada pengembangan kemampuan analitis yang lebih mendalam melalui keterampilan berpikir sistem.

2.5 Perangkat Pembelajaran

Perangkat pembelajaran merupakan sekumpulan alat atau media, metode, petunjuk, dan pedoman yang dirancang secara sistematis untuk mendukung proses belajar mengajar agar berjalan secara efektif dan efisien (Widodo & Jasmadi, 2008). Pada kurikulum merdeka, perangkat pembelajaran menjadi semakin fleksibel dan adaptif, dirancang untuk memenuhi kebutuhan belajar siswa secara individual dan kontekstual (Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, 2022). Kurikulum merdeka menekankan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik, berbasis proyek, dan berorientasi pada pengembangan kompetensi, sehingga perangkat pembelajaran yang digunakan harus mendukung prinsip kemerdekaan belajar (Kemendikbudristek, 2022).

Perangkat pembelajaran yang sangat dibutuhkan dalam proses pembelajaran adalah rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) atau modul ajar, lembar kerja peserta didik (LKPD) dan bahan ajar. Dimana perangkat ajar dalam kurikulum merdeka digunakan oleh pendidik dalam upaya untuk mencapai capaian pembelajaran (CP). Selain itu, pembelajaran dalam kurikulum merdeka juga mendorong integrasi teknologi melalui perangkat pembelajaran digital, termasuk penggunaan *augmented reality*, untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih bermakna dan sesuai dengan perkembangan zaman (Prasetyo dkk., 2023).

Perangkat pembelajaran dalam kurikulum merdeka memberikan berbagai manfaat yang mendukung pembelajaran yang lebih kontekstual, adaptif, dan berpihak pada peserta didik yaitu:

- 1) Perangkat pembelajaran seperti modul ajar memberikan fleksibilitas bagi guru untuk menyesuaikan kegiatan pembelajaran dengan kebutuhan, minat, dan karakteristik siswa (Kemendikbudristek, 2022).
- 2) Perangkat pembelajaran berfungsi sebagai alat bantu guru dalam merancang pembelajaran yang berorientasi pada kompetensi dan penguatan Profil Pelajar Pancasila, yang menjadi ciri khas Kurikulum Merdeka (Putra & Widodo, 2022).
- 3) Adanya perangkat ajar yang lengkap dan terstruktur, guru dapat lebih mudah melakukan asesmen formatif maupun sumatif untuk memantau dan menyesuaikan proses pembelajaran secara berkelanjutan.
- 4) Perangkat pembelajaran juga memungkinkan integrasi teknologi dan pendekatan pembelajaran berbasis proyek, yang tidak hanya meningkatkan keterlibatan siswa tetapi juga menumbuhkan kreativitas, kolaborasi, dan pemecahan masalah sebagai bagian dari kompetensi abad 21 (Prasetyo dkk., 2023)

Oleh karena itu, perangkat pembelajaran dalam kurikulum merdeka memiliki peran strategis dalam memastikan kualitas proses dan hasil pembelajaran yang sesuai dengan tuntutan zaman.

2.6 Model Pembelajaran *Discovery Learning*

Discovery learning merupakan model pembelajaran yang menempatkan peserta didik sebagai pusat kegiatan belajar melalui proses menemukan konsep, prinsip, atau pengetahuan secara mandiri. Guru berperan memberi stimulus berupa pertanyaan, fenomena, atau masalah nyata untuk kemudian dieksplorasi peserta didik. Melalui proses ini, peserta didik tidak hanya menerima informasi, tetapi aktif mengonstruksi pemahamannya sendiri sesuai dengan prinsip konstruktivisme (Bruner, 1961; Hosnan, 2014).

Penerapan *discovery learning* memberikan sejumlah keuntungan, di antaranya meningkatkan motivasi belajar, melatih rasa ingin tahu, serta mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif. Model ini juga mampu membuat pembelajaran lebih bermakna karena peserta didik menemukan pengetahuan melalui pengalaman langsung. Adapun langkah-langkah dalam *discovery learning* meliputi enam tahapan, yaitu 1) pemberian stimulasi (*stimulation*); 2) identifikasi masalah (*problem statement*); 3) pengumpulan data (*data collection*); 4) pengolahan data (*data processing*); 5) pembuktian (*verification*); 6) serta penarikan kesimpulan (*generalization*) (Sani, 2019; Pratiwi & Dwijayanti, 2021).

Model *discovery learning* dapat membantu mengembangkan keterampilan berpikir sistem peserta didik karena proses pembelajaran menekankan pada kegiatan menemukan dan memahami hubungan antar konsep melalui pengalaman langsung (Bruner, 1961). Tahapan seperti mengidentifikasi masalah, mengumpulkan data, mengolah informasi, hingga menarik kesimpulan membuat peserta didik belajar melihat suatu fenomena secara utuh serta memahami keterkaitan antara komponen yang berbeda (Hosnan, 2014). Hal ini mendorong peserta didik untuk tidak hanya berfokus pada bagian tertentu, tetapi juga memperhatikan pola sebab-akibat, interaksi, dan dampak yang lebih luas (Roychoudhury *et al.*, 2017). Oleh sebab itu, *discovery learning* relevan digunakan dalam pembelajaran IPA, khususnya pada materi sistem koordinasi, untuk membantu peserta didik memahami konsep

abstrak sekaligus mengasah kemampuan berpikir sistem dalam menghadapi perma-salahan kompleks (Keynan *et al.*, 2014).

2.7 Modul Ajar

Modul ajar pada dasarnya merupakan perencanaan pembelajaran secara lengkap yang telah disusun berdasarkan topik dalam lingkup di kelas (Kemendikbudristek, 2022). Modul ajar merupakan salah satu perangkat pembelajaran kurikulum merdeka yang digunakan oleh pendidik sebagai pedoman dalam merancang dan melaksanakan proses pembelajaran yang fleksibel dan berpihak pada peserta didik (Putra & Widodo, 2022). Modul ajar memuat dokumen yang mencakup tujuan pembelajaran, langkah-langkah kegiatan, media pembelajaran, serta asesmen yang dibutuhkan dalam satu unit atau topik tertentu (Kemendikbudristek, 2022).

Penyusunan modul ajar mengacu pada capaian pembelajaran (CP) dan alur tujuan pembelajaran (ATP) yang menjadi dasar penyusunan konten dan aktivitas pembelajaran yang kontekstual serta sesuai dengan karakteristik peserta didik (Susanto, 2023).

Modul ajar dalam kurikulum merdeka disusun berdasarkan sejumlah kriteria agar dapat menjadi perangkat pembelajaran yang efektif, fleksibel, dan kontekstual. Menurut Kemendikbudristek (2022), modul ajar yang baik harus memenuhi tiga kriteria utama, yaitu:

- 1) Kelayakan, merujuk pada kesesuaian isi modul dengan capaian pembelajaran dan prinsip-prinsip pedagogi yang tepat untuk fase perkembangan peserta didik (Kemendikbudristek, 2022).
- 2) Kebermanfaatan, mencakup kemampuan modul untuk memberikan pengalaman belajar yang bermakna, kontekstual, dan mampu mengembangkan kompetensi serta karakter peserta didik, khususnya dalam penguatan Profil Pelajar Pancasila (Putra & Widodo, 2022).
- 3) Keterpakaian berarti modul ajar harus mudah dipahami dan diimplementasikan oleh pendidik, serta dapat dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan dan kondisi masing-masing satuan pendidikan (Susanto, 2023).

Pemenuhan ketiga kriteria tersebut menjadikan modul ajar sebagai panduan yang efektif bagi guru dalam menerapkan pembelajaran. Modul ajar pada penelitian ini terdiri atas Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) materi sistem koordinasi dan *handout* berbantuan *augmented reality*, yang dikembangkan dengan mengintegrasikan model *discovery learning*. LKPD dirancang sesuai tahapan *discovery learning*, yaitu *stimulation*, *problem statement*, *data collection*, *data processing*, *verification*, dan *generalization*, sehingga mendorong peserta didik untuk secara aktif menemukan konsep sistem koordinasi melalui kegiatan penyelidikan. Sementara itu, *handout* berbantuan *augmented reality* berfungsi sebagai sumber belajar pendukung yang menyajikan visualisasi objek 3D secara kontekstual, sehingga membantu peserta didik memahami keterkaitan antara struktur dan fungsi pada sistem saraf, alat indera, dan sistem hormon sebagai satu kesatuan sistem. Integrasi model *discovery learning* dengan LKPD dan *handout* berbantuan *augmented reality* tersebut diharapkan mampu melatih dan meningkatkan keterampilan berpikir sistem peserta didik, khususnya dalam mengidentifikasi komponen sistem, menganalisis hubungan antarkomponen, serta memahami mekanisme kerja sistem koordinasi secara menyeluruh.

2.8 Lembar Kerja Peserta Didik

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) merupakan salah satu bentuk bahan ajar yang digunakan pendidik untuk mengarahkan aktivitas pembelajaran dan mengandung substansi kompetensi yang berisi materi, ringkasan dan petunjuk yang harus dilaksanakan oleh peserta didik (Prastowo, 2011). LKPD adalah bahan tertulis yang berisi kegiatan-kegiatan yang akan dilakukan peserta didik saat mempelajari suatu topik (Töman *et al.*, 2013). Kegiatan tersebut memungkinkan peserta didik untuk bertanggung jawab atas pembelajaran mereka sendiri dengan langkah-langkah proses yang diberikan. LKPD merupakan sarana pembelajaran yang dapat digunakan pendidik dalam meningkatkan keterlibatan atau aktivitas peserta didik dalam proses belajar mengajar (Ansyah dkk., 2021). Berdasarkan beberapa definisi tersebut dapat disimpulkan bahwa LKPD merupakan lembaran yang berisi panduan, petunjuk, dan langkah-langkah kegiatan

yang harus dilakukan peserta didik dalam proses pembelajaran dalam rangka mencapai suatu kompetensi pembelajaran yang telah ditetapkan. Saat menyiapkan LKPD, ada beberapa syarat yang mesti dipenuhi oleh pendidik (Prastowo, 2011). Sebuah LKPD harus memenuhi kriteria yang berkaitan dengan tercapai atau tidaknya sebuah kompetensi dasar yang harus dikuasai dan dipahami oleh peserta didik.

Penyusunan LKPD mensyaratkan adanya beberapa ketentuan agar dapat dinyatakan layak digunakan. Terdapat tiga syarat utama yang harus dipenuhi, yaitu syarat didaktik, syarat konstruksi, dan syarat teknis (Salirawati, 2006). Tabel 2.3 berikut menyajikan indikator kelayakan LKPD.

Tabel 2. 3 Syarat Didaktik, Konstruksi, dan Teknis

No	Syarat	Indikator
1	Didaktik	1. Mengajak peserta didik aktif dalam pembelajaran 2. Memberi penekanan pada proses untuk menemukan konsep 3. Memiliki variasi stimulus melalui berbagai media dan kegiatan peserta didik 4. Mengembangkan komunikasi sosial, emosional, moral, dan estetika pada diri peserta didik 5. Memberikan pengalaman belajar bagi peserta didik
2	Konstruksi	1. Menggunakan bahasa yang sesuai dengan tingkat umur peserta didik 2. Menggunakan struktur kalimat yang jelas 3. Memiliki tata urutan pelajaran yang sesuai tingkat kemampuan anak 4. Hindarkan pertanyaan yang terlalu terbuka 5. Tidak mengacu pada buku sumber yang diluar kemampuan keterbacaan peserta didik 6. Menggunakan kalimat yang sederhana dan pendek 7. Gunakan lebih banyak ilustrasi daripada kata-kata 8. Dapat digunakan oleh peserta didik dengan memiliki tujuan pembelajaran yang jelas
3	Teknis	1. Penulisan yang konsisten 2. Penggunaan gambar yang sesuai 3. Penampilan yang menarik

Sumber: (Widjajanti, 2008)

Selain itu, struktur LKPD perlu diperhatikan ketika akan menyusunnya agar penggunaannya benar-benar tepat guna dan efektif membantu guru dalam mencapai

tujuan pembelajaran. LKPD yang dirancang sesuai kurikulum merdeka harus memuat aktivitas yang kontekstual dan relevan dengan kehidupan nyata siswa, serta memberikan ruang untuk eksplorasi dan refleksi (Susanto, 2023).

Langkah-langkah penyusunan LKPD berdasarkan kurikulum merdeka. Penyusunan LKPD dalam kurikulum merdeka dapat dilakukan melalui beberapa langkah sistematis, yaitu:

- 1) Menentukan tujuan pembelajaran yang mengacu pada Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) dan Capaian Pembelajaran (CP) untuk setiap fase (Kemendikbudristek, 2022).
- 2) Merancang aktivitas belajar yang menantang dan relevan, seperti eksplorasi, eksperimen, analisis data, diskusi, atau pemecahan masalah, yang disesuaikan dengan karakteristik peserta didik (Prasetyo dkk., 2023).
- 3) Menyusun pertanyaan atau instruksi kegiatan secara runtut dan jelas agar memandu siswa dalam proses berpikir dan belajar mandiri (Handayani & Yulianti, 2021).
- 4) Menyisipkan unsur asesmen formatif untuk memantau pemahaman siswa selama proses kegiatan berlangsung (Susanto, 2023).
- 5) LKPD harus melalui proses refleksi dan revisi agar dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan hasil implementasi awal di kelas (Kemendikbudristek, 2022).

Melalui penerapan langkah-langkah tersebut, LKPD tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu pembelajaran, tetapi juga sebagai media pembelajaran aktif yang mendukung penguatan kompetensi dan karakter siswa sesuai nilai-nilai profil pelajar pancasila (Putra & Widodo, 2022).

Lembar kerja peserta didik (LKPD) dalam proses pembelajaran bukan dijadikan sebagai satu-satunya sumber belajar atau sebagai pengganti guru, sehingga dalam menyusun harus mengacu pada beberapa kriteria yang harus dipahami. Berikut ini kriteria penggunaan LKPD yaitu:

Tabel 2. 4 Kriteria Penggunaan LKPD

Kriteria	Penjelasan
Tujuan Pembuatan	1. Memberikan penguatan dan penunjang tujuan dan indikator yang akan dicapai di dalam pembelajaran berdasarkan kompetensi dalam kurikulum yang berlaku. 2. Membantu siswa dalam mencapai tujuan pembelajaran 3. Memberikan pengalaman belajar yang kaya di dalam kelas 4. Memotivasi siswa 5. Memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengembangkan keterampilan dan kemampuan memecahkan masalah serta menanamkan sikap ilmiah
Bahan Penyusun	1. Harus tersusun secara logis dan sistematis 2. Memperhatikan kemampuan dan tahap perkembangan siswa 3. Mampu memberikan motivasi siswa untuk mengembangkan rasa ingin tahu 4. Bersifat kontekstual
Kebutuhan Siswa	1. Menarik siswa untuk berpartisipasi 2. Bersifat atraktif 3. Meningkatkan rasa percaya diri siswa 4. Mendorong siswa untuk mengetahui lebih banyak 5. Diksi yang digunakan memperhatikan tahap perkembangan dan usia
Prinsip Penggunaan	1. Bukan sebagai pengganti guru dalam pembelajaran, tetapi sebagai sarana untuk membantu guru agar siswa mencapai pembelajaran tujuan.
Tujuan Pembuatan	1. Digunakan untuk menumbuhkan minat untuk berpartisipasi siswa dalam pembelajaran, baik itu melalui diskusi maupun percobaan

Sumber: Abdurrahman, 2015.

Adapun manfaat utama LKPD adalah dapat mendorong siswa untuk belajar secara aktif dan mandiri melalui aktivitas yang terstruktur dan berorientasi pada proses (Handayani & Yulianti, 2021). LKPD juga membantu guru dalam mengelola pembelajaran yang terfokus pada pencapaian tujuan pembelajaran, karena memuat langkah-langkah kegiatan, pertanyaan pemantik, dan latihan yang relevan dengan topik yang diajarkan (Kemendikbudristek, 2022).

LKPD pada penelitian ini dirancang dengan dilengkapi soal-soal yang mengarahkan peserta didik pada hierarki berpikir sistem (Keynan *et al*, 2014), mulai dari mengidentifikasi komponen sistem, menganalisis hubungan antarkomponen, hingga memahami mekanisme kerja sistem koordinasi secara menyeluruh. Penyusunan LKPD tersebut diintegrasikan dengan model *discovery learning*,

sehingga setiap tahapan pembelajaran mendorong peserta didik untuk menemukan konsep secara mandiri melalui proses *stimulation*, *problem statement*, *data collection*, *data processing*, *verification*, dan *generalization*. Oleh karena itu, LKPD tidak hanya berfungsi sebagai panduan aktivitas belajar, tetapi juga sebagai sarana untuk melatih dan meningkatkan keterampilan berpikir sistem peserta didik secara bertahap dan terstruktur.

Penggunaan LKPD yang efektif dapat membantu siswa mencapai capaian pembelajaran yang telah ditetapkan dalam kurikulum. Capaian pembelajaran sendiri merupakan kompetensi yang harus dikuasai oleh peserta didik setelah menyelesaikan suatu pembelajaran, mencakup aspek pengetahuan, keterampilan, dan sikap. Melalui LKPD yang dirancang sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik siswa, proses pembelajaran dapat menjadi lebih bermakna, sehingga capaian pembelajaran dapat tercapai secara optimal. Capaian pembelajaran (CP) di dalamnya terdapat kompetensi yang digunakan untuk mengukur pencapaian peserta didik (Kementerian Pendidikan, Riset, Kebudayaan, dan Teknologi, 2024).

Bentuk integrasi kompetensi inti (KI) dan kompetensi dasar (KD) yang disusun secara komprehensif dalam bentuk narasi sehingga membentuk sebuah capaian pembelajaran yang meliputi sekumpulan kompetensi dan lingkup materi, sehingga memungkinkan peserta didik mendapatkan pengalaman belajar sesuai dengan tingkat kompetensi (Ali & Dalia, 2024). Capaian Pembelajaran fase D dapat dilihat pada Tabel 2.5

Tabel 2. 5 Capaian Pembelajaran

Capaian Pembelajaran Fase D
Menelaah hasil identifikasi makhluk hidup sesuai dengan karakteristiknya; menganalisis klasifikasi, sifat, dan perubahan materi; menganalisis sistem organisasi kehidupan, fungsi, serta kelainan atau gangguan yang muncul pada sistem organ; menganalisis interaksi antar makhluk hidup dan lingkungannya dalam merancang upaya-upaya untuk mencegah dan mengatasi perubahan iklim; menganalisis pewarisan sifat; membuat bioteknologi konvensional di lingkungan sekitarnya; menerapkan pengukuran terhadap aspek fisis dalam kehidupan sehari-hari; menganalisis ragam gerak, gaya, dan tekanan; menganalisis hubungan usaha dan energi; menganalisis

Tabel 2.5 lanjutan

Capaian Pembelajaran Fase D	
pengaruh kalor dan perpindahannya terhadap perubahan suhu; menganalisis gelombang dan pemanfaatannya dalam kehidupan sehari-hari; menganalisis gejala kemagnetan dan kelistrikan untuk menyelesaikan tantangan yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari termasuk pemanfaatan sumber energi listrik ramah lingkungan; menganalisis posisi relatif bumi-bulan-matahari dalam sistem tata surya untuk menjelaskan fenomena alam dan perubahan iklim; serta mengevaluasi keputusan yang tepat untuk menghindari zat aditif dan adiktif yang membahayakan dirinya dan lingkungan.	
Keluasan	Kedalaman
Sistem Koordinasi	1. Menganalisis keterkaitan antara sistem organ dan fungsinya. 2. Menganalisis kelainan atau gangguan yang muncul pada sistem organ tertentu

2.8 Bahan Ajar

Bahan ajar adalah segala bentuk bahan atau materi yang di susun secara sistematis yang digunakan untuk membantu guru dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar sehingga tercipta lingkungan atau suasana yang memungkinkan siswa untuk belajar (Majid, 2011). Bahan ajar merupakan komponen penting dalam proses pembelajaran karena menjadi sumber utama yang digunakan oleh guru dan peserta didik untuk mencapai tujuan pembelajaran (Harefa dan Rintah, 2022). Dari dua pendapat di atas, dapat disimpulkan bahwa bahan ajar adalah komponen pembelajaran yang digunakan oleh guru sebagai bahan belajar bagi siswa dan membantu guru dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar di kelas. Untuk menyampaikan bahan ajar biasanya pendidik menggunakan metode agar siswa dapat lebih mudah dalam menerima materi ajar.

Penggunaan bahan ajar (Hamdani, 2011:121) berfungsi sebagai berikut:

- 1) Pedoman bagi guru yang akan mengarahkan semua aktivitasnya dalam proses pembelajaran, sekaligus merupakan substansi kompetensi yang seharusnya diajarkan kepada siswa.

- 2) Pedoman bagi siswa yang akan mengarahkan semua aktivitasnya dalam proses pembelajaran, sekaligus merupakan substansi kompetensi yang seharusnya dipelajari atau dikuasainya.
- 3) Alat evaluasi pencapaian atau penguasaan hasil pembelajaran.

Pada pembelajaran berbasis teknologi dan abad 21, bahan ajar seperti modul interaktif dan multimedia tidak hanya berperan dalam meningkatkan partisipasi serta motivasi belajar siswa, tetapi juga sangat diperlukan untuk membantu peserta didik dalam mengembangkan keterampilan berpikir sistem. Oleh karena itu, pengembangan bahan ajar yang sesuai dengan kurikulum Merdeka dan karakteristik peserta didik menjadi penting guna mendukung peningkatan kualitas pembelajaran secara menyeluruh.

Bahan ajar pada penelitian ini mencakup materi sistem koordinasi yang meliputi struktur neuron, alat indera, dan sistem hormon, yang disajikan melalui visualisasi tiga dimensi berbantuan *augmented reality*. Penyajian materi dalam bentuk visual 3D memungkinkan peserta didik untuk mengamati komponen-komponen sistem koordinasi secara lebih konkret, memahami fungsi setiap bagian, serta menganalisis hubungan dan interaksi antarkomponen sebagai satu kesatuan sistem. Pemanfaatan *augmented reality* dalam bahan ajar ini memberikan pengalaman belajar yang kontekstual dan interaktif, sehingga membantu peserta didik mengaitkan struktur, fungsi, dan mekanisme kerja sistem koordinasi secara menyeluruh. Oleh karena itu, integrasi *augmented reality* dalam bahan ajar tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep, tetapi juga berperan dalam melatih dan meningkatkan keterampilan berpikir sistem peserta didik, khususnya dalam mengidentifikasi elemen sistem, hubungan sebab-akibat, serta dinamika kerja sistem koordinasi manusia.

2.9 Kerangka Pemikiran

Keterampilan berpikir sistem merupakan salah satu kompetensi penting yang perlu dikembangkan dalam implementasi Kurikulum Merdeka, khususnya pada

pembelajaran IPA yang menuntut peserta didik untuk memahami keterkaitan antarkomponen dalam suatu sistem secara utuh. Namun, berdasarkan hasil studi pendahuluan, keterampilan berpikir sistem peserta didik belum dilatihkan secara optimal dalam proses pembelajaran, sehingga capaian pembelajaran yang diharapkan Kurikulum Merdeka belum sepenuhnya terpenuhi. Menanggapi permasalahan tersebut, penelitian ini mengembangkan perangkat pembelajaran berupa modul ajar yang dilengkapi dengan LKPD dan *handout* berbantuan *augmented reality*. Modul ajar dan LKPD dirancang dengan mengintegrasikan model *discovery learning* serta hierarki berpikir sistem, sehingga pembelajaran tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep, tetapi juga pada pengembangan kemampuan berpikir sistem peserta didik secara bertahap dan terstruktur.

Pada tahap *stimulation*, peserta didik diberikan rangsangan awal melalui permasalahan atau fenomena kontekstual yang disajikan dalam LKPD dan didukung oleh video pembelajaran dan visualisasi *augmented reality*. Melalui aktivitas ini, peserta didik diarahkan untuk mengidentifikasi komponen-komponen utama dalam sistem koordinasi manusia, seperti struktur neuron, alat indera, dan sistem hormon. Aktivitas pada tahap ini melatih peserta didik pada level A hierarki berpikir sistem, yaitu kemampuan mengenali dan mengidentifikasi elemen atau komponen penyusun suatu sistem.

Tahap selanjutnya adalah *problem statement*, peserta didik merumuskan permasalahan berdasarkan hasil pengamatan awal. Pada tahap ini, peserta didik mulai mengidentifikasi hubungan sederhana antar komponen sistem koordinasi, seperti keterkaitan antara alat indera dan sistem saraf dalam menerima rangsangan. Aktivitas tersebut mengarahkan peserta didik pada level B1 hierarki berpikir sistem, yaitu kemampuan memahami hubungan dasar antar komponen dalam suatu sistem.

Pada tahap *data collection*, peserta didik mengumpulkan berbagai informasi yang relevan melalui kegiatan pengamatan, diskusi, serta eksplorasi video pembelajaran

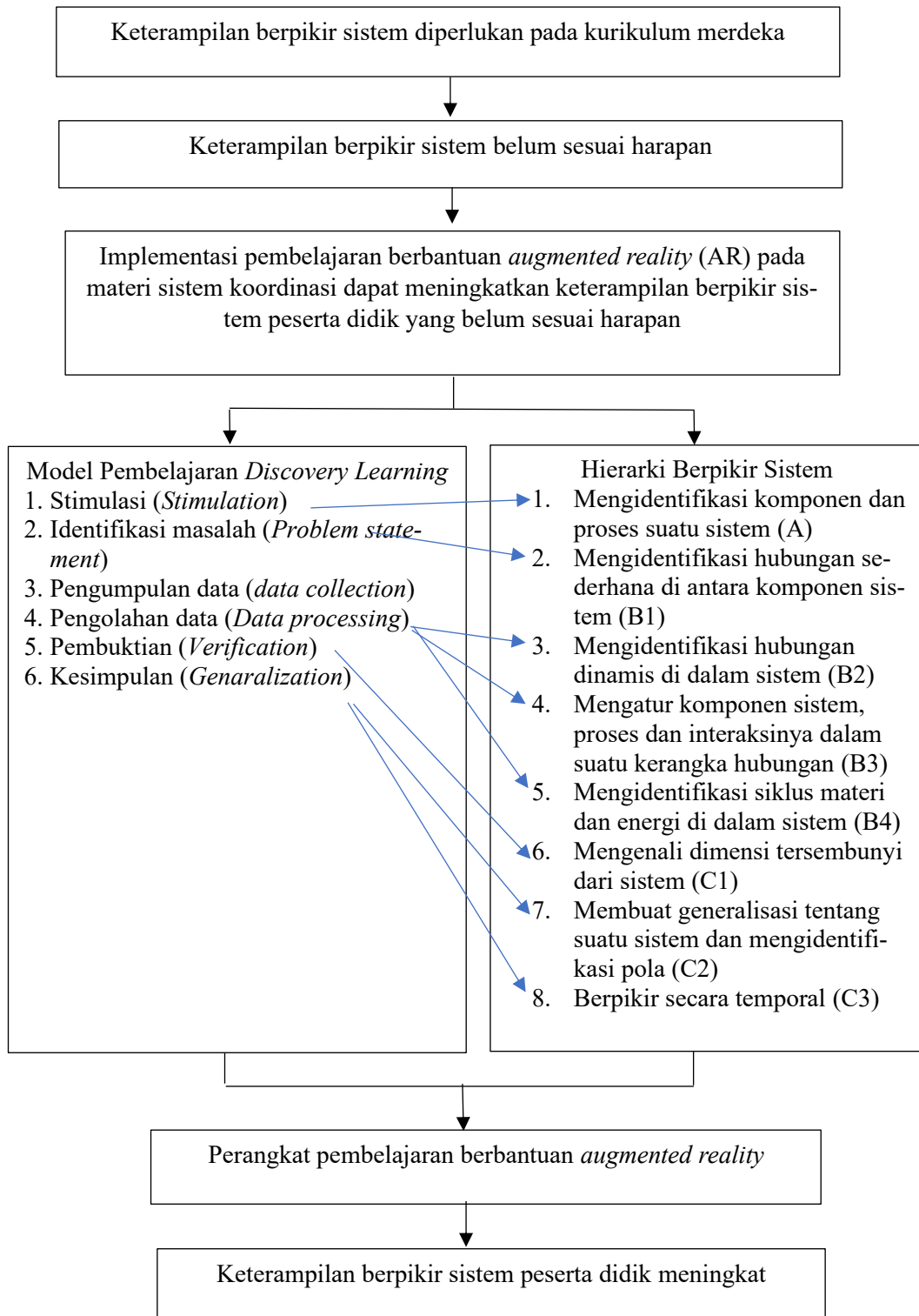
dan *handout* berbantuan *augmented reality*. Informasi yang diperoleh mencakup struktur, fungsi, dan peran masing-masing komponen dalam sistem koordinasi. Tahap ini menjadi dasar bagi peserta didik untuk membangun pemahaman yang lebih mendalam terhadap sistem sebelum melakukan analisis lanjutan.

Tahap *data processing* menuntut peserta didik untuk mengolah dan menganalisis data yang telah dikumpulkan. Pada tahap ini, peserta didik diarahkan untuk mengidentifikasi hubungan dinamis antar komponen sistem pada level B2, dan B3 yaitu kemampuan mengorganisasikan komponen, proses, dan interaksi dalam sistem koordinasi. Selain itu, peserta didik juga dilatih pada level B4, yaitu kemampuan mengidentifikasi pola atau siklus materi yang terjadi dalam sistem, seperti alur kerja sistem saraf dan sistem hormon dalam mengatur respons tubuh.

Tahap *verification* bertujuan untuk menguji kebenaran hasil temuan dan analisis yang telah dilakukan peserta didik. Melalui diskusi dan pembimbingan, peserta didik diarahkan untuk mengenali aspek atau dimensi tersembunyi dalam sistem koordinasi yang sebelumnya belum terlihat secara langsung. Aktivitas ini mengembangkan keterampilan berpikir sistem pada level C1, yaitu kemampuan mengenali dimensi tersembunyi dan keterkaitan yang lebih kompleks dalam suatu sistem.

Tahap akhir, yaitu *generalization*, mengarahkan peserta didik untuk menarik kesimpulan umum berdasarkan keseluruhan proses pembelajaran yang telah dilalui. Pada tahap ini, peserta didik dilatih untuk membuat generalisasi tentang cara kerja sistem koordinasi manusia pada level C2, serta mengembangkan kemampuan berpikir secara temporal pada level C3, yaitu memahami perubahan dan dinamika sistem koordinasi dari waktu ke waktu. Melalui tahapan ini, peserta didik diharapkan mampu memandang sistem koordinasi sebagai satu kesatuan yang saling berinteraksi secara berkelanjutan.

Melalui proses pembelajaran yang tersebut, maka perangkat pembelajaran materi sistem koordinasi berbantuan *augmented reality* tidak hanya memperoleh pemahaman materi secara lebih bermakna, tetapi juga mengembangkan keterampilan berpikir sistem yang sesuai dengan tuntutan kurikulum merdeka. Secara skematis kerangka pemikiran dalam penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 2.4 sebagai berikut.

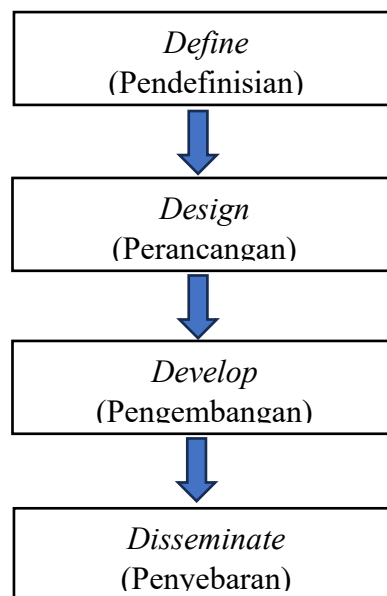


Gambar 2. 4 Skema kerangka pemikiran pada penelitian

III. METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan *Research and Development* (R&D). Adapun produk yang dikembangkan adalah perangkat pembelajaran berbantuan *augmented reality* untuk meningkatkan keterampilan berpikir sistem. Desain penelitian yang digunakan dalam penelitian pengembangan ini adalah model pengembangan 4D (*four-D*) yang terdiri dari *define* (pendefinisian), *design* (perancangan), *develop* (pengembangan), dan *disseminate* (penyebaran) (Thiagarajan & Semmel, 1974). Berikut skema desain model 4D (*four-D*) dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Desain model pengembangan 4D

3.2 Langkah-Langkah Penelitian

Adapun langkah-langkah pelaksanaan penelitian pengembangan yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. *Define* (Pendefinisian)

Tahap pendefinisian telah dilakukan bertujuan untuk menentukan dan mendefinisikan kebutuhan dalam pengembangan produk perangkat pembelajaran berbantuan *augmented reality*. Pada tahap ini peneliti melakukan kegiatan analisis kebutuhan yang bertujuan untuk mengumpulkan informasi yang berkaitan dengan produk yang akan dikembangkan. Tahap pendefinisian ini terdiri dari 5 langkah, yaitu:

3.2.1.1 Analisis Awal (*front-end analysis*)

Pada tahap ini telah dilakukan analisis awal yang bertujuan untuk mengetahui masalah dasar yang dihadapi dalam pembelajaran, sehingga diperlukan pengembangan perangkat pembelajaran berbantuan *augmented reality*. Analisis ini diawali dengan penyebaran kuesioner kebutuhan pendidik melalui *google form* yang melibatkan 40 guru IPA dari tiga kabupaten, yaitu Tanggamus, Pringsewu, dan Pesawaran. Hasil analisis kebutuhan guru memberikan informasi mengenai penggunaan perangkat pembelajaran di sekolah, pemanfaatan *augmented reality*, serta keterampilan berpikir sistem dalam pembelajaran IPA, khususnya pada materi sistem koordinasi. Data yang diperoleh digunakan sebagai dasar untuk mendukung pengembangan media pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan pembelajaran materi sistem koordinasi. Adapun kisi-kisi kuesioner pendidik dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Kisi-kisi Kuesioner Kebutuhan Pendidik

Butir Soal	Komponen	Indikator
1, 2	Penggunaan LKPD dalam pembelajaran IPA	b. Mengidentifikasi penggunaan LKPD oleh guru pada topik sistem koordinasi. c. Mengetahui jenis LKPD yang sering digunakan guru dalam pembelajaran IPA.

Tabel 3.1 lanjutan

Butir Soal	Komponen	Indikator
3, 4, 5, 6	Kemandirian guru dalam membuat LKPD	a. Mengetahui sumber LKPD yang digunakan guru (mandiri atau dari pihak lain). b. Mengetahui pengalaman guru membuat LKPD berbasis model pembelajaran.
1, 2	Penggunaan LKPD dalam pembelajaran IPA	a. Mengidentifikasi jenis model pembelajaran yang diterapkan dalam penyusunan LKPD. b. Mengidentifikasi karakteristik LKPD yang dibuat guru secara mandiri. c. Mengidentifikasi karakteristik LKPD yang dibuat guru secara mandiri.
7	Kualitas LKPD yang digunakan	a. Mengetahui kesesuaian LKPD yang diambil atau dibeli dengan karakteristik LKPD yang diharapkan.
8, 9	Penggunaan teknologi dalam pembelajaran	a. Mengidentifikasi frekuensi penggunaan teknologi dalam pembelajaran oleh guru. b. Mengetahui jenis teknologi yang digunakan guru dalam pembelajaran IPA.
10	Visualisasi dalam LKPD	a. Mengidentifikasi bentuk visualisasi (2D/3D) yang digunakan dalam LKPD.
11, 12	Pemahaman dan pengalaman dengan AR	a. Mengetahui tingkat pengetahuan guru tentang <i>augmented reality</i> (AR). b. Mengidentifikasi pemahaman guru tentang konsep dan manfaat AR dalam pembelajaran.
13	Pengalaman guru menggunakan media AR	a. Mengidentifikasi pengalaman guru dalam menggunakan LKPD berbasis AR.
14	Persepsi terhadap efektivitas gambar 3D/4D	a. Mengetahui persepsi guru terhadap efektivitas gambar 3D/4D dalam memahami konsep IPA.
15, 16, 17, 18, 19, 20, 21	Pengetahuan guru terhadap berpikir sistem	a. Mengetahui frekuensi guru memasukkan unsur keterkaitan dan pola hubungan dalam LKPD. b. Mengetahui persepsi guru mengenai pentingnya keterampilan berpikir sistem bagi peserta didik. c. Mengidentifikasi pandangan guru terhadap kebutuhan kegiatan yang menuntut analisis pola dan keterkaitan dalam bahan ajar.

Tabel 3.1 lanjutan

Butir Soal	Komponen	Indikator
		d. Mengetahui apakah LKPD yang digunakan guru sudah mengintegrasikan kegiatan berpikir sistem.
		e. Mengidentifikasi alasan guru belum menggunakan LKPD yang mengandung kegiatan berpikir sistem.
		f. Mengetahui strategi guru dalam melatih peserta didik berpikir sistem melalui LKPD.

3.2.1.2 Analisis Peserta Didik (*learner analysis*)

Analisis peserta didik telah dilakukan untuk memahami karakteristik peserta didik yang meliputi latar belakang peserta didik terhadap penggunaan LKPD, pengalaman menggunakan *augmented reality* dalam proses pembelajaran dan pengetahuan awal mengenai keterampilan berpikir sistem. Analisis ini menjadi dasar dalam mengembangkan perangkat pembelajaran yang efektif dan sesuai kebutuhan peserta didik. Pada penelitian ini analisis peserta didik melalui penyebaran kuesioner kepada 50 peserta didik kelas IX di tiga Kabupaten, yaitu Pringsewu, Tanggamus dan Pesawaran. Rincian kisi-kisi angket peserta didik disajikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Kisi-kisi Kuesioner Kebutuhan Peserta Didik

Butir Soal	Komponen	Indikator
1	Penggunaan LKPD	Penggunaan LKPD pada topik sistem koordinasi
2	Frekuensi penggunaan LKPD	Mengetahui seberapa sering peserta didik menggunakan LKPD dalam proses belajar
3	Jenis LKPD yang digunakan	Mengidentifikasi sumber LKPD yang digunakan oleh peserta didik
4	Pengetahuan tentang AR	Mengetahui apakah peserta didik mengenal teknologi AR
5	Pengalaman menggunakan AR	Mengidentifikasi pengalaman peserta didik menggunakan media AR dalam pembelajaran
6	Penggunaan LKPD berbasis digital atau interaktif	Mengidentifikasi penggunaan LKPD yang dilengkapi media digital/AR

Tabel 3.2 lanjutan

Butir Soal	Komponen	Indikator
7	Persepsi terhadap efektivitas AR	Mengetahui pendapat peserta didik mengenai efektivitas penggunaan AR dalam memahami pelajaran
8	Topik pilihan penggunaan AR	Mengidentifikasi topik pelajaran yang diminati peserta didik untuk penerapan AR
9	Aktivitas berpikir sistem dalam LKPD	Mengetahui frekuensi peserta didik diminta menganalisis sebab-akibat dalam LKPD
10	Kebutuhan berpikir sistem	Mengetahui pandangan peserta didik terhadap pentingnya kegiatan berpikir sistem dalam bahan ajar
11	Evaluasi isi LKPD terhadap berpikir sistem	Mengetahui apakah LKPD yang digunakan sudah memuat analisis hubungan dan pola
12	Ketertarikan terhadap LKPD AR untuk berpikir sistem	Mengetahui minat peserta didik menggunakan LKPD berbantuan AR untuk berpikir sistem

3.2.1.3 Analisis Konsep (*concept analysis*)

Analisis konsep telah dilakukan untuk mengidentifikasi, merinci, dan menyusun secara sistematis konsep-konsep yang relevan sebagai dasar dalam perancangan dan pengembangan media pembelajaran. Pada tahap ini, kegiatan yang dilakukan meliputi penentuan submateri yang akan dijadikan konten dalam media *augmented reality*, seperti struktur neuron, struktur otak, struktur alat indera, dan hormon. Selain itu, analisis konsep juga menjadi landasan dalam penyusunan Tujuan Pembelajaran (TP), serta dalam menentukan keluasan dan kedalaman materi yang akan disampaikan. Salah satu langkah penting dalam tahap ini adalah menganalisis Capaian Pembelajaran (CP) mata pelajaran IPA untuk Fase D kelas IX guna memastikan kesesuaian materi dengan kurikulum yang berlaku. Analisis konsep materi sistem koordinasi bisa dilihat pada lampiran 28.

Analisis Tugas (*task analysis*)

Analisis tugas telah dilakukan bertujuan untuk mengidentifikasi tugas atau keterampilan-keterampilan utama yang perlu dilakukan peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan, yaitu peningkatan keterampilan berpikir sistem. Berdasarkan data hasil analisis kebutuhan pengembangan perangkat pembelajaran, didapatkan informasi bahwa tugas-tugas yang selama ini diberikan belum dapat melatih keterampilan berpikir sistem pada peserta didik, sehingga peneliti merasa perlunya pengembangan perangkat pembelajaran berbantuan *augmented reality* yang dapat memvisualisasikan materi sistem koordinasi dan dapat meningkatkan keterampilan berpikir sistem peserta didik.

3.2.1.4 Perumusan Tujuan Pembelajaran (*specifying instructional objectives*)

Tahap ini telah dilakukan untuk merumuskan tujuan pembelajaran yang selanjutnya dirumuskan menjadi kriteria ketercapaian tujuan pembelajaran (KKTP) berdasarkan hasil analisis tugas dan analisis konsep. Indikator pencapaian kompetensi yang telah dirumuskan memuat Keterampilan berpikir sistem dan menjadi dasar dalam pembuatan perangkat pembelajaran yang akan dikembangkan. Adapun hierarki berpikir sistem pada penelitian ini meliputi 8 aspek yang merujuk pada kerangka Keynan *et al.*, 2014 yaitu: 1) mengidentifikasi komponen dan proses suatu sistem, 2) mengidentifikasi hubungan sederhana di antara komponen sistem, 3) mengidentifikasi hubungan dinamis di dalam sistem, 4) mengatur komponen sistem, proses dan interaksinya dalam suatu kerangka hubungan, 5) mengidentifikasi siklus materi dan energi di dalam sistem, 6) mengenali dimensi tersembunyi dari sistem, 7) membuat generalisasi tentang suatu sistem dan mengidentifikasi pola, 8) berpikir secara temporal.

2. *Design* (Perancangan)

Tahap perancangan pada penelitian ini telah dilakukan bertujuan untuk menghasilkan draf 1 rancangan perangkat pembelajaran berbantuan *augmented reality*. Rancangan perangkat pembelajaran disesuaikan dengan karakteristik dan kebutuhan peserta didik, serta keadaan sekolah. Langkah-langkah tahap *design* yang dilakukan pada penelitian ini meliputi:

3.2.2.1 Penyusunan Standar Tes (*criterion-test construction*)

Tahap ini merupakan tahapan yang menjembatani tahap *define* dan *design*. Penyusunan tes telah dilakukan berdasarkan hasil analisis spesifikasi tujuan pembelajaran sehingga dapat mengukur sejauh mana peserta didik dapat mencapai keterampilan berpikir sistem. Kerangka tes analisis keterampilan berpikir sistem mengacu pada Keynan *et al.*, 2014.

3.2.2.2 Pemilihan Media (*media selection*)

Pemilihan media telah dilakukan untuk mengidentifikasi media pembelajaran yang dikembangkan harus relevan dan sesuai dengan karakter dan kebutuhan dari pendidik serta peserta didik. Media yang dikembangkan harus sesuai dengan hasil analisis kebutuhan yang telah dilakukan dan tujuan pembelajaran yang akan dilakukan. Pada penelitian ini media yang digunakan adalah lembar kerja peserta didik (LKPD) dan *handout* berbantuan *augmented reality* yang di dalamnya terdapat gambar 3D.

3.2.2.3 Pemilihan Format (*format selection*)

Pemilihan format telah dilakukan bertujuan untuk menentukan bentuk penyajian perangkat pembelajaran yang paling sesuai dan efektif, agar mudah dipahami, digunakan, dan mendukung pencapaian tujuan pembelajaran. Termasuk di dalamnya terdapat gambar, tulisan, desain bahan ajar, pemilihan strategi, pendekatan, metode dan beberapa komponen lainnya. Perangkat pembelajaran yang dikembangkan berupa modul ajar sistem koordinasi berbantuan *augmented reality*. Pemilihan format juga untuk memenuhi kriteria dan membantu peserta didik menemukan konsep yang sesuai.

3.2.2.4 Membuat Rancangan Awal (*initial design*)

Tahapan rancangan awal bertujuan untuk mengembangkan kerangka dasar atau prototipe awal dari perangkat pembelajaran sebelum masuk ke tahap pengembangan yaitu sebelum uji coba dilakukan. Hasil akhir dari tahapan ini yaitu draf 1 perangkat pembelajaran sistem koordinasi berbantuan *augmented reality*.

3. *Develop* (Pengembangan)

Tahap *develop* bertujuan untuk menghasilkan produk dan menguji coba produk berupa perangkat pembelajaran materi sistem koordinasi berbantuan *augmented reality* untuk meningkatkan kemampuan berpikir sistem yang telah dirancang agar dapat diperoleh produk yang valid, praktis dan efektif sebelum disebarluaskan. Pada tahap ini akan dihasilkan perangkat pembelajaran setelah perbaikan dengan acuan dari hasil masukan dan saran para ahli. Langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah sebagai berikut:

3.2.3.1 Validasi Ahli (*expert appraisal*)

Setelah dilakukan pengembangan produk awal, langkah selanjutnya adalah validasi atau uji kelayakan bertujuan untuk memperoleh data agar diketahui kelayakan dan valid tidaknya suatu produk dengan menggunakan kriteria - kriteria tertentu yang sudah disepakati. Validasi ahli yang dilakukan pada penelitian melibatkan 2 dosen ahli IPA dari FKIP Universitas Lampung untuk menilai kevalidan perangkat pembelajaran berdasarkan pada kriteria konstruksi, isi, dan kemenarikan, sehingga mendapatkan masukan dan kritik yang nantinya digunakan sebagai acuan perbaikan produk. Hasil produk yang telah divalidasi kemudian direvisi sesuai dengan saran dan masukan validator ahli sehingga dapat dihasilkan perangkat pembelajaran sistem koordinasi berbantuan *augmented reality* untuk meningkatkan keterampilan berpikir sistem. Hasil dari draft perangkat pembelajaran yang telah direvisi berdasarkan masukan dari ahli disebut sebagai draf II.

3.2.3.2 Uji Coba Pengembangan (*developmental testing*)

Developmental testing atau uji coba produk perangkat pembelajaran materi sistem koordinasi berbantuan *augmented reality* yang telah divalidasi oleh ahli dalam pembelajaran di kelas. Uji coba terdiri dari uji coba lapangan terbatas dan uji coba skala luas. Uji coba lapangan terbatas dilakukan terhadap 15 peserta didik untuk mengetahui kepraktisan penggunaan perangkat pembelajaran yang dikembangkan. Adapun uji coba skala luas dilakukan untuk menguji keefektifan dari perangkat pembelajaran berbantuan *augmented reality* yang dikembangkan dan

meningkatkan keterampilan berpikir sistem peserta didik. Uji coba dilakukan dengan desain *Quasi Eksperiment; The Matching Only Pretest-Posttest Non-Equivalent Control Group Design* (Fraenkel & Wallen, 2013). Desain ini bertujuan untuk menyelidiki kemungkinan hubungan sebab akibat dengan cara memberikan satu atau lebih perlakuan dan kemudian membandingkan hasilnya. Dalam desain ini kedua kelompok diberikan tes awal (*pretest*) dengan instrumen yang sama, kelompok eksperimen diberikan treatment dengan menggunakan perangkat pembelajaran berbantuan *augmented reality*, sedangkan kelompok kontrol diberi perlakuan dengan pembelajaran konvensional menggunakan *powerpoint* dan video pembelajaran. Setelah itu, kedua kelompok melakukan tes akhir (*posttest*), hasil kedua tes kemudian diolah dan dibandingkan. Desain eksperimen dalam penelitian ini ditunjukkan dalam Tabel berikut:

Tabel 3. 3 *The matching only pretest-posttest non-equivalent control group design*

Treatment Group	M	O ₁	X	O ₂
Control Group	M	O ₁	C	O ₂

(Fraenkel & Wallen, 2013)

Keterangan:

M : *Matching only*

O₁ : *Pretest*

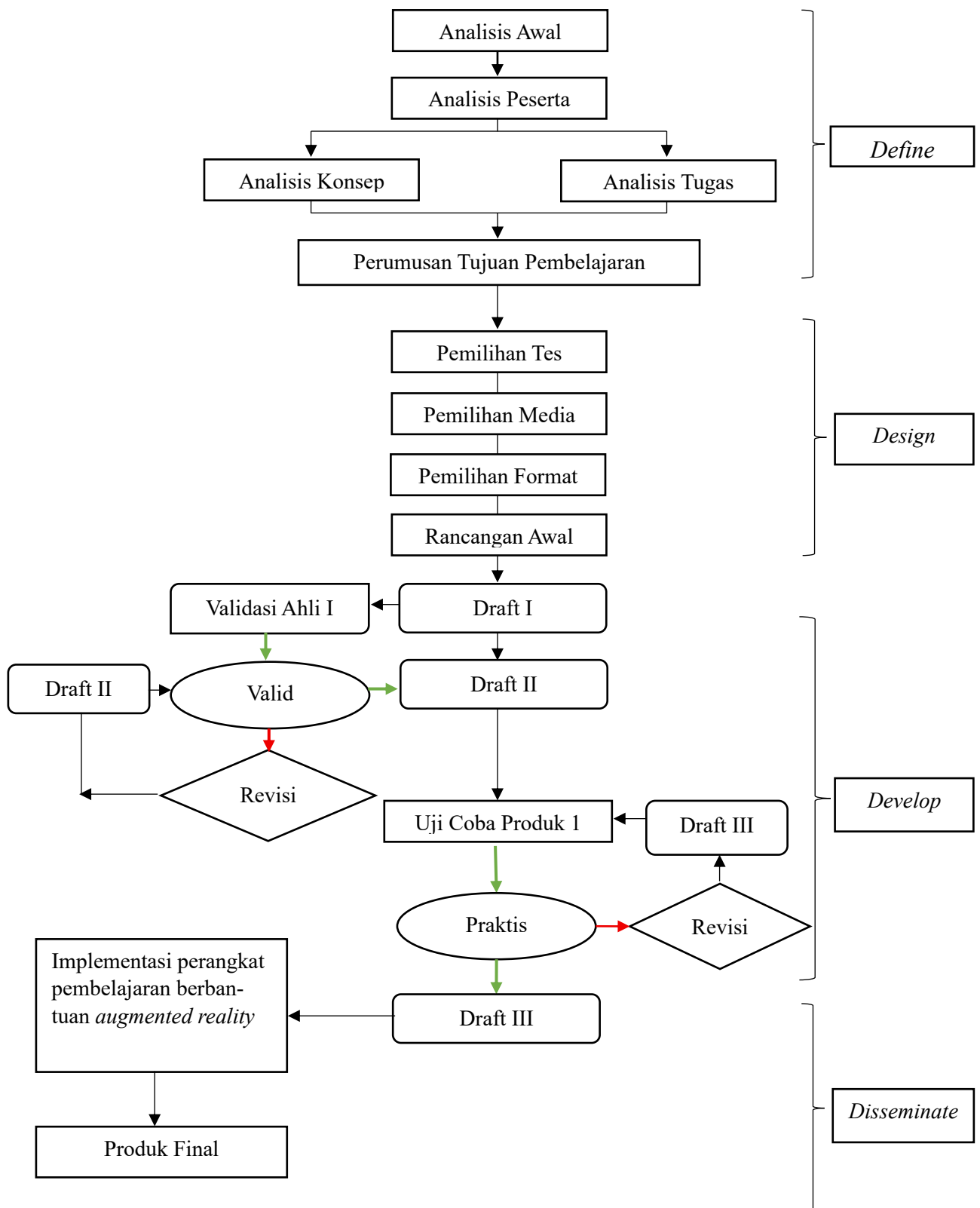
X : *Treatment* kelompok eksperimen

C : *Treatment* kelompok kontrol

O₂ : *Posttest*

4. Disseminate (Penyebaran)

Setelah dilakukan pengujian terhadap media pembelajaran yang dikembangkan, selanjutnya telah dilakukan kegiatan pengemasan (*packaging*), difusi (*diffusion*), dan adopsi (*adoption*). Kegiatan ini dilakukan agar perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan dapat dimanfaatkan oleh pendidik IPA lainnya. Produk perangkat pembelajaran tersebut diunggah dan disimpan dalam *google drive* untuk disebarluaskan sehingga perangkat pembelajaran tersebut dapat digunakan oleh pendidik IPA lainnya. Adapun alur penelitian ini digambarkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Alur Penelitian

3.3 Subjek dan Lokasi Penelitian

Pemilihan subjek penelitian telah dilakukan dengan menggunakan teknik *purposive sampling*. *Purposive sampling* merupakan teknik pengambilan sampel yang didasarkan pada suatu pertimbangan tertentu yang dibuat oleh peneliti sendiri, berdasarkan ciri atau sifat-sifat populasi yang sudah diketahui sebelumnya (Suyatna, 2017). Pertimbangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sekolah memiliki fasilitas internet yang baik, dan memperbolehkan peserta didik menggunakan *smartphone* ketika diperlukan dalam pembelajaran. Oleh karena itu, penelitian ini melibatkan subjek peserta didik kelas IX SMP Quran Darul Ikhlas Pringsewu.

3.4 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian adalah alat yang digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan data. Adapun instrumen yang telah digunakan pada penelitian ini adalah instrumen analisis kebutuhan pendidik dan peserta didik, instrumen validasi aspek kesesuaian konstruksi, isi, kemenarikan, tes keterampilan berpikir sistem, angket respon pendidik dan peserta didik terhadap perangkat pembelajaran serta angket uji keterlaksanaan pembelajaran.

3.4.1 Instrumen analisis kebutuhan perangkat pembelajaran

Instrumen yang telah digunakan dalam penelitian ini terdiri atas dua jenis, yaitu instrumen angket untuk pendidik dan instrumen angket untuk peserta didik. Instrumen angket respon bagi pendidik terdiri atas 21 butir pertanyaan, sedangkan instrumen untuk peserta didik mencakup 12 butir pertanyaan. Tujuan dari pemberian instrumen untuk mengetahui gambaran pemahaman dan penggunaan perangkat pembelajaran, pengetahuan tentang *augmented reality* materi sistem koordinasi, dan pengetahuan keterampilan berpikir sistem. Pengambilan data diberikan secara *online* menggunakan *google formulir*. Angket analisis awal ini berisi beberapa pertanyaan menggunakan skala Guttman yang memiliki jawaban: “Ya” dan “Tidak” dengan skor “1” dan “0” dengan memberikan alasan mengapa memilih jawaban tersebut.

Pengumpulan data dari instrumen ini dilakukan dengan cara mengelompokkan jawaban berdasarkan pertanyaan angket; memberikan skor pada setiap jawaban sesuai dengan kriteria penskoran; menghitung jumlah skor jawaban pada tahap pertanyaan; dan menghitung persentase skor pada setiap item pertanyaan.

3.4.2 Instrumen validasi kesesuaian konstruksi dan isi

Instrumen ini berbentuk angket yang telah disusun untuk mengetahui kesesuaian isi dan konstruksi perangkat pembelajaran berbantuan *augmented reality* materi sistem koordinasi untuk meningkatkan keterampilan berpikir sistem. Instrumen ini terdiri dari modul ajar, LKPD dan *handout* berbantuan *augmented reality*, serta soal *pretest posttest*. Instrumen ini ditujukan untuk divalidasi oleh dua dosen ahli dan direspon oleh dua praktisi guru IPA di SMP Quran Darul Ikhlas Pringsewu.

Adapun indikator penilaian pada aspek kesesuaian konstruksi yang telah disusun yaitu 14 pertanyaan mengenai kejelasan petunjuk pada perangkat pembelajaran, kelengkapan komponen dan kesesuaian bentuk instrumen perangkat pembelajaran. Selanjutnya pada aspek kesesuaian isi dengan soal yang telah disusun yaitu 32 pertanyaan meliputi kesesuaian capaian pembelajaran (CP), kesesuaian indikator pencapaian kompetensi, kesesuaian tujuan pembelajaran, kesesuaian langkah-langkah pembelajaran berdasarkan model pembelajaran, kedalaman dan keluasan materi serta tahap-tahap hierarki keterampilan berpikir sistem. Pada indikator aspek kemenarikan telah disusun 36 butir penilaian meliputi penggunaan bahasa hingga konsistensi dalam penulisan. Instrumen ini menggunakan skala likert 1-4 dan juga dilengkapi dengan kolom saran dimana validator dan dapat menuliskan saran atau masukan untuk perbaikan produk.

3.4.3 Soal *pretest* dan *posttest*

Soal *pretest* digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir sistem awal peserta didik sedangkan soal *posttest* digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir sistem peserta didik setelah dilaksanakan pembelajaran berbantuan *augmented reality*. Dalam penelitian ini, soal *pretest* dan *posttest* terdiri dari 8 soal essay

dengan respon terbuka. Soal *pretest* dan *posttest* ditujukan kepada 32 peserta didik kelas IX SMP Quran Darul Ikhlas Pringsewu dengan cara menuliskan jawaban pada lembar yang telah diberikan.

3.4.4 Instrumen respon guru dan siswa terhadap perangkat pembelajaran

Instrumen setelah intervensi yang digunakan dalam penelitian ini berupa angket respon pendidik dan peserta didik, yang bertujuan untuk mengetahui respon terhadap perangkat pembelajaran sistem koordinasi berbantuan *augmented reality* untuk meningkatkan keterampilan berpikir sistem. Instrumen respon pendidik diberikan kepada 2 orang guru observer dengan pertanyaan yang meliputi perangkat pembelajaran berbantuan *augmented reality*, kesesuaian dengan konteks materi dan pelaksanaannya di dalam pembelajaran, serta menilai seberapa praktis program ini digunakan. Rancangan instrumen terdiri dari 21 pernyataan, guru diminta untuk memberikan *checklist* (✓) pada rentang nilai (1-4) pada setiap pernyataan, selanjutnya nilai setiap pernyataan akan diakumulasikan.

Instrumen respon peserta didik diberikan kepada seluruh peserta didik setelah selesai mengikuti pembelajaran sistem koordinasi berbantuan *augmented reality*. Rancangan angket ini berisi 4 aspek, yaitu kemenarikan, kemudahan, kebermanfaatan dan ketepatan bahasa pada perangkat pembelajaran berbantuan *augmented reality* dalam meningkatkan keterampilan berpikir sistem. Instrumen menggunakan skala likert (1-4) dimana peserta didik diminta untuk memberikan *checklist* (✓) pada setiap pernyataan yang diberikan dan kemudian hasil yang didapatkan akan diakumulasikan secara matematis. Hasil akhir akan digunakan untuk melihat kepraktisan perangkat pembelajaran dari sudut pandang peserta didik.

3.4.5 Instrumen keterlaksanaan pembelajaran

Instrumen ini bertujuan untuk mengobservasi keterlaksanaan pembelajaran menggunakan perangkat pembelajaran berbantuan *augmented reality* yang diamati oleh pendidik. Instrumen keterlaksanaan pembelajaran terdiri dari bagian

pendahuluan, isi dan penutup. Lembar observasi diisi oleh pendidik yang berdasarkan pada pengamatan saat peneliti melaksanakan pembelajaran di kelas. Penilaian yang dilakukan oleh pendidik IPA dalam bentuk skala penilaian 1 sampai 4 menurut Skala *Likert*.

3.5 Teknik Analisis Data

3.5.1 Analisis data pada studi pendahuluan

Dideskripsikan dalam bentuk persentase, kemudian data yang diperoleh diinterpretasikan secara kualitatif.

Adapun kegiatan dalam teknik analisis data dilakukan dengan cara:

3.5.1.1 Mengkode atau mengumpulkan data, bertujuan untuk mengelompokkan respon berdasarkan pertanyaan angket.

3.5.1.2 Melakukan tabulasi data berdasarkan pengelompokan data yang dibuat, bertujuan untuk memberikan gambaran frekuensi dan kecenderungan dari setiap jawaban berdasarkan pertanyaan angket dan banyaknya responden

3.5.1.3 Memberi skor jawaban responden.

Penskoran jawaban responden dalam analisis data pendahuluan, uji kesesuaian isi dan uji konstruksi berdasarkan skala likert.

Tabel 3. 4 Penskoran pada angket kesesuaian isi dan konstruksi

Pilihan Jawaban	Skor
Sangat Setuju (SS)	4
Setuju (S)	3
Kurang Setuju (KS)	2
Tidak Setuju (TS)	1

3.5.1.4 Mengolah jumlah skor jawaban responden

Pengolahan jumlah skor (ΣS) jawaban angket adalah sebagai berikut:

- Skor untuk pernyataan Sangat Setuju (SS)
Skor = 4 x jumlah responden yang menjawab
- Skor untuk pernyataan Setuju (S)
Skor = 3 x jumlah responden yang menjawab
- Skor untuk pernyataan Kurang Setuju (KS)

Skor = 2 x jumlah responden yang menjawab

d. Skor untuk pernyataan Tidak Setuju (TS)

Skor = 1 x jumlah responden yang menjawab

3.5.1.5 Menghitung persentase skor angket pada setiap item mengadaptasi rumus sebagai berikut (Sudjana, 2005):

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

Keterangan:

$\%X_{in}$: Persentase jawaban responden

$\sum S$: Jumlah skor jawaban

S_{maks} : Skor maksimum

3.5.1.6 Menghitung rata-rata persentase skor pada angket penelitian pendahuluan dan angket uji ahli untuk mengetahui tingkat kesesuaian isi dan konstruksi perangkat pembelajaran yang dikembangkan dengan rumus sebagai berikut:

$$\%X_i = \frac{\sum \%X_{in}}{n}$$

Keterangan:

$\%X_i$: Rata-rata persentase jumlah terhadap pernyataan pada angket

$\sum \%X_{in}$: Jumlah persentase jawaban terhadap semua pernyataan pada angket

n : Jumlah pertanyaan pada angket

3.5.1.7 Pada analisis data penelitian awal dan validasi ahli serta respon pendidik dilakukan penafsiran skor secara keseluruhan dengan menggunakan tafsiran menurut (Arikunto, 2021).

Tabel 3. 5 Tafsiran Skor Lembar Validasi

Skor (Persentase)	Kriteria
76% - 100%	Valid
51% - 75%	Cukup Valid
26% - 50%	Kurang Valid
< 26%	Tidak Valid Valid

3.5.2 Analisis Data Validitas Produk

Data yang digunakan untuk mengetahui validitas produk diperoleh berdasarkan pengisian angket. Adapun kegiatan dalam teknik analisis validasi produk perangkat pembelajaran dilakukan dengan cara:

3.5.2.1 Mengolah Skor Jawaban Validator

Sistem penskoran angket validasi produk oleh ahli dilakukan dengan menggunakan skala *Likert*.

3.5.2.2 Menghitung persentase jawaban angket pada setiap pertanyaan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\%Xin = \frac{\sum S}{Smaks} \times 100\%$$

Keterangan:

%Xin : Persentase jawaban responden

$\sum S$: Jumlah skor jawaban

Smaks : Skor maksimum

3.5.2.3 Menafsirkan persentase jawaban lembar validasi secara keseluruhan dengan menggunakan tafsiran sebagai berikut.

Tabel 3.6 Persentase Skor Lembar Validasi

Interval Skor Hasil Penelitian	Kriteria
21%-36%	Tidak Valid
37%-52%	Kurang Valid
53%-68%	Cukup Valid
69%-84%	Valid
85%-100%	Sangat Valid

(Modifikasi dari Ratumanan dan Laurens, 2006)

3.5.3 Analisis Data Kepraktisan Produk

Data kepraktisan perangkat pembelajaran diukur dari penilaian produk oleh guru dan peserta didik terhadap perangkat pembelajaran yang dikembangkan serta lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran.

3.5.3.1 Analisis Data Respon Guru dan Siswa

Analisis data kemenarikan, kebermanfaatan dan ketepatan bahasa perangkat pembelajaran berbantuan *augmented reality* yang dikembangkan ditinjau dari respon guru dan peserta didik terhadap pelaksanaan pembelajaran menggunakan perangkat pembelajaran dilakukan dengan menghitung jumlah peserta didik yang memberikan respon positif dan negatif terhadap pelaksanaan pembelajaran. Kemudian menghitung persentase dan menafsirkan data dengan menggunakan tafsiran persentase Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Kriteria Tingkat Kemenarikan, Kebermanfaatan dan Ketepatan Bahasa

Persentase	Kriteria		
	Kemenarikan	Kebermanfaatan	Ketepatan Bahasa
21-36%	Sangat Tidak Menarik	Sangat Tidak Bermanfaat	Sangat Tepat
37-52%	Tidak Menarik	Tidak Bermanfaat	Tidak Tepat
53-68%	Cukup Menarik	Cukup Bermanfaat	Cukup Tepat
69-84%	Menarik	Bermanfaat	Tepat
85-100%	Sangat Menarik	Sangat Bermanfaat	Sangat Tepat

3.5.3.2 Analisis Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran

Data keterlaksanaan pembelajaran selanjutnya dihitung jumlah skor yang diberikan oleh observer untuk setiap aspek pengamatan, kemudian dihitung persentase ketercapaian dengan rumus berikut:

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Jumlah Skor}}{\text{Skor Maks}} \times 100\%$$

Hasil perhitungan persentase kemudian dikonversi sesuai kriteria yang diadaptasi dari Ratumanan & Laurens (2003). Kriteria keterlaksanaan pembelajaran dapat dilihat pada Tabel 3.8 berikut.

Tabel 3.8 Kriteria Tingkat Keterlaksanaan Pembelajaran

Persentase	Kriteria
21-36%	Sangat Rendah

Tabel 3.8 lanjutan

Persentase	Kriteria
37-52%	Rendah
53-68%	Sedang
69-84%	Tinggi
85-100%	Sangat Tinggi

3.5.4 Analisis Data Keefektifan Produk

Analisis dilakukan dengan menghitung *pretest* dan *posttest* keterampilan berpikir sistem. Sebelum digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir tingkat sistem, instrumen tes terlebih dahulu diukur untuk menentukan validitas dan reliabilitas pada soal-soal digunakan. Soal yang dapat digunakan sebagai alat ukur *pretest-posttest* yaitu soal-soal yang valid dan reliabel. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan uji nilai *N-Gain*, uji *Independent Sample T-Test*, dan uji dampak *Effect Size*. Uji-uji tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

3.5.4.1 Validitas

Validitas soal dilakukan dengan menggunakan teknik analisis pada program *SPSS 25.0*. Validitas soal instrumen tes ditentukan dengan membandingkan nilai r hitung dan r tabel. Nilai r hitung didapatkan dari hasil perhitungan dengan *SPSS 25.0* dan nilai r tabel (uji *Product Moment*) didapatkan dari tabel nilai kritik sebaran r dengan jumlah sampel yang digunakan (n) dan taraf signifikansi 5%. Jika harga r hitung = r tabel item soal dikatakan valid, dan jika sebaliknya maka soal dikatakan tidak valid (Arikunto, 2010). Adapun tolak ukur untuk menginterpretasikan validitas instrumen yang diperoleh, dapat dilihat pada Tabel 3.9 sebagai berikut:

Tabel 3.9 Interpretasi Validitas Instrumen

Koefisien Validitas (r_{xy})	Interpretasi
$0,81 < r_{xy} \leq 1,00$	Sangat Tinggi
$0,61 < r_{xy} \leq 1,00$	Tinggi
$0,41 < r_{xy} \leq 1,00$	Cukup
$0,21 < r_{xy} \leq 1,00$	Rendah
$0,00 < r_{xy} \leq 1,00$	Sangat Rendah

(Arikunto, 2010)

3.5.4.2 Reliabilitas Soal

Reliabilitas digunakan untuk mengetahui sejauh mana instrumen yang digunakan dapat dipercaya. Uji reliabilitas dilakukan dengan menggunakan program *SPSS 25.0*. dengan menggunakan rumus *Alpha Cronbach*. Adapun tolak ukur untuk menginterpretasikan derajat reliabilitas instrumen yang diperoleh sebagai berikut:

Tabel 3.10 Interpretasi Reliabilitas Instrumen

Derajat Reliabilitas (r_{11})	Kriteria
$0,80 < r_{11} \leq 1,00$	Sangat tinggi
$0,60 < r_{11} \leq 0,80$	Tinggi
$0,40 < r_{11} \leq 0,60$	Sedang
$0,20 < r_{11} \leq 0,40$	Rendah
$0,00 < r_{11} \leq 0,20$	Tidak reliabel

(Arikunto, 2010)

3.5.4.3 *N-Gain*

Uji *N-Gain* digunakan untuk mengukur seberapa besar peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa setelah dilaksanakan pembelajaran. Data yang diperoleh dari hasil *pretest-posttest*, maka dilakukan analisis nilai *gain* ternormalisasi (*N-Gain*). Rumus *N-Gain* menurut (Hake, 2002) sebagai berikut:

$$N - Gain = \frac{\text{Nilai Posttest} - \text{Nilai Pretest}}{\text{Skor Maksimal Ideal} - \text{Nilai Pretest}}$$

Hasil perhitungan *N-Gain* kemudian dikategorikan dengan klasifikasi pada Tabel 3.11. berikut ini:

Tabel 3. 11 Kategori *n-gain*

Persentase (%)	Kategori
$n\text{-gain} \geq 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq n\text{-gain} < 0,7$	Sedang
$n\text{-gain} < 0,3$	Rendah

Sumber: Hake (2005)

3.5.4.4 Pengujian Hipotesis

Data hasil *pretest-posttest* yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan pengujian hipotesis melalui uji Normalitas, uji Homogenitas, uji *Independent Sample T-Test*, dan uji *Effect Size*.

a) Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui sebaran distribusi data yang diperoleh (normal atau tidak normal). Data yang diuji berupa nilai *N-Gain* hasil *pretest* dan *posttest*. Uji normalitas dilakukan dengan menggunakan program *SPSS for windows versi 25.0*. Uji ini menggunakan uji *One Sample Kolmogorov-Smirnov Test*. Kriteria pengambilan keputusan didasarkan pada nilai signifikansi yang telah diperoleh. Apabila nilai signifikansi *asympt.Sig (2-tailed)* $> 0,05$ maka H_0 diterima dan data berdistribusi normal.

b) Uji Homogenitas

Uji homogenitas berguna untuk meyakinkan bahwa sampel memiliki varians yang homogen. Uji homogenitas menggunakan program *SPSS for windows versi 25.0* yang dilakukan menggunakan uji *Levene Test* dengan taraf signifikansi 95% dan $(\alpha) = 0,05$. Kriteria pengambilan keputusan didasarkan pada nilai signifikansi yang telah diperoleh. Apabila nilai signifikansi *asympt.Sig (2-tailed)* $> 0,05$ maka H_0 diterima dan data homogen.

c) Uji *Independent Sample T-Test*

Uji *Independent Sample T Test* dilakukan untuk mengetahui perbedaan antara keterampilan berpikir sistem sebelum dan sesudah diterapkan pembelajaran menggunakan perangkat pembelajaran berbantuan *augmented reality* dengan membandingkan nilai rerata *N-Gain pretest* dan *posttest* pada masing-masing kelas uji coba (eksperimen dan kontrol). Uji ini dilakukan dengan program *SPSS for windows versi 25.0*. Hipotesis yang diajukan untuk nilai *pretest* adalah sebagai berikut

H_0 : Tidak ada perbedaan *N-Gain* antara siswa kelas eksperimen dan kontrol

H_1 : Ada perbedaan *N-Gain* antara kelas eksperimen dan kontrol

d) Uji *Effect Size*

Effect size merupakan ukuran kuat lemahnya hubungan atau besar dan kecilnya kontribusi penerapan perangkat pembelajaran berbantuan *augmented reality*

terhadap peningkatan keterampilan berpikir peserta didik. Perhitungan *effect size* dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$d = \frac{\mu_{true} - \mu_{hyp}}{\sigma}$$

$$\sigma = \frac{\sqrt{SD_1^2 + SD_2^2}}{2}$$

$$d = \frac{M_2 - M_1}{\sqrt{\frac{SD_1^2 + SD_2^2}{2}}}$$

Keterangan:

d : *Effect size*

μ_{true} : Rata-rata kelas eksperimen

μ_{hyp} : Rata-rata kelas kontrol

σ : Standar deviasi (*standardized mean difference*)

SD_1^2 : Standar deviasi kelompok eksperimen

SD_2^2 : Standar deviasi kelompok kontrol

Hasil perhitungan *effect size* dikategorikan dengan menggunakan klasifikasi pada Tabel 3.12

Tabel 3. 12 Kategori *Effect Size*

Nilai <i>Effect Size</i>	Kategori Cohen
$0,8 \leq d \leq 2$	Besar
$0,5 \leq d \leq 0,8$	Sedang
$0,2 \leq d \leq 0,5$	Kecil

Sumber: (Cohen, 2007)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun Kesimpulan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perangkat pembelajaran sistem koordinasi berbantuan *augmented reality* memiliki karakteristik yaitu, modul pembelajaran diintegrasikan dengan model pembelajaran *discovery learning* karena model ini menekankan keterlibatan aktif peserta didik dalam menemukan konsep secara mandiri melalui proses *stimulation, problem statement, data collection, data processing, verification, generalization; handout* dilengkapi dengan visualisasi yang disajikan dalam bentuk objek tiga dimensi yang menyerupai kondisi nyata untuk mengkonkretkan konsep yang bersifat abstrak pada materi sistem koordinasi; Setiap LKPD dirancang dengan mengintegrasikan model pembelajaran *discovery learning*, sehingga aktivitas pembelajaran disusun untuk mendorong peserta didik menemukan konsep secara mandiri. Selain itu, soal-soal yang terdapat dalam LKPD disusun berdasarkan hierarki berpikir sistem menurut Keynan *et al.*, (2014).
2. Perangkat pembelajaran materi sistem koordinasi berbantuan *augmented reality* yang dikembangkan dinyatakan praktis untuk digunakan dalam pembelajaran. Kepraktisan tersebut ditunjukkan oleh hasil angket penilaian produk oleh guru yang mencapai persentase sebesar 95,7% dengan kategori sangat tinggi, hasil angket penilaian produk oleh peserta didik sebesar 97,22% dengan kategori sangat tinggi, serta keterlaksanaan pembelajaran yang memperoleh persentase sebesar 92,5% dengan kategori sangat tinggi.
3. Perangkat pembelajaran materi sistem koordinasi berbantuan *augmented reality* yang dikembangkan dinyatakan efektif dalam melatih keterampilan

berpikir sistem peserta didik. Hal ini ditunjukkan melalui rata-rata nilai *n-Gain* sebesar 0,75 dengan kategori tinggi, nilai *posttest* kelas eksperimen yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol (88 dan 70), serta nilai *effect size* sebesar 1,951 yang termasuk kategori tinggi. Hasil ini menunjukkan adanya peningkatan keterampilan berpikir sistem peserta didik setelah mengikuti pembelajaran menggunakan perangkat pembelajaran berbantuan *augmented reality*.

5.2 Saran

Adapun saran dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perangkat pembelajaran materi sistem koordinasi berbantuan *augmented reality* perlu dikembangkan lebih lanjut seperti membuat proses animasi 3D yang memperlihatkan stimulus pada sistem koordinasi.
2. Sebaiknya perlu dikembangkan multiuser *augmented reality* yang memungkinkan peserta didik bekerja secara kolaboratif dalam lingkungan *augmented reality*, karena peserta didik dapat bersama-sama menganalisis struktur sistem koordinasi, alur impuls saraf, hingga dampak perubahan pada bagian tertentu.
3. Perlu dikembangkan perangkat *augmented reality* yang tidak hanya menampilkan objek 3D, tetapi juga dilengkapi fitur penilaian otomatis terkait indikator keterampilan berpikir sistem, seperti kemampuan mengidentifikasi komponen, hubungan antar komponen, pola interaksi, dan prediksi dampak perubahan. Selain itu, sistem AR dapat dibuat responsif sehingga peserta didik mendapatkan umpan balik langsung ketika menjawab atau melakukan eksplorasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, E. Y., & Dalia, S. (2024). Analisis Kesulitan Guru dalam Mengembangkan Capaian Pembelajaran, Tujuan Pembelajaran, dan Alur Tujuan Pembelajaran pada Modul Ajar di Sekolah Dasar. *Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru*. 10(1). 305-317.
- Ansyah, E., Himmah, N., & Indriyani, S. (2021). Pengembangan LKPD IPA berbasis Problem Based Learning pada materi Pencemaran Lingkungan untuk siswa SMP kelas VII. *JPT: Jurnal Pendidikan Tematik*. 2(3). 283-288.
- Anwar, M. S., Ratnasari, D., & Lestari, D. P. (2025). Kurikulum Merdeka Sebagai Upaya Peningkatan Kualitas Pendidikan Pada Abad 21 Di Pendidikan Dasar. *Jurnal PGSD. Jurnal Ilmiah Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 18(1), 13-20. DOI: <https://doi.org/10.33369/pgsd.18.1.13-20>
- Arikunto, S. (2010). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Aritonang, F. W. R., Ilma, R., Rani, H., & Widya, A. (2024). Analisis Penerapan Model Pembelajaran PjBL dan Konsentrasi Belajar Siswa Pada Materi Sistem Koordinasi di SMA Negeri 1 Pancur Batu. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*. 10(2). 162-171.
- Arnold, R.D, & Wade, J. (2015). *A Definition of Systems Thinking, A Systems Approach*. Stevens Institute: Castle Point on Hudson. Hoboken NJ: USA.
- Arrohman, D.A., & Tri, S. (2023). Analisis Keragaman Peserta Didik dan Implementasi Kurikulum Merdeka Pada Mata Pelajaran Fisika. *Journal of Science and Education Research*. 2(2). 1-11.
- Ashari, D. (2023). Analisis Pemanfaatan Media Pembelajaran *Augmented Reality* (AR) untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis. *Jurnal Ilmiah Kependidikan*. 17(1). 176-185.
- Assaraf, O. (2019). High School Student “Understanding of the Human Body System”. *Journal of Research in Science Education*. 33 – 56.
- Bacca, J., Universitaria, F., Lorenz, K., Baldiris, S., & Fabregat, R. (2019).

Framework for designing motivational augmented reality applications in vocational education and training. 35(3). 102-117.

- Baddeley, A. (1992). Working memory: The interface between memory and cognition. *Journal of Cognitive Neuroscience.* 4(3). 281-288.
- Badriyah, L., As'ari, A.R., & Susanto, H. (2017). Analisis Kesalahan dan Scaffolding Siswa Berkemampuan Rendah dalam Menyelesaikan Operasi Tambah dan Kurang Bilangan Bulat. *Jurnal Pendidikan, Teori, Penelitian, dan Pengembangan.* 2(1). 50-57.
- Bodner, G.M. (1986). Constructivism, A theory of knowledge. *Journal of Chemical Education.* 63(10). 873-885.
- Buyung, B., & Djiwanto, D. (2017). Analisis Kemampuan Literasi Matematis melalui Pembelajaran Inkuiri dengan Strategi Scaffolding. *Unnes Journal of Mathematics Education Researc.,* 6(1). 112-119.
- Chairani, Z. (2015). Scaffolding Dalam Pembelajaran Matematika 5. *Math ` Didactic. Jurnal Pendidikan Matematika.* 1(1). 39-44.
- Checkland, P. B. (1988). Information systems and systems thinking: Time to unite? *International Journal of Information Management.* 8(4). 239-248.
- 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.* 12(4). 1-11.
- Dünser, A., Kaufmann, H., Steinbügl, K., & Glück, J. (2006). *Virtual and augmented reality as spatial ability training tools.* In *Proceedings of the CHINZ 2006:* ACM Press. hlm. 125-132).
- Fahrunnisa, S., Yusuf, M., & Murniati, A. (2023). Penggunaan Model CORE Berbantuan Nearpod dalam Pembelajaran Sistem Saraf. *Bioedusiana: Jurnal Pendidikan Biologi.* 11(1). 33-41.
- Fajriyyah, U. N., Firdaus, F., & Muntaha, D. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran AR (*Augmented Reality*) pada Materi Kelistrikan untuk melatih keterampilan Berpikir Abstrak Peserta Didik. *BIOCHEPHY: Journal of Science Education.* 4(2). 572-578.
- Fathurrahman, M.M., Fajri, I., & Mardiah, A. (2025). Inovasi Kurikulum Berbasis Kompetensi, Masyarakat, Keterpaduan, dan KKNi dalam Era Globalisasi. *JKIP: Jurnal Kajian Ilmu Pendidikan.* 6(2). 400-408.
- Ferrer-Torregrosa, J., Torralba-Estelles, J., Jiménez-Rodríguez, M. Á., García, S.,

- & Barcia, J. M. (2015). *ARBOOK: Development and assessment of a tool based on augmented reality for anatomy. Journal of Science Education and Technology*. 24(1). 119-124.
- Fitriyah, I. J., Setiawan, A. M., Marsuki, M. F., & Hamimi, E. (2023). Development of Augmented Reality Assisted Learning Media to Improve Concept Understanding of Chemical Bonding Topics. *Jurnal Pembelajaran Sains*. 4(2). 61-66.
- Fosnot, C.T., & Perry, R.S. (1996). *Constructivism, Theory, Perspectives, and Practice (Second Edition)*. New York: Teachers College Columbia University.
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2013). *How to Design and Evaluate Research in Education* (8th ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- Gilbert, L. A, Deborah, S. G, & Karl J. K. (2018). Developing Undergraduate Students System Thinking Skills with an InTeGrate Module. *Journal of Geoscience Education*. 6(7). 1-16.
- Gilissen, M. G. R., Knippels, M. C. P. J., & van Joolingen, W. R. (2020). Bringing systems thinking into the classroom. *International Journal of Science Education*. 42(8).
- Hake, R. R. (1998). *Analyzing Change/Gain Score*. USA: Dept, Of Physics. Indiana University.
- Hamdani, R. (2011). *Strategi belajar mengajar*. Bandung: Pustaka Setia.
- Handayani, M., Trisnaningsih, T., & Sinaga, R. M. (2021). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Sejarah berbasis saintifik dalam meningkatkan karakter siswa kelas XI IPS. *Jurnal Studi Sosial (Journal of Social Studies)*. 8(1). 173-183.
- Haniyah, A., & Ghullam, H. (2022). Analisis Kemampuan Berpikir Sistem Berbasis *Education for Sustainable development* di Sekolah Menengah. *Jurnnal Ilmiah Pendidikan Guru*. 9(2). 207-220.
- Hamijayan N. F., Tri. W. A., & Milla. L. (2023). Assesment Peta Konsep terhadap Keterampilan Berpikir Sistem (KBS) pada Materi Sistem Imun. *Gunung Jati Conference Series*. 30 (1). 281-286.
- Herawati, S. (1999). *Pembelajaran Biologi Dengan Pendekatan STM dan Filosofi Konstruksivisme*.
- Hrin, T. N., Milenković, D. D., Segedinac, M. D., & Horvat, S. (2017). Systems thinking in chemistry classroom: The influence of systemic synthesis questions on its development and assessment. *Thinking Skills and Creativity*. 23. 175-187.

- Jahro, I. S., Syahputra, & Hermawan. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran Augmented Reality untuk Kurikulum Merdeka di SMPN 14 Binjai. *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat Universitas Negeri Medan*. 110-113.
- Jayanti, M. A., & Kartika, R. P. (2023). Pengembangan e-modul berbasis PBL untuk meningkatkan kemampuan analisis dan rasa ingin tahu siswa. *Jurnal Inovasi Pembelajaran*. 9(1). 112-127.
- Kemendikbudristek. (2022). *Buku Saku: Tanya Jawab Kurikulum Merdeka*. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset Dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset Dan Teknologi. 9-46.
- Keynan, A., Orit, B. Z. A., & Daphne, G. (2014). The repertory grid as a tool for evaluating the development of student's ecological system thinking abilities. *Studies in educational evaluation*. 14. 90-105.
- Lestari, N. F. (2016). Using Visual Scaffolding Strategy for Teaching Reading in Junior High School. *ELT Perspective*. 4(2). 131-138.
- Liu, L., & Hmelo-Silver, C. E. (2009). Promoting complex systems learning through the use of conceptual representations in hypermedia. *Journal of Research in Science Teaching*. 46(9). 1023-1040.
- Majid, A. (2011). *Perencanaan pembelajaran: Mengembangkan standar kompetensi guru*. Remaja Rosdakarya. Bandung.
- Mar, N. A., Agustina, T. W., & Yuliawati, A. (2023). Keterampilan berpikir sistem siswa dalam pembelajaran berbasis proyek. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi ke-4*. 30. 258-268.
- Masri, M., Surani, D., & Fricticarani, A. (2023). Pengaruh penggunaan media Augmented Reality Assemblr Edu dalam meningkatkan minat belajar siswa SMP pada topik sistem pencernaan manusia. *Jurnal Penelitian, Pendidikan dan Pengajaran (JPPP)*. 4(3).
- Mawarni, D. (n.d.). *Berpikir sistem untuk penguatan sistem kesehatan* (2009th ed.).
- Mayer, RE dan Moreno, R. (1997). A cognitive Theory of Multimedia Learning: Implication for Design Principles. *Journal of educational technologies*. (24). 345- 376.
- Mayer, R. E. (2005). Mayer2005Ch3.Pdf. *Cognitive Theory of Multimedia Learning*.
- Mayer, R. E., & Clark, R. (2002). Psychology (Vol II): Teaching for Meaningful Learning. *Performance Improvement*. 2(4). 41-43.

- Mayer, R. E., & Moreno, R. M. (2003). Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning. *Educational Psychologist: A Special Issue of Educational Psychologist*. 38(1). 43-52.
- Mayer, R.E. (2009). *Multimedia learning*. Cambridge University Press. New York
- Mayer, R. E. (2014). Multimedia Instruction. Spector, J. M., Elen, J., Merrill, M. D., Bishop, M. J. (Eds). *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* Springer. New York. 385-399.
- Meltzer, D. E. (2005). Relation between students' problem-solving performance and representational format. *American Journal of Physics*, 73(5), 463–478.
- Mustaqim, I., & Kurniawan, N. (2017). Pengembangan media pembelajaran berbasis Augmented Reality. *Jurnal Edukasi Elektro*. 1(1). 37-48.
- Nuraeni, R., Setiono, S., & Himatul, A. (2020). Profil Kemampuan Berpikir Sistem Siswa Kelas XI SMA pada Materi Sistem Pernapasan. *Pedagogi Hayati*. 4(1). 1- 9.
- Orgill, M., York, S., dan MacKellar, J. (2019). Introduction to Systems Thinking for the Chemistry Education Community. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2720-2729.
- Paivio, A. (1986). *Mental Representation*. New York. Oxford University Press.
- Parani, P. S. R., Sukarso, A. A., & Khairuddin. (2023). Using Augmented Reality Virus (VAR) Application Media to Improve High School Students' Disposition and Creative Thinking Skills. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan IPA*. 9(4). 2288-2295.
- Piaget, J. (1953). *The origins of intelligence in children*. New York: Basic Books.
- Ponto, C. F., & Linder, N. P. (2011). *Sustainable tomorrow: A teachers' guidebook for applying systems thinking to environmental education curricula*. Association of Fish & Wildlife Agencies.
- Powell, K.C., & Kalina, C.J. (2009). Cognitive and social constructivism, developing tools for an effective classroom. *Education*. 130(2). 241-250.
- Prasetyo, G. Y., Huda, C., & Mushafanah, Q. (2023). Pengembangan modul berbasis augmented reality pembelajaran IPAS materi tata surya kelas VI untuk meningkatkan hasil belajar siswa SDN Sendangsoko. *J-CEKI: Jurnal Cendekia Ilmiah*. 4(4). 634-641.
- Prastowo, A. (2011). *Panduan kreatif membuat bahan ajar inovatif*. Diva Press. Yogyakarta.

- Prit, D., Mantri, A., & Horan, B. (2020). Science Direct Enhancing Student Motivation with use of Augmented Reality for Interactive Learning in Engineering Education. *Procedia Computer Science*. 172(19). 881-885.
- Putra, A. P., & Widodo, T. (2022). Membangun media pembelajaran berbasis Augmented Reality pada mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Sosial kelas VI. *Indonesian Journal of Business Intelligence (IJUBI)*. 1(2). 112-120.
- Rahmatiah, R., Koes H., S., & Kusairi, S. (2017). Pengaruh Scaffolding Konseptual dalam Pembelajaran Group Investigation Terhadap Prestasi Belajar Fisika Siswa SMA dengan Pengetahuan Awal Berbeda. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*. 2(2). 45-54.
- 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*, 2(1), 260.
- Retnaningtiyas, T. A., Suprpto, N., & Achmadi, H. R. (2021). Studi literatur pemanfaatan media augmented reality untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. *IPF: Inovasi Pendidikan Fisika*. 10 (1). 39-49.
- Richmond, B. (1994). Systems thinking/systems dynamics: Let's just get on with it [Lecture notes]. *International Systems Dynamic Conference*, 25.
<https://iseesystems.com/resources/articles/download/lets-just-get-on-with-it.pdf>
- Rima, R., Munandar, A., & Anggraeni, S. (2020). Pengembangan kegiatan praktikum pemodelan efek rumah kaca untuk siswa SMA pada materi perubahan lingkungan. *Assimilation: Indonesian Journal of Biology Education*. 3(1). 34-38.
- Roehler, L. R., & Cantlon, D. J. (1997). Scaffolding, A powerful tool in social constructivist classrooms. In K. Hogan & M. Pressley (Eds.), *Scaffolding student learning, Instructional approaches and issues*. USA: Brookline Books.
- Roehl, A., Reddy, S.L., & Shannon, G.J. (2013). The Flipped Classroom, An Opportunity to Engage Millennial Student Through Active Learning Strategies. *Journal of Family and Consumer Sciences*. 105(2). 44-49.
- Roosita, B., Lestari, D. P., & Setyawan, A. (2022). Keterkaitan media interaktif dengan semangat belajar peserta didik. *EduCurio: Education Curiosity*. 1(1). 117-122.
- Roychoudhury, A., Shepardson, D., Hirsch, A., Niyogi, D., Mehta, J., & Top, S. (2017). The Need to Introduce System Thinking in Teaching Climate Change. *Science Educator*. 25(2). 73-81.
- Salirawati, D. (2006). Penyusunan dan kegunaan LKS dalam proses pembelajaran. *Jurnal Kependidikan*. 38(1). 1-15.

- Sani, R. A. (2022). *Pembelajaran Berbasis Proyek untuk Meningkatkan Profil Pelajar Pancasila*. Bumi Aksara. Medan.
- Santoso, S. (2010). *Mastering SPSS 18*. PT Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Sari, I. P. N., & Dharma. F. (2024). Analisis Kesulitan Belajar Siswa pada Mata Pelajaran Biologi SMA. *BIOFER, J.Bio. & Pend. Bio.* 9(2). 172-181.
- Schuler, S., Fanta, D., Rosenkraenzer, F., & Riess, W. (2018). 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.* 42(2). 192-204.
- Setiawan, W., & Suyatno. (2023). Integrasi Profil Pelajar Pancasila dalam Kurikulum Merdeka melalui pendekatan interdisipliner. *Jurnal Pendidikan Inovatif.* 8(1). 45-59.
- Sidin, U. S. (2016). Penerapan Strategi Scaffolding pada Pembelajaran Pemograman Web di SMK Wirabuana 1. *Jurnal Publikasi Pendidikan.* 1(3). 189-194.
- Sholikhah, A. M., Bachrib, B. S., & Dewi, U. (2024). Pengembangan media pembelajaran augmented reality berbasis Problem Based Learning dalam materi virus biologi. *JiIP – Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan.* 7(3). 2663-2668. <https://doi.org/10.54371/jiip.v7i3.3549>
- Sudatha, I. G. W. (2017). Penggunaan Model ADDIE untuk Mengembangkan Multimedia Visualisasi Dinamis pada Mata Pelajaran IPA Kelas VIII. *Seminar Nasional Riset Inovatif.* 462-467
- Sudjana. (2005). *Metode dan Teknik Pembelajaran Partisipatif*. Falah Production. Bandung
- Sullivan, G. M., & Feinn, R. (2012). Using Effect Size or Why the P Value Is Not Enough. *Journal of Graduate Medical Education.* 4(3). 279-282.
- Suyatna, A. 2017. *Uji Statistik Berbantuan SPP Untuk Penelitian Pendidik*. Jakarta. Media Akademi.
- Thiagarajan, S. 1974. *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children A Source Book*. Indiana. ERIC.
- Treagust, D. F., & Duit, R. (2008). Conceptual change: a discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. *Cultural Studies of Science Education*, 3(2), 297–328.
- Trihendradi. (2009). *Step By Step SPSS 16: Analisis Data Statistik*. CV Andi Carter, William. Yogyakarta.

- Töman, U., & di dkk. (2013). Extended Worksheet Developed According To 5E Model Based on Constructivist Learning Approach. *International Journal on New Trends in Education and Their Implications*. 4(10). 173-183.
- Utami, E., & Muhyiatul. F. (2023). Hubungan Motivasi Dan Minat Belajar Dengan Hasil Belajar. *Symbiotic: Journal of Biological Education and Science*. 3(2). 65-70.
- Vachliotis, T., Salta, K., & Tzougraki, C. (2021). Developing basic systems thinking skills for deeper understanding of chemistry concepts in high school students. *Thinking Skills and Creativity*. 41.100881.
- Vygotsky, L.S. (1978). *Mind in society, The development of higher psychological processes*. Cambridge: Harvard University Press.
- Wang, X., Wang, H., & Zhang, C. (2022). A literature review of social commerce research from a systems thinking perspective. *Systems*. 10(3). 56.
- Wartoyo, B. P., Muhammad, A., & Arman, M. A. (2023) *Mudah Membuat Augmented Reality*. PT INTENSE Mojokerto Bintang Sembilan. Mojokerto.
- Weinert, F.E. (2001). *Concept of Competence, A Conceptual Clarification*. In D.S. Rychen and L.H. Salganik (Eds., *Defining and Selecting Key Competencies*. Seattle: Hogrefe & Huber.
- Widjajanti, E. (2008). *Pelatihan Penyusunan LKS Mata Pelajaran Kimia Berdasarkan KTSP bagi Guru*. FMIPA UNY. Yogyakarta.
- Widodo, C. S., & Jasmadi. (2008). *Panduan menyusun bahan ajar berbasis kompetensi*. PT. Jpress. Jakarta.
- York, S., Lavi, R., Dori, Y. J., & Orgill, M. (2019). Applications of Systems Thinking in STEM Education. *Journal of Chemical Education*. 96(12).
- Zoller, U., & Nahum, T. L. (2011). *From Teaching to KNOW to Learning to THINK in Science Education. Second International Handbook of Science Education*. Berlin: Springer. Dordrecht.
- Wheeler, S. (2013). *ZPD and scaffolding [Diagram]*. University of Plymouth. MLA Style: Wheeler, Steve. *ZPD and Scaffolding*. University of Plymouth, 2013. Diagram