

**PENGEMBANGAN MODUL AJAR INTERAKTIF BERBASIS
DEEP LEARNING TERINTEGRASI STEM-PBL UNTUK
MENINGKATKAN LITERASI SAINS DAN
KOMUNIKASI ILMIAH PADA MATERI
SISTEM ORGAN MANUSIA
DI KELAS V SD**

(Tesis)

Oleh

**WINDA OKTAVIANA
2423053003**



**MAGISTER KEGURUAN GURU SEKOLAH DASAR
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

PENGEMBANGAN MODUL AJAR INTERAKTIF BERBASIS *DEEP LEARNING* TERINTEGRASI STEM-PBL UNTUK MENINGKATKAN LITERASI SAINS DAN KOMUNIKASI ILMIAH PADA MATERI SISTEM ORGAN MANUSIA DI KELAS V SD

Oleh

WINDA OKTAVIANA

Penelitian ini bertujuan mengembangkan modul ajar interaktif berbasis *deep learning* yang terintegrasi dengan pendekatan *STEM* dan model *Problem Based Learning (PBL)* untuk meningkatkan literasi sains dan komunikasi ilmiah peserta didik pada materi Sistem Organ Pencernaan Manusia kelas V SD. Masalah penelitian berangkat dari rendahnya literasi sains dan komunikasi ilmiah siswa Indonesia, dominannya penggunaan modul ajar konvensional yang minim visualisasi dan aktivitas interaktif, serta belum tersedianya modul ajar interaktif berbasis *deep learning* terintegrasi *STEM-PBL* yang secara khusus dirancang untuk materi sistem organ manusia di sekolah dasar. Penelitian menggunakan metode campuran (*mixed method*) dengan pendekatan *Research and Development (R&D)* berlandaskan *Design and Development Research (DDR)* melalui tahapan *analysis, design development, implementation* dan *evaluation*. Produk yang dikembangkan berupa modul ajar interaktif IPAS yang mengintegrasikan prinsip *mindfulness, meaningfulness, dan joyfulness* dalam sintaks pembelajaran *STEM-PBL (stimulation, exploration, discovery, application, communication, dan reflection)*. Hasil validasi oleh ahli materi, media, dan bahasa menunjukkan tingkat kevalidan sebesar 85,83% dengan kategori sangat valid, sedangkan uji kepraktisan yang mencakup keterlaksanaan, keterbacaan, dan kemenarikan pembelajaran mencapai 89% dengan kategori sangat praktis. Efektivitas modul ajar tercermin dari peningkatan literasi sains dan komunikasi ilmiah yang ditunjukkan oleh nilai *N-gain* pada kategori

sedang hingga tinggi dan hasil uji *ANCOVA* dengan nilai signifikansi $0,000 < 0,05$, sehingga terdapat perbedaan peningkatan yang signifikan antara kelas yang menggunakan modul ajar interaktif berbasis *deep learning* terintegrasi *STEM-PBL* dan kelas yang menggunakan modul ajar konvensional.

Kata Kunci: Modul Ajar Interaktif, *Deep Learning*, STEM, *Problem-Based Learning* (PBL), Literasi Sains, Komunikasi Ilmiah

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF AN INTERACTIVE TEACHING MODULE BASED ON DEEP LEARNING INTEGRATED WITH STEM-PBL TO IMPROVE SCIENCE LITERACY AND SCIENTIFIC COMMUNICATION ON HUMAN ORGAN SYSTEM MATERIAL FOR GRADE V ELEMENTARY SCHOOL

By

WINDA OKTAVIANA

This study aims to develop an interactive teaching module based on deep learning integrated with the STEM approach and the Problem Based Learning (PBL) model to improve students' scientific literacy and scientific communication on the topic of the human digestive system in fifth-grade elementary school. The study is grounded in the low level of Indonesian students' scientific literacy and scientific communication, the dominant use of conventional teaching modules with limited visualization and interactive activities, and the unavailability of an interactive teaching module based on deep learning integrated with STEM-PBL specifically designed for the human organ system topic in elementary schools. The research employed a mixed-method design with a Research and Development (R&D) approach based on Design and Development Research (DDR), which consisted of the stages of analysis, design development, and implementation and evaluation. The product developed was an interactive IPAS (science) teaching module that integrates the principles of mindfulness, meaningfulness, and joyfulness within the STEM-PBL learning syntax (stimulation, exploration, discovery, application, communication, and reflection). Validation results from material, media, and language experts showed a validity level of 85.83%, which is categorized as very valid, while practicality testing, covering implementation, readability, and attractiveness of learning, reached 89%, which is categorized as very practical. The effectiveness of the teaching module is reflected in the improvement of students' scientific literacy and scientific communication, as indicated by N-gain values in the medium to high category and by the ANCOVA test result with a significance value of $0.000 < 0.05$, demonstrating a significant difference in improvement between

the class using the interactive teaching module based on deep learning integrated with STEM–PBL and the class using a conventional teaching module.

Keywords: *Interactive Teaching Module, Deep Learning, STEM, Problem-Based Learning (PBL), Science Literacy, Scientific Communication*

**PENGEMBANGAN MODUL AJAR INTERAKTIF BERBASIS
DEEP LEARNING TERINTEGRASI STEM-PBL UNTUK
MENINGKATKAN LITERASI SAINS DAN
KOMUNIKASI ILMIAH PADA MATERI
SISTEM ORGAN MANUSIA
DI KELAS V SD**

Oleh :

WINDA OKTAVIANA

Tesis

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

Pada

**Program Pascasarjana Magister Keguruan Guru Sekolah Dasar
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung**



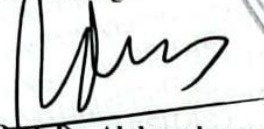
**MAGISTER KEGURUAN GURU SEKOLAH DASAR
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

Judul Tesis : **PENGEMBANGAN MODUL AJAR
INTERAKTIF BERBASIS *DEEP LEARNING*
TERINTEGRASI STEM PBL UNTUK
MENINGKATKAN LITERASI SAINS DAN
KOMUNIKASI ILMIAH PADA MATERI
SISTEM ORGAN MANUSIA DI KELAS V
SD**

Nama Mahasiswa : Winda Oktaviana
Nomor Pokok Mahasiswa : 2423053003
Program Studi : Magister Keguruan Guru Sekolah Dasar
Jurusan : Ilmu Pendidikan
Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan



Pembimbing I

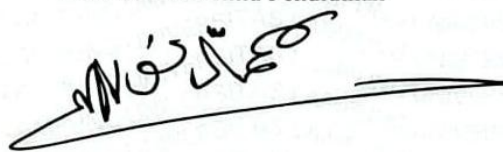

Prof. Dr. Abdurrahman, M.S.i.
NIP. 19681210 199303 1 002

Pembimbing II


Dr. Dwi Yulianti, M.Pd.
NIP. 19670722 199203 2 001

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Ilmu Pendidikan



Dr. Muhammad Nurwahidin, M.Ag., M.Si.
NIP. 19741220 200912 1 002

Ketua Program Studi
Magister Keguruan Guru Sekolah Dasar


Dr. Dwi Yulianti, M.Pd.
NIP. 19670722 199203 2 001

MENGESAIHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.

Sekretaris : Dr. Dwi Yuliantil, M.Pd.

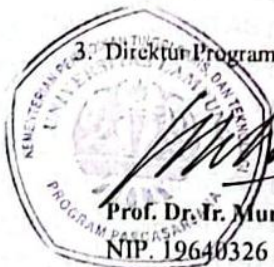
Penguji Anggota : 1. Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd.

2. Dr. Apri Wahyudi, M.Pd



Keguruan dan Ilmu Pendidikan,

Dr. Alimul Hidayatulloh, M.Pd.
NIP. 19970304 201404 1 001



3. Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung

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

4. Tanggal Lulus Ujian Tesis: 27 April 2026

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Tesis dengan judul "Pengembangan Modul Ajar Interaktif Berbasis *Deep Learning* Terintegrasi STEM_PBL Untuk Meningkatkan Literasi Sains dan Komunikasi Ilmiah Pada Materi Sistem Organ Manusia di Kelas V SD" adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai dengan tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau disebut plagiatisme.
2. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya tidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya, saya bersedia dan sanggup dituntut sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 27 April 2026

buat Pernyataan,



WINDA OKTAVIANA
2423053003

RIWAYAT PENULIS



Penulis bernama WINDA OKTAVIANA dilahirkan di Bandar Lampung, 20 Oktober 1983, sebagai anak keempat dari pasangan Bapak Muhammad Mikin(Alm) dan Ibu Rosmala Dewi (Almh). Penulis mengawali pendidikan di SD Negeri 3 Kedaton pada tahun 1991 dan lulus pada tahun 1996. Penulis melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP AL-Kautsar

dan lulus pada tahun 1999. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 2 Bandar Lampung pada tahun 1999 dan lulus pada tahun 2002. Pada tahun 2002 penulis melanjutkan jenjang S1 FMIPA Matematika Universitas Lampung dan lulus pada tahun 2007. Pada tahun 2016 penulis menempuh pendidikan jenjang S1 PGSD di Universitas Terbuka dan lulus pada tahun 2017. Selanjutnya di tahun 2024, penulis terdaftar sebagai mahasiswa S2 program studi Magister Keguruan Guru Sekolah Dasar, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung.

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. Maka setiap ujian pasti dapat dihadapi dengan pertolongan-Nya bagi hamba yang bersabar.”

(Q.S. Al-Baqarah: 286)

“Mintalah pertolongan (kepada Allah) dengan sabar dan salat; sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar.”

(Q.S. Al-Baqarah: 153)

Setiap langkah perjuangan, sekecil apa pun, adalah bagian dari proses menuju keberhasilan. Teruslah berusaha dengan penuh kesabaran dan tawakal, karena jalan yang benar akan selalu terbuka bagi mereka yang tidak menyerah.

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan Puji Syukur Alhamdulillah atas kehadiran Allah SWT, Shalawat serta salam selalu terucap kepada Rasulullah SAW.
Karya ini kupersembahkan kepada

Kedua orang tuaku

Ayahanda tercinta Muhammad Mikin(Alm) dan Ibunda tercinta Rosmala Dewi (Almh). Terima kasih atas semua cinta, kasih sayang, pengorbanan, perjuangan, doa, dan kekuatan yang begitu besar menyertai setiap langkah dan pencapaian anakmu.

Semua itu tak tergantikan, akan selalu terpatri indah dalam ingatan, dan tidak akan pernah terlupakan sampai kapan pun.

Suamiku tercinta Muhammad Ma'ful, S.Pd.

Terima kasih atas do'a dan dukungannya selama ini. Berkat cinta, perhatian, dan dukungannya aku bisa sampai dititik ini.

Anak-anakku tersayang

Ahmad Zaidan Zidna Iman, Dzakya Talita Sakhi, Shufya Azizah Sholiha

Yang selalu memberikan semangat, keceriaan, kasih sayang dan selalu mendoakan demi keberhasilan dan kesuksesan yang Mapa raih.

Para Pendidik dan Bapak Ibu Dosen

Yang telah berjasa memberikan bimbingan dan Ilmu yang sangat berharga melalui ketulusan dan kesabaranmu.

Almamater tercinta Universitas Lampung

SANWACANA

Puji syukur selalu terucap kepada Allah SWT, yang telah memberikan nikmat sehat serta rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul **"Pengembangan Modul Ajar Berbasis *Deep Learning* Terintegrasi STEM-PBL Untuk Meningkatkan Literasi Sains dan Komunikasi Ilmiah Pada Materi Sistem Organ Manusia Kelas V SD"**. Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Pendidikan di Universitas Lampung. Penyusunan tesis ini dapat terwujud dengan adanya dukungan, bimbingan, dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., Rektor Universitas Lampung yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menempuh studi Magister Keguruan Guru Sekolah Dasar.
2. Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., Direktur Pascasarjana Universitas Lampung yang telah memfasilitasi dan memberikan dukungan kepada mahasiswa dalam menyelesaikan studi.
3. Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd., Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung yang telah memfasilitasi dan memberikan dukungan kepada mahasiswa dalam menyelesaikan studi.
4. Dr. Muhammad Nurwahidin, M.Ag., M.Si. Ketua Jurusan Ilmu Pendidikan FKIP Universitas Lampung yang telah memberikan bantuan dan pengarahan kepada peneliti dalam menyelesaikan tesis ini.
5. Dr. Dwi Yulianti, M.Pd., Ketua Program Studi Magister Keguruan Guru Sekolah Dasar Universitas Lampung sekaligus pembahas atas kesediaan dan kesabarannya memberikan dukungan, semangat, dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
6. Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si., Dosen Pembimbing I atas kesediaan dan

kesabarannya memberikan bimbingan, saran, arahan, semangat, dan motivasi dalam proses penyusunan tesis ini.

7. Dr. Dwi Yulianti, M.Pd., Dosen Pembimbing II atas kesediaan dan kesabarannya memberikan bimbingan, saran, arahan, semangat, dan motivasi dalam proses penyusunan tesis ini.
8. Dr. Dina Maulina, M.Si., Validator ahli media atas saran dan masukan dalam menyelesaikan tesis ini.
9. Dr. Apri Wahyudi, M.Pd., Validator ahli materi atas saran dan masukan dalam menyelesaikan tesis ini.
10. Istiqomah Nurzafira, M.Pd., Validator ahli bahasa atas saran dan masukan dalam menyelesaikan tesis ini.
11. Bapak dan Ibu dosen serta staf Program Studi Magister Keguruan Guru Sekolah Dasar yang telah memberikan ilmu, motivasi dan dukungan kepada peneliti dalam menyelesaikan tesis ini.
12. Kepala sekolah dan Bapak/ Ibu dewan guru SDN 1 Kota Baru yang telah memberikan izin dan membantu peneliti selama penyusunan tesis ini.
13. Seluruh rekan-rekan angkatan 2024 Program Studi Magister Keguruan Guru Sekolah Dasar yang memberikan motivasi dan dukungan kepada peneliti.
14. Semua pihak yang telah membantu dalam kelancaran penyusunan tesis ini baik secara langsung maupun tidak langsung. Semoga Allah SWT melindungi dan membalas kebaikan yang sudah diberikan kepada peneliti. Aamiin.

Bandar Lampung, Mei 2026
Penulis,

WINDA OKTAVIANA
2423053003

DAFTAR ISI

	Halaman
SURAT PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
RIWAYAT PENULIS	10
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Rumusan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.6 Ruang Lingkup Penelitian	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Teori Belajar	8
2.1.1 Teori Konstruktivisme	8
2.1.2 Teori Belajar Vygotsky	8
2.1.3 Prinsip <i>Deep Learning</i>	10
2.2 Modul Ajar Interaktif	14
2.3 Pendekatan STEM	15
2.4 Model <i>Problem Based Learning</i> (PBL)	17
2.4.1 Keterampilan Pemecahan Masalah (<i>Problem Solving Skills</i>)	18
2.4.2 Karakteristik Utama Model PBL	19
2.4.3 Manfaat Model PBL	20
2.4.4 Penerapan Teknologi dalam PBL	21
2.5 Integrasi Pendekatan STEM-PBL dan Prinsip <i>Deep Learning</i> Dalam Pembelajaran IPAS Kelas V.	22
2.5.1 Pendekatan STEM-PBL dalam Pembelajaran Sistem Organ Manusia di Sekolah Dasar	22
2.5.2 Prinsip <i>Deep Learning</i> dalam Pengembangan Modul Ajar Interaktif	23
2.5.3 Integrasi STEM-PBL dan <i>Deep Learning</i> dalam Pembelajaran IPAS	25

2.6 Literasi Sains	26
2.7 Komunikasi Ilmiah.....	28
2.8 Relevansi Modul Ajar Interaktif Berbasis <i>Deep Learning</i> Terintegrasi Stem PBL Terhadap Literasi Sains dan Komunikasi Ilmiah	31
2.9 Penelitian Relevan.....	33
2.10 Kerangka Pikir.....	37
2.11 Anggapan Dasar	40
2.12 Hipotesis.....	40
III. METODE PENELITIAN	41
3.1 Pelaksanaan Penelitian	41
3.2 Objek dan Subjek Penelitian	41
3.3 Variabel Penelitian.....	41
3.4 Desain Penelitian.....	42
3.5 Tahapan Prosedur Pengembangan Produk	43
3.5.1 Tahap <i>Analysis</i>	44
3.5.2 Tahap <i>Design & Development</i>	45
3.5.3 Tahap <i>Implementation & Evaluation</i>	46
3.6 Instrumen Pengumpulan Data	47
3.6.1 Angket Analisis Kebutuhan.....	48
3.6.2 Pedoman Wawancara.....	48
3.6.3 Skala	48
3.6.4 Skala Instrumen <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	50
3.7 Teknik Analisis Data	50
3.7.1 Data Validitas.....	50
3.7.2 Data Kepraktisan	51
3.7.3 Data Validitas dan Reliabilitas Instrumen Tes Literasi Sains dan Komunikasi Ilmiah	51
3.8 Data Efektivitas	53
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	57
4.1 Hasil	57
4.1.1 Tahap Analisis Kebutuhan.....	57
4.1.2 Tahap <i>Design & Development</i>	65
4.1.3 Tahap <i>Implementation</i>	78
4.1.4 Tahap <i>Evaluation</i>	84
4.2 Pembahasan.....	93
4.2.1 Pengembangan Produk Berdasarkan Analisis Kebutuhan.....	93
4.2.2 Validitas	95
4.2.3 Kepraktisan.....	96
4.2.4 Keefektifan Modul Ajar.....	99

V. SIMPULAN DAN SARAN.....	110
5.1 Kesimpulan.....	110
5.2 Saran.....	111
DAFTAR PUSTAKA.....	113

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komponen STEM dan Relevansinya dalam Pembelajaran	16
2. Tahapan Sintaks model PBL	20
3. Indikator Literasi Sains	27
4. Indikator Komunikasi Ilmiah	29
5. Perbandingan Indikator Literasi Sains dan Komunikasi Ilmiah	30
6. Penelitian Relevan.....	33
7. Skala Likert pada Skala Validasi.....	49
8. Skala Likert pada Skala Keterbacaan dan Kemenarikan	49
9. Skala Likert pada Keterlaksanaan Modul Ajar Berbasis STEM-PBL	49
10. Konversi Skor Penilaian Kevalidan Produk.....	50
11. Konversi Skor Penilaian Kepraktisan Produk	51
12. Kriteria Kevalidan Instrumen Tes	52
13. Kriteria Koefisien Korelasi	52
14. Kriteria Koefisien Korelasi	53
15. Kategori Nilai <i>N-gain</i>	55
16. Kriteria Nilai <i>Effect Size</i>	56
17. Hasil Penghitungan Uji Validitas	58
18. Hasil Uji Reliabilitas	59
19. Hasil Uji Tingkat Kesukaran Soal.....	60
20. Keterpaduan Sintaks PBL STEM, Prinsip <i>Deep Learning</i> , Literasi Sains, dan Komunikasi Ilmiah.....	68
21. Gambaran Dasar Pengembangan Produk.....	70
22. Hasil Penilaian Ahli Materi	72
23. Hasil Penilaian Ahli Media	73
24. Hasil Penilaian Ahli Bahasa	74
25. Hasil Validasi dari 3 Validator terhadap Modul Ajar	75
26. Hasil Uji Validitas Soal <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	76
27. Hasil Uji Reliabilitas Instrumen Tes	77
28. Rekapitulasi Keterlaksanaan Pembelajaran Menggunakan Modul Ajar	80
29. Rekapitulasi hasil uji keterbacaan.....	82
30. Rekapitulasi Hasil Uji Kemenarikan Modul Ajar	83
31. Nilai Sig dari Hasil Uji Normatiltas.....	85

32. Homogenitas Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.....	85
33. N-Gain Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen	86
34. <i>Independent sample t-test</i>	86
35. Hasil Uji <i>Analysis of Covariance</i> (ANCOVA) Literasi Sains.....	87
36. Uji Normalitas Keterampilan Komunikasi Ilmiah	88
37. Homogenitas Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.....	88
38. <i>N-Gain</i> Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen	89
39. <i>Independent sample t-test</i>	90
40. Hasil Uji <i>Analysis of Covariance</i> (ANCOVA) Komunikasi Ilmiah.....	90
41. Pertanyaan Wawancara Mendalam Peserta Didik.....	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram Kerangka Pikir	39
2. Desain Penelitian DDR	42
3. Alur Tahapan Penelitian	44
4. Diagram tanggapan guru terhadap pertanyaan guru menggunakan modul ajar konvensional.....	61
5. Diagram distribusi terhadap pertanyaan guru modul ajar yang tersedia belum mendukung literasi sains dan komunikasi ilmiah.....	61
6. Diagram distribusi tanggapan guru terhadap pertanyaan guru melibatkan siswa dalam observasi, eksperimen dan analisis data dalam pembelajaran IPAS.....	62
7. Diagram distribusi tanggapan guru terhadap pertanyaan guru memberikan kesempatan kepada siswa untuk berdiskusi dan menyampaikan hasil diskusi mereka.	62
8. Diagram distribusi tanggapan guru terhadap pertanyaan perlunya mengimplementasikan Modul Ajar berbasis deep learning terintegrasi STEM-PBL.....	63
9. Rancangan Modul Ajar	67
10. Contoh Implementasi Sintaks STEM-PBL terintegrasi	98
11. Contoh Elemen Visual yang Mendukung Keterbacaan dan Kemenarikan Modul Ajar.	99
12. Data Rata-rata Nilai Literasi Sains Per Indikator.....	100
13. Data Rata-rata Nilai Komunikasi Ilmiah Per Indikator.....	102
14. Aktivitas Siswa Mengkomunikasikan Hasil Karyanya.....	102
15. Aktivitas Siswa pada Sintak <i>Communication</i>	103
16. Aktivitas Peserta Didik pada Sintaks <i>Exploration</i> Ketika Mengamati Gambar dan Video Sistem Pencernaan.....	105
17. Aktivitas Peserta Didik pada Sintaks <i>Discovery</i>	106
18. Aktivitas Peserta Didik pada Sintaks <i>Discovery</i> saat Melakukan Eksperimen Menguyah Makanan.....	107
19. Aktivitas Peserta Didik pada Syntak <i>Application</i> , Proses Pembuatan Poster atau Infografis Siswa Tentang Sistem Pencernaan dan Cara Menjaga Kesehatan.....	108
20. Aktivitas Peserta Didik pada Syntak <i>Reflection</i>	109

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pendidikan dasar merupakan fondasi penting dalam membangun karakter dan kompetensi generasi penerus bangsa. Pada era revolusi industri 4.0 dan society 5.0, peserta didik tidak hanya dituntut menguasai pengetahuan, tetapi juga keterampilan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif yang dikenal sebagai keterampilan abad ke-21 (OECD, 2023). Dalam konteks pembelajaran sains, keterampilan tersebut tercermin dalam kemampuan literasi sains dan komunikasi ilmiah yang memungkinkan siswa memahami konsep, mengolah informasi, serta menyampaikan ide secara logis dan berbasis bukti.

Hasil evaluasi internasional melalui *Programme for International Student Assessment* menunjukkan bahwa kemampuan literasi sains siswa Indonesia masih tergolong rendah. Berdasarkan laporan terbaru, Indonesia memperoleh skor 383 dan berada di bawah rata-rata negara anggota OECD (OECD, 2023). Capaian ini mengindikasikan bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep ilmiah, menerapkan pengetahuan dalam konteks kehidupan nyata, serta menginterpretasikan data dan bukti secara ilmiah, yang sekaligus mencerminkan lemahnya kemampuan siswa dalam mengkomunikasikan pemahaman ilmiah secara logis dan berbasis bukti.

Lebih lanjut, hasil *Programme for International Student Assessment* juga menunjukkan bahwa siswa Indonesia masih lemah dalam aspek *explaining phenomena scientifically* dan *interpreting data and evidence scientifically*. Kedua aspek ini merupakan bagian integral dari komunikasi ilmiah, yang menuntut kemampuan siswa dalam menyusun argumen berbasis data, menjelaskan

fenomena secara sistematis, serta menarik kesimpulan yang logis (OECD, 2023). Hal ini menunjukkan bahwa rendahnya literasi sains juga berkorelasi dengan lemahnya kemampuan komunikasi ilmiah siswa.

Sejalan dengan temuan tersebut, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi melalui kebijakan Asesmen Kompetensi Minimum (AKM) menekankan pentingnya kemampuan literasi yang tidak hanya mencakup pemahaman informasi, tetapi juga kemampuan menyampaikan gagasan, menganalisis informasi, dan mengkomunikasikan hasil pemikiran secara efektif (Kemendikbud, 2025). Dengan demikian, komunikasi ilmiah menjadi kompetensi esensial yang harus dikembangkan sejak sekolah dasar sebagai bagian dari penguatan profil pelajar Pancasila.

Berdasarkan hasil observasi awal dan wawancara dengan guru kelas V di SDN 1 Kota Baru serta beberapa sekolah dasar di Provinsi Lampung, ditemukan bahwa kemampuan komunikasi ilmiah siswa masih rendah. Siswa mengalami kesulitan dalam menyampaikan hasil pengamatan secara sistematis, kurang mampu mengemukakan pendapat berdasarkan data, serta belum terbiasa menggunakan bahasa ilmiah yang tepat. Sebagian besar siswa cenderung memberikan jawaban singkat tanpa argumentasi yang jelas dan belum mampu menyajikan data secara objektif. Temuan ini didukung oleh penelitian (Sari Ayu & Dwi Prastyo, 2023) dan (Lestari *et al.*, 2023) yang menyatakan bahwa siswa sekolah dasar masih lemah dalam menyusun penjelasan ilmiah, menginterpretasi data, dan mengkomunikasikan hasil pemikiran secara logis.

Permasalahan tersebut tidak terlepas dari proses pembelajaran IPA di sekolah dasar yang masih didominasi oleh metode konvensional dan berpusat pada guru. Guru cenderung menggunakan modul ajar yang bersifat tekstual dan kurang interaktif, sehingga belum mampu memfasilitasi siswa untuk aktif berdiskusi, berargumentasi, dan mengkomunikasikan ide secara ilmiah (Rahmawati *et al.*, 2023). Kondisi ini menyebabkan siswa kurang terlibat dalam proses pembelajaran

dan tidak memiliki kesempatan untuk mengembangkan keterampilan komunikasi ilmiah secara optimal.

Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa 62,7% guru masih menggunakan modul ajar konvensional, dan 54,5% menyatakan bahwa modul yang digunakan belum mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21, termasuk literasi sains dan komunikasi ilmiah (Data Kuesioner Guru, 2025). Selain itu, siswa juga mengalami kesulitan dalam memahami materi sistem organ manusia karena penyajian yang kurang menarik dan minim visualisasi. Dampaknya, siswa tidak hanya mengalami kesulitan dalam memahami konsep, tetapi juga dalam menjelaskan kembali konsep tersebut secara runtut dan logis (Lestari *et al.*, 2023).

Keterbatasan tersebut berdampak pada rendahnya motivasi belajar dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran. Pembelajaran yang monoton dan kurang kontekstual menyebabkan siswa cenderung pasif serta tidak terbiasa menyampaikan ide atau hasil pemikirannya secara ilmiah. Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam pengembangan modul ajar yang tidak hanya meningkatkan literasi sains, tetapi juga secara eksplisit melatih komunikasi ilmiah melalui kegiatan diskusi, presentasi, argumentasi berbasis data, dan pemecahan masalah kontekstual (Susilawati., 2022).

Salah satu alternatif solusi adalah pengembangan modul ajar interaktif berbasis *deep learning* yang terintegrasi dengan pendekatan STEM dan model Problem Based Learning (PBL). Pendekatan ini menekankan pembelajaran bermakna, reflektif, dan kontekstual serta memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengkonstruksi pengetahuan melalui pengalaman langsung (Biggs & Tang, 2011). Integrasi STEM-PBL terbukti mampu meningkatkan literasi sains, kemampuan berpikir kritis, serta komunikasi ilmiah siswa melalui aktivitas penyelidikan, diskusi, dan presentasi (Capraro *et al.*, 2013; Wahdaniyah *et al.*, 2023).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan modul ajar interaktif berbasis teknologi dapat meningkatkan keterlibatan siswa serta kemampuan literasi sains dan komunikasi ilmiah secara signifikan (Chen, 2024a; Elbashbishy, 2024; Puji Cahyani & Ahmad, 2024). Namun, hingga saat ini belum banyak penelitian yang mengembangkan modul ajar interaktif berbasis *deep learning* terintegrasi STEM-PBL secara khusus pada materi sistem organ manusia di sekolah dasar. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada pengembangan modul ajar interaktif pada materi sistem organ pencernaan manusia kelas V SD yang dirancang untuk meningkatkan literasi sains dan komunikasi ilmiah siswa melalui aktivitas pembelajaran yang kontekstual, interaktif, dan berbasis bukti.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan utama dalam pembelajaran IPA pada materi sistem organ manusia di kelas V SD sebagai berikut:

1. Literasi sains dan komunikasi ilmiah siswa SD masih rendah.
Hasil survei internasional dan nasional menunjukkan bahwa kemampuan siswa dalam memahami, menerapkan, dan mengkomunikasikan konsep-konsep ilmiah, khususnya pada materi sistem organ manusia, belum optimal.
2. Pembelajaran IPA masih didominasi metode konvensional dan modul ajar belum inovatif.
Guru cenderung menggunakan modul ajar konvensional yang minim visualisasi, simulasi, dan aktivitas interaktif, sehingga siswa menjadi pasif dan kurang termotivasi.
3. Guru dan siswa mengalami kesulitan dalam memahami dan mengajarkan materi sistem organ manusia.
Materi yang bersifat abstrak, penyajian yang monoton, serta kurangnya dukungan media interaktif menyebabkan siswa kesulitan memahami konsep dan memecahkan masalah terkait sistem organ manusia.
4. Belum tersedia modul ajar interaktif berbasis *deep learning* terintegrasi STEM-PBL untuk materi sistem organ manusia di SD.

Kesenjangan antara kebutuhan pembelajaran abad ke-21 dan ketersediaan modul ajar inovatif masih nyata, sehingga diperlukan pengembangan modul yang mampu mengintegrasikan teknologi, pendekatan saintifik, serta aktivitas berbasis masalah untuk meningkatkan literasi sains dan komunikasi ilmiah siswa.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah, rumusan masalah penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana parameter modul ajar interaktif berbasis *deep learning* terintegrasi STEM-PBL ditinjau dari aspek validitas (isi, media, dan bahasa) pada materi Sistem Organ Manusia kelas V SD?
2. Bagaimana kepraktisan modul ajar interaktif berbasis *deep learning* terintegrasi STEM-PBL untuk meningkatkan literasi sains dan komunikasi ilmiah pada materi Sistem Organ Manusia di kelas V SD?
3. Bagaimana efektivitas modul ajar interaktif berbasis *deep learning* terintegrasi STEM-PBL untuk meningkatkan literasi sains dan komunikasi ilmiah pada materi Sistem Organ Manusia di kelas V SD?

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, disusun tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan parameter modul ajar interaktif berbasis *deep learning* terintegrasi STEM-PBL ditinjau dari aspek validitas isi, media, dan bahasa pada materi sistem organ manusia kelas V SD.
2. Mendeskripsikan kepraktisan modul ajar interaktif berbasis *deep learning* terintegrasi STEM-PBL dalam meningkatkan literasi sains dan komunikasi ilmiah pada materi Sistem Organ Manusia di kelas V SD.
3. Mendeskripsikan efektivitas modul ajar interaktif berbasis *deep learning* terintegrasi STEM-PBL untuk meningkatkan literasi sains dan komunikasi ilmiah pada materi Sistem Organ Manusia di kelas V SD.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian pengembangan ini yaitu sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Secara teoritis, penelitian ini dapat memberikan sumbangan pengetahuan dalam pengembangan modul ajar interaktif berbasis *deep learning* terintegrasi STEM-PBL pada materi Sistem Organ Manusia di kelas V Sekolah Dasar. Manfaat lainnya adalah agar para pengajar, khususnya guru di Sekolah Dasar, dapat mengkaji kelebihan dan kekurangan dari pembelajaran dengan menggunakan modul ajar interaktif berbasis *deep learning* terintegrasi STEM-PBL pada materi Sistem Organ Manusia kelas V Sekolah Dasar sebagai sumber belajar.

2. Manfaat Praktis

Manfaat praktis yang dapat diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut:

- a. Bagi peneliti, dapat menambah wawasan, pengalaman, dan bekal dalam pengembangan modul ajar interaktif berbasis *deep learning* terintegrasi STEM-PBL.
- b. Bagi guru, memberikan alternatif media pembelajaran yang inovatif dan efektif dalam meningkatkan literasi sains dan komunikasi ilmiah siswa pada materi Sistem Organ Manusia.
- c. Bagi siswa, memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik, interaktif, dan bermakna, sehingga meningkatkan motivasi dan pemahaman terhadap materi Sistem Organ Manusia.
- d. Bagi dunia pendidikan, dapat memberikan kontribusi dalam inovasi pembelajaran IPA yang relevan dengan tuntutan abad ke-21, khususnya dalam pengembangan literasi sains dan komunikasi ilmiah.
- e. Bagi peneliti selanjutnya, dapat menjadi referensi dan inspirasi dalam mengembangkan media pembelajaran serupa atau melakukan penelitian lanjutan dengan fokus dan variabel yang berbeda.

1.6 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini sebagai berikut:

1. Produk yang dihasilkan dari penelitian pengembangan ini adalah modul ajar interaktif berbasis *deep learning* terintegrasi STEM-PBL .
2. Modul ajar yang dikembangkan adalah untuk pembelajaran IPA di kelas V SD dengan materi Sistem Organ Pencernaan Manusia.
3. Uji kevalidan produk terdiri dari validasi isi serta media dan desain oleh 3 ahli.
4. Uji kepraktisan pada penelitian pengembangan ini meliputi uji keterlaksanaan, keterbacaan, dan kemenarikan.
5. Uji efektivitas dilakukan untuk meninjau peningkatan literasi sains dan komunikasi ilmiah sebelum dan sesudah pembelajaran dengan menerapkan modul ajar yang dikembangkan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Belajar

2.1.1 Teori Konstruktivisme

Teori konstruktivisme menekankan bahwa pembelajaran merupakan proses aktif di mana siswa membangun pengetahuan berdasarkan pengalaman, interaksi sosial, dan keterlibatan dengan lingkungan sekitarnya (Richardson, 2023). Pendekatan ini menempatkan siswa sebagai pusat pembelajaran, di mana mereka berperan aktif dalam mengembangkan pemahaman melalui refleksi dan eksplorasi.

Konstruktivisme menjadi dasar bagi model pembelajaran berbasis masalah (*Problem-Based Learning/PBL*), yang mendorong siswa untuk menyelesaikan masalah autentik yang relevan dengan kehidupan nyata (Savery, 2023).

Dalam konteks penelitian ini, teori konstruktivisme mendukung pengembangan modul ajar interaktif berbasis deep learning terintegrasi STEM-PBL yang memberikan kesempatan kepada siswa untuk membangun pemahaman secara mandiri melalui aktivitas penyelidikan dan eksperimen. Melalui proses tersebut, siswa tidak hanya mengembangkan pemahaman konsep, tetapi juga meningkatkan literasi sains melalui kemampuan menginterpretasi fenomena dan data, serta mengembangkan komunikasi ilmiah melalui kegiatan diskusi, presentasi, dan penyampaian aprumen berbasis bukti (Apriza, 2024).

2.1.2 Teori Belajar Vygotsky

Teori belajar Lev Vygotsky, yang dikenal sebagai konstruktivisme sosial, menekankan bahwa perkembangan kognitif siswa dipengaruhi oleh interaksi

sosial dan konteks budaya. Retnaningsih (2023) menyatakan bahwa pengetahuan dibangun melalui dialog dan interaksi sosial, dengan bahasa sebagai mediator utama antara pemikiran dan tindakan. Dalam pandangan ini, proses mental seperti berpikir, memori, dan perhatian berkembang melalui aktivitas sosial yang melibatkan penggunaan simbol, bahasa, dan alat bantu belajar.

Vygotsky juga menegaskan bahwa pembelajaran yang efektif terjadi dalam lingkungan sosial, di mana siswa dapat berinteraksi dengan individu yang lebih kompeten, seperti guru atau teman sebaya (Dewi & Fauziati, 2021). Konsep ini dikenal dengan *Zone of Proximal Development (ZPD)*, yaitu jarak antara kemampuan aktual siswa dan potensi perkembangan yang dapat dicapai dengan bantuan. Dukungan sementara yang diberikan dalam proses ini disebut *scaffolding*, yang berfungsi membantu siswa mencapai tingkat pemahaman yang lebih tinggi.

Dalam konteks pembelajaran berbasis *STEM-PBL*, teori Vygotsky menekankan pentingnya kolaborasi dan interaksi sosial dalam proses pemecahan masalah. Melalui diskusi kelompok, siswa dapat saling bertukar ide, menguji pemahaman, serta membangun pengetahuan secara bersama-sama. Proses ini tidak hanya membantu siswa memahami konsep secara lebih mendalam, tetapi juga melatih kemampuan berpikir kritis.

Dalam penelitian ini, penerapan teori Vygotsky dalam pengembangan modul ajar interaktif berbasis *deep learning* terintegrasi *STEM-PBL* diwujudkan melalui aktivitas kolaboratif, pemberian *scaffolding*, serta penggunaan media pembelajaran sebagai alat bantu dalam memahami konsep abstrak. Melalui pendekatan ini, siswa tidak hanya mengembangkan pemahaman konseptual, tetapi juga meningkatkan literasi sains melalui kemampuan menganalisis dan menginterpretasi informasi, serta mengembangkan komunikasi ilmiah melalui kegiatan diskusi, presentasi, dan penyampaian argumen secara logis dan berbasis bukti.

2.1.3 Prinsip *Deep Learning*

Pembelajaran yang efektif pada abad ke-21 tidak hanya berorientasi pada hasil belajar, tetapi juga pada kualitas proses yang dialami peserta didik. Dalam konteks ini, pendekatan pembelajaran berbasis *deep learning* menekankan keterlibatan siswa secara utuh melalui tiga prinsip utama, yaitu *mindfulness* (kesadaran penuh), *meaningfulness* (kebermaknaan), dan *joyfulness* (kesenangan dalam belajar). Ketiga prinsip tersebut saling terintegrasi dalam menciptakan pengalaman belajar yang berpusat pada siswa, di mana siswa tidak hanya memahami konsep secara kognitif, tetapi juga menyadari proses berpikirnya serta terlibat secara emosional dalam pembelajaran. *Mindfulness* membantu siswa untuk fokus dan hadir secara penuh dalam kegiatan belajar, *meaningfulness* mendorong keterkaitan materi dengan pengalaman nyata, sedangkan *joyfulness* menciptakan suasana belajar yang menyenangkan dan memotivasi. Dengan demikian, penerapan ketiga prinsip tersebut menjadi landasan penting dalam merancang pembelajaran yang mendalam, reflektif, dan bermakna.

a. Pembelajaran Bermakna (*Meaningful Learning Theory*)

Pembelajaran bermakna (*meaningful learning*) merupakan konsep pembelajaran yang menekankan pentingnya menghubungkan pengetahuan baru dengan struktur kognitif yang telah dimiliki oleh peserta didik. Menurut Ausubel, faktor yang paling penting dalam pembelajaran adalah apa yang telah diketahui siswa sebelumnya. Oleh karena itu, guru perlu mengidentifikasi pengetahuan awal siswa sebelum memperkenalkan konsep atau informasi baru agar proses pembelajaran dapat berlangsung secara bermakna.

Dalam pembelajaran bermakna, informasi yang diterima siswa tidak hanya dihafal, tetapi diintegrasikan dengan pengetahuan yang telah dimiliki sehingga membentuk struktur pemahaman yang lebih kuat dan terorganisasi. Proses ini memungkinkan siswa untuk memahami konsep secara lebih mendalam serta mampu mengaplikasikannya dalam berbagai situasi (Bryce & Blown, 2016).

Dengan demikian, pembelajaran tidak hanya berorientasi pada penguasaan materi, tetapi juga pada pembentukan pemahaman konseptual yang berkelanjutan.

Salah satu komponen penting dalam teori Ausubel adalah penggunaan *advance organizer*, yaitu materi pengantar yang disajikan sebelum pembelajaran utama untuk membantu siswa menghubungkan pengetahuan yang sudah dimiliki dengan konsep baru yang akan dipelajari. *Advance organizer* berfungsi sebagai kerangka konseptual yang memudahkan siswa dalam memahami informasi baru secara sistematis (Bryce & Blown, 2021).

Implementasi pembelajaran bermakna menuntut peran guru sebagai fasilitator yang mampu merancang kegiatan pembelajaran yang kontekstual dan relevan dengan pengalaman belajar siswa. Pembelajaran yang mengaitkan materi dengan fenomena di lingkungan sekitar terbukti dapat meningkatkan pemahaman konsep, partisipasi, serta minat belajar siswa (Afiani *et al.*, 2022).

Dalam konteks pengembangan modul ajar interaktif berbasis *deep learning* terintegrasi STEM-PBL, prinsip pembelajaran bermakna diwujudkan melalui penyajian masalah kontekstual, penggunaan media visual interaktif, serta aktivitas eksplorasi yang menghubungkan konsep sains dengan fenomena nyata. Modul ajar yang dirancang secara sistematis juga dapat berfungsi sebagai *advance organizer* yang membantu siswa membangun kerangka pemahaman sebelum mempelajari konsep secara lebih mendalam.

b. Pembelajaran Menyenangkan (*Joyful Learning Theory*)

Selain bermakna, proses pembelajaran juga perlu dirancang agar berlangsung secara menyenangkan (*joyful learning*). Pembelajaran yang menyenangkan merupakan pendekatan yang menekankan pentingnya menciptakan suasana belajar yang positif, interaktif, dan tidak menimbulkan tekanan bagi siswa. Suasana belajar yang menyenangkan dapat meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran serta mendorong mereka untuk aktif bertanya, berdiskusi, dan mengeksplorasi pengetahuan baru.

Pembelajaran yang menyenangkan dapat diwujudkan melalui penggunaan berbagai metode dan media pembelajaran yang menarik, seperti permainan edukatif, simulasi, eksperimen, serta aktivitas kreatif yang sesuai dengan karakteristik peserta didik. Melalui pendekatan ini, siswa tidak hanya memperoleh pengetahuan, tetapi juga menikmati proses belajar sehingga dapat meningkatkan motivasi dan minat belajar.

Penelitian menunjukkan bahwa suasana belajar yang positif dan menyenangkan dapat meningkatkan partisipasi siswa serta membantu mereka memahami konsep yang bersifat abstrak dengan lebih mudah (Plomp & Nieveen, 2007). Selain itu, pembelajaran yang menyenangkan juga dapat menumbuhkan rasa percaya diri siswa dalam menyampaikan ide dan pendapat selama proses pembelajaran berlangsung.

Dalam pengembangan modul ajar interaktif berbasis deep learning terintegrasi STEM-PBL, prinsip *joyful learning* diwujudkan melalui kegiatan eksperimen, diskusi kelompok, pemecahan masalah, serta proyek berbasis STEM yang melibatkan siswa secara aktif. Penggunaan media interaktif seperti gambar, animasi, maupun simulasi juga dapat membantu menciptakan pengalaman belajar yang lebih menarik dan menyenangkan bagi siswa.

c. Prinsip *Mindfulness* dalam Pembelajaran

Mindfulness dalam konteks pendidikan diartikan sebagai kesadaran penuh yang melibatkan perhatian secara sengaja terhadap pengalaman belajar yang sedang berlangsung tanpa disertai penilaian (Kabat-Zinn, 2003). Konsep ini berkembang dari kajian psikologi kontemplatif dan kognitif yang menekankan pentingnya kehadiran mental (*present awareness*) dalam setiap aktivitas individu. Dalam pembelajaran, *mindfulness* mengacu pada kemampuan peserta didik untuk memusatkan perhatian, menyadari proses berpikir, serta mengelola respon emosional selama kegiatan belajar. Dengan demikian, *mindfulness* tidak hanya

berfokus pada aspek kognitif, tetapi juga mencakup dimensi afektif dan metakognitif yang saling terintegrasi.

Penerapan *mindfulness* dalam pembelajaran terbukti memberikan kontribusi terhadap peningkatan kualitas perhatian dan keterlibatan siswa. Siswa yang memiliki tingkat *mindfulness* yang baik cenderung lebih mampu mengurangi distraksi, meningkatkan konsentrasi, serta menunjukkan regulasi emosi yang lebih stabil ketika menghadapi tantangan belajar (Brown & Ryan, 2003). Kondisi ini memungkinkan siswa untuk memproses informasi secara lebih mendalam, sehingga pemahaman konsep yang diperoleh menjadi lebih bermakna. Selain itu, *mindfulness* juga mendukung terciptanya lingkungan belajar yang kondusif, karena siswa menjadi lebih tenang, fokus, dan responsif terhadap aktivitas pembelajaran yang berlangsung.

Dalam pengembangan modul ajar interaktif berbasis *deep learning*, prinsip *mindfulness* menjadi landasan penting dalam merancang pengalaman belajar yang berpusat pada siswa. Integrasi *mindfulness* diwujudkan melalui aktivitas pembelajaran yang mendorong fokus, kesadaran, dan refleksi, seperti kegiatan observasi fenomena, eksplorasi data, serta refleksi terhadap hasil belajar. Melalui aktivitas tersebut, siswa tidak hanya memperoleh pengetahuan, tetapi juga dilatih untuk memahami proses belajar yang mereka alami. Hal ini sejalan dengan pandangan bahwa pembelajaran yang efektif tidak hanya menekankan pada hasil, tetapi juga pada kesadaran terhadap proses berpikir dan belajar (Langer, 2014).

Lebih lanjut, penerapan *mindfulness* dalam pembelajaran yang terintegrasi dengan pendekatan STEM dan model *Problem Based Learning* (PBL) memberikan peluang bagi siswa untuk terlibat secara aktif dalam pemecahan masalah kontekstual. Dalam proses ini, siswa dituntut untuk tetap fokus, reflektif, dan sadar terhadap setiap langkah pemecahan masalah yang dilakukan. Integrasi tersebut sejalan dengan prinsip *deep learning* yang menekankan pembelajaran yang bermakna (*meaningful*), menyenangkan (*joyful*), dan berkesadaran (*mindful*). Oleh karena itu, penerapan *mindfulness* dalam modul ajar interaktif berbasis *deep*

learning terintegrasi STEM-PBL diharapkan mampu meningkatkan literasi sains dan komunikasi ilmiah siswa melalui keterlibatan belajar yang lebih mendalam, terarah, dan autentik.

2.2 Modul Ajar Interaktif

Modul ajar merupakan salah satu perangkat pembelajaran yang berfungsi sebagai panduan kegiatan belajar mengajar yang sistematis, berisi tujuan pembelajaran, materi, langkah kegiatan, serta penilaian yang dirancang agar guru dan siswa memiliki arah yang jelas selama proses pembelajaran (Kemendikbudristek, 2022). Dalam Kurikulum Merdeka, modul ajar menggantikan peran RPP secara lebih ringkas dan fleksibel, sekaligus menekankan pada pembelajaran yang berpusat pada siswa dan berorientasi pada capaian pembelajaran (Kemendikbudristek, 2022). Modul ajar yang baik tidak hanya menyajikan materi secara runtut, tetapi juga menyediakan kegiatan yang mendorong pemahaman konsep, keterampilan berpikir tingkat tinggi, dan penguatan profil pelajar Pancasila (Putri & Rahmawati, 2023).

Modul ajar interaktif merupakan pengembangan dari modul ajar konvensional yang memanfaatkan media digital dan fitur interaktif, seperti tautan video, simulasi, kuis otomatis, dan aktivitas berbasis proyek yang dapat diakses melalui perangkat teknologi (Chen, 2024; Elbashbishy, 2024). Interaktivitas dalam modul memungkinkan siswa berpartisipasi aktif melalui eksplorasi mandiri, pemberian respons, serta umpan balik langsung yang memperkuat pemahaman konsep. Dalam konteks pembelajaran IPAS, modul ajar interaktif dapat menghadirkan fenomena sains secara lebih konkret melalui animasi, gambar bergerak, dan eksperimen virtual sehingga konsep yang abstrak menjadi lebih mudah dipahami oleh siswa sekolah dasar (Puji Cahyani & Ahmad, 2024).

Komponen utama modul ajar interaktif meliputi identitas modul, tujuan pembelajaran, pemetaan capaian dan materi, kegiatan pembelajaran langkah demi langkah, lembar kerja atau tugas, asesmen formatif dan sumatif, serta bahan bacaan atau sumber belajar tambahan (Kemendikbudristek, 2022). Pada modul

berbasis *deep learning* terintegrasi STEM PBL, komponen tersebut diperkaya dengan skenario masalah autentik, pertanyaan pemantik, aktivitas eksperimen atau proyek, panduan diskusi, serta instrumen refleksi yang mendorong siswa berpikir mendalam dan mengkomunikasikan hasil pemikiran mereka secara ilmiah (Biggs & Tang, 2011; Capraro *et al.*, 2013; Wahdaniyah *et al.*, 2023). Dengan demikian, modul ajar interaktif tidak hanya berfungsi sebagai sumber informasi, tetapi juga sebagai lingkungan belajar digital yang memfasilitasi peningkatan literasi sains dan komunikasi ilmiah pada materi sistem organ manusia di kelas V SD.

2.3 Pendekatan STEM

Pendidikan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) merupakan kerangka pembelajaran interdisipliner yang menggabungkan empat disiplin ilmu untuk membekali siswa dengan kemampuan analitis, kreativitas, dan solusi inovatif terhadap masalah kompleks. Pendekatan ini tidak hanya mengintegrasikan konten sains, teknologi, rekayasa, dan matematika secara holistik, tetapi juga menekankan penerapan pengetahuan melalui proyek kolaboratif berbasis masalah dunia nyata (*Problem-Based Learning/PBL*) (English & King, 2019)

Pada pengembangan modul ajar interaktif yang memanfaatkan *deep learning*, penerapan STEM-PBL berfungsi sebagai pendorong utama dalam meningkatkan literasi sains dan kemampuan komunikasi ilmiah siswa melalui penggunaan simulasi digital yang mendalam dan didukung oleh data.

Pendekatan STEM dirancang untuk menciptakan pengalaman belajar yang kontekstual dan berpusat pada siswa, dengan komponen utama sebagai berikut.

Tabel 1. Komponen STEM dan Relevansinya dalam Pembelajaran

NO	Komponen	Deskripsi dan Implikasi Pedagogis
1.	Sains	Menekankan eksplorasi fenomena alam melalui metode ilmiah, seperti perumusan hipotesis, eksperimen, dan analisis data. Contoh: investigasi sistem organ manusia melalui simulasi interaktif berbasis <i>deep learning</i> ((Khairiyah, 2019).
2.	Teknologi	Memanfaatkan alat digital (misalnya AI, <i>coding platforms</i> , VR/AR) untuk memvisualisasikan konsep abstrak dan melatih adaptasi terhadap perkembangan teknologi. Modul interaktif dapat menggunakan algoritma <i>deep learning</i> untuk personalisasi pembelajaran (Bybee, 2013).
3.	Rekayasa	Mengembangkan keterampilan desain solusi kreatif melalui proses <i>engineering design</i> (identifikasi masalah, prototipe, uji coba). Siswa merancang model sistem organ manusia menggunakan pendekatan biomedis (Torlakson, 2022).
4.	Matematika	Membangun pemahaman kuantitatif dan logis untuk menganalisis data eksperimen, misalnya menghitung laju metabolisme atau kapasitas organ (Afriana J., 2016)

Pendekatan STEM memiliki peran penting dalam mempersiapkan generasi masa depan agar mampu menghadapi tantangan kompleks abad ke-21. Pendekatan ini menekankan pembelajaran lintas disiplin, pemecahan masalah nyata, dan pengembangan keterampilan berpikir kritis. Melalui pendekatan STEM, tidak hanya prestasi akademik siswa yang meningkat, tetapi mereka juga dipersiapkan untuk meraih keberhasilan dalam karir serta berkontribusi pada inovasi global.

Penelitian (Abdurrahman *et al.*, 2023), juga membuktikan bahwa integrasi proses desain rekayasa ke dalam pembelajaran STEM secara signifikan meningkatkan keterampilan berpikir sistem (*system thinking*) dan pemecahan masalah siswa, sehingga pendekatan ini sangat relevan untuk pengembangan literasi sains dan komunikasi ilmiah di sekolah dasar. Penerapan pendekatan STEM dalam pembelajaran sains di sekolah dasar dapat dilakukan dengan berbagai model pembelajaran. Hasil penelitian eksperimental menunjukkan bahwa implementasi strategi pembelajaran berbasis STEM berpengaruh positif terhadap kemampuan literasi sains siswa sekolah dasar (Listiyana *et al.*, 2023). Temuan serupa juga diungkapkan oleh Aris dan kolega (2021), di mana integrasi pendekatan kontekstual dengan STEM dalam konteks sains forensik memberikan dampak

positif terhadap pengembangan keterampilan proses sains, sehingga mampu meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran.

2.4 Model *Problem Based Learning* (PBL)

Problem-Based Learning (PBL) merupakan pendekatan pembelajaran yang menempatkan peserta didik sebagai pusat kegiatan belajar melalui pemecahan masalah nyata yang relevan dengan kehidupan sehari-hari (Ramadhani & Fitriani, 2024). Model ini dirancang untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis, kemampuan memecahkan masalah, serta kemandirian belajar peserta didik. Melalui pendekatan ini, siswa tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi juga terlibat dalam proses pembelajaran yang menuntut keterlibatan aktif, seperti melakukan observasi, berkolaborasi dengan teman sekelompok, serta mencari dan menganalisis data secara mandiri untuk memperdalam pemahaman mereka terhadap materi yang dipelajari.

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa PBL efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi karena siswa dilibatkan dalam proses pembelajaran berbasis pengalaman langsung (*hands-on learning*). Melalui model ini, peserta didik tidak hanya memahami konsep secara teoretis, tetapi juga mampu menerapkan pengetahuan tersebut dalam konteks yang nyata, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna. Selain itu, pendekatan ini juga mendukung pengembangan kemampuan komunikasi ilmiah melalui kerja kolaboratif dan presentasi hasil investigasi (Ramadhani & Fitriani, 2024).

Model PBL memiliki peran penting dalam pengembangan modul ajar interaktif yang terintegrasi dengan pendekatan STEM dan prinsip *deep learning*, karena memberikan kerangka kontekstual yang kuat untuk mendorong peserta didik terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran yang bermakna.

2.4.1 Keterampilan Pemecahan Masalah (*Problem Solving Skills*)

Pemecahan masalah (*problem solving*) merupakan proses kognitif yang melibatkan identifikasi masalah, analisis situasi, perancangan strategi, pelaksanaan solusi, dan evaluasi hasil untuk memperoleh penyelesaian yang efektif. Dalam konteks pendidikan, keterampilan ini menjadi salah satu kompetensi abad ke-21 yang perlu dikembangkan agar peserta didik mampu menghadapi berbagai tantangan kehidupan nyata. Polya (1957), mengemukakan empat langkah utama dalam pemecahan masalah, yaitu memahami masalah, merencanakan solusi, melaksanakan rencana, dan mengevaluasi hasil. Proses tersebut menuntut kemampuan berpikir logis, kreativitas, berpikir kritis, serta keterampilan pengambilan keputusan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pendekatan *problem solving* dalam pembelajaran mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis, khususnya pada bidang sains dan matematika, sekaligus mendukung pengembangan keterampilan kolaboratif dan komunikasi ilmiah peserta didik (Hafizah & Nurhaliza, 2021; Herlina, 2020).

Masalah dalam pembelajaran sains dapat diklasifikasikan ke dalam masalah terstruktur (*well-structured problems*) dan masalah tak terstruktur (*ill-structured problems*). Masalah terstruktur memiliki tujuan yang jelas, informasi lengkap, dan satu solusi yang benar, sehingga cocok digunakan pada tahap awal pembelajaran untuk membantu peserta didik memahami konsep dasar secara sistematis (Johansen, 1997). Sebaliknya, masalah tak terstruktur bersifat autentik, kompleks, dan terbuka, dengan informasi yang sering kali tidak lengkap serta berbagai kemungkinan solusi yang memerlukan penilaian subjektif (Chi dan Glaser, 1989; Hong dan Kim, 2016). Situasi ini mendorong peserta didik untuk mengintegrasikan berbagai konsep, mengekspresikan pendapat, dan mengembangkan cara berpikir kritis selama proses pembelajaran (Auni & Rahaju, 2024; Salam, 2022).

Dalam pengembangan modul ajar interaktif berbasis *deep learning* terintegrasi STEM-PBL, masalah yang digunakan lebih diarahkan pada *ill-structured*

problems yang bersumber dari isu nyata terkait sistem organ manusia, misalnya pengaruh pola makan dan gaya hidup terhadap kesehatan organ. Melalui pemecahan masalah semacam ini, peserta didik didorong untuk mengamati, mengumpulkan dan menganalisis data, merancang solusi, serta mengkomunikasikan hasil temuannya secara lisan maupun tertulis. Proses tersebut tidak hanya menguatkan keterampilan proses sains, tetapi juga berkontribusi langsung terhadap peningkatan literasi sains dan komunikasi ilmiah sesuai tuntutan pembelajaran IPA abad ke-21 (Hafizah & Nurhaliza, 2021).

2.4.2 Karakteristik Utama Model PBL

Model PBL memiliki sejumlah karakteristik kunci yang membedakannya dari pendekatan konvensional, yaitu:

1. Konstruktif: Pengetahuan dibangun secara aktif oleh peserta didik melalui keterlibatan langsung dalam proses pembelajaran.
2. Mandiri: Peserta didik bertanggung jawab atas proses belajar yang dijalankannya.
3. Kolaboratif: Pembelajaran berlangsung dalam kelompok kecil yang mendorong interaksi dan kerja sama tim.
4. Kontekstual: Masalah yang diangkat bersifat autentik dan relevan dengan kehidupan nyata.

Masalah yang digunakan dalam PBL sering kali bersifat kompleks atau *ill-structured*, yakni tidak memiliki satu jawaban benar sehingga mendorong peserta didik untuk berpikir kreatif dan mengevaluasi berbagai alternatif solusi. Dalam hal ini, guru berperan sebagai fasilitator yang membimbing proses pembelajaran tanpa memberikan solusi secara langsung.

Karakteristik tersebut kemudian diimplementasikan dalam tahapan sintaks PBL sebagai berikut:

Tabel 2. Tahapan Sintaks model PBL

NO	Tahap	Aktivitas Pembelajaran
1.	Orientasi terhadap masalah	Guru menyajikan permasalahan autentik dan menjelaskan prosedur pemecahan masalah yang ditempuh.
2.	Mengorganisasikan siswa untuk belajar	Peserta didik mendefinisikan masalah, mengidentifikasi kebutuhan belajar, serta membentuk kelompok diskusi.
3.	Membimbing penyelidikan mandiri maupun kelompok	Peserta didik mencari informasi, melakukan eksperimen, serta mengembangkan pemahaman untuk menemukan solusi.
4.	Mengembangkan dan menyajikan hasil	Peserta didik menyusun laporan, video, atau produk lain sebagai bentuk hasil investigasi yang dipresentasikan secara kelompok.
5.	Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah	Guru memfasilitasi refleksi terhadap proses yang dilalui serta mengevaluasi efektivitas solusi yang dikemukakan.

Berdasarkan tabel tersebut, sintaks model *Problem Based Learning* (PBL) yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada tahapan yang dikemukakan oleh Arends yang terdiri dari lima tahap utama. Namun, dalam implementasinya pada pengembangan modul ajar interaktif berbasis *deep learning* terintegrasi STEM, sintaks tersebut dikembangkan menjadi enam tahap pembelajaran, yaitu *stimulation, exploration, discovery, application, communication, dan reflection*. Pengembangan ini dilakukan dengan mengintegrasikan prinsip *deep learning* (*mindfulness, meaningfulness, dan joyfulness*) serta pendekatan STEM ke dalam setiap tahapan pembelajaran. Dengan demikian, sintaks yang digunakan dalam modul ajar tidak sepenuhnya mengikuti sintaks Arends secara kaku, melainkan merupakan hasil adaptasi yang tetap mempertahankan esensi utama PBL sekaligus menyesuaikan dengan kebutuhan pembelajaran yang lebih kontekstual, kolaboratif, dan berorientasi pada pemahaman mendalam.

2.4.3 Manfaat Model PBL

Penerapan PBL dalam pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) di sekolah dasar terbukti dapat meningkatkan motivasi belajar serta memperkuat keterampilan literasi sains peserta didik (Sholihah, 2023). Selain itu, PBL juga memberikan sejumlah manfaat lain, antara lain:

1. Meningkatkan keterampilan berpikir kritis, dengan mendorong peserta didik untuk menganalisis data, mengevaluasi bukti, serta mengambil keputusan berbasis informasi (Valentin *et al.*, 2024).
2. Memperkuat kolaborasi tim, melalui kegiatan diskusi dan kerja kelompok dalam menyelesaikan tugas bersama.
3. Mengembangkan komunikasi ilmiah, melalui penyampaian ide dan hasil penyelidikan secara sistematis dan berbasis bukti (Kenya *et al.*, 2024).

2.4.4 Penerapan Teknologi dalam PBL

Integrasi teknologi dalam pelaksanaan model PBL, seperti penggunaan modul ajar interaktif berbasis STEM, terbukti mampu meningkatkan efektivitas pembelajaran. Contohnya, penggunaan simulasi komputer dan e-modul dalam lembar kerja digital berbasis STEM-PBL mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada topik-topik tertentu dalam sains. Teknologi ini memungkinkan eksplorasi konsep secara visual dan interaktif, menjadikan proses belajar lebih menarik dan mudah dipahami.

Model *Problem-Based Learning* memberikan kerangka pedagogis yang kuat dalam upaya meningkatkan literasi sains dan kemampuan komunikasi ilmiah peserta didik, khususnya pada materi sistem organ manusia di kelas V sekolah dasar. Melalui keterlibatan dalam pemecahan masalah autentik yang relevan dengan kehidupan sehari-hari, peserta didik tidak hanya memperoleh pemahaman konseptual yang lebih dalam, tetapi juga terlatih dalam keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis, kerja sama tim, dan komunikasi efektif. PBL juga menjadi dasar penting dalam pengembangan modul ajar interaktif berbasis *deep learning* yang terintegrasi pendekatan STEM, yang menjadi fokus utama dalam penelitian ini.

2.5 Integrasi Pendekatan STEM-PBL dan Prinsip *Deep Learning* Dalam Pembelajaran IPAS Kelas V.

Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS) di sekolah dasar memerlukan pendekatan pembelajaran yang mampu membantu siswa memahami konsep secara mendalam sekaligus mengaitkannya dengan fenomena yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari. Materi sistem organ manusia pada kelas V termasuk materi yang membutuhkan pemahaman konseptual yang kuat karena berkaitan dengan berbagai proses biologis yang saling berhubungan. Oleh karena itu, proses pembelajaran perlu dirancang sedemikian rupa agar siswa tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi juga terlibat aktif dalam proses menemukan dan membangun pengetahuan.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut adalah dengan mengintegrasikan pendekatan STEM-PBL dengan prinsip *deep learning* dalam pembelajaran. Pendekatan STEM-PBL memungkinkan siswa belajar melalui pemecahan masalah kontekstual yang melibatkan integrasi sains, teknologi, rekayasa, dan matematika. Sementara itu, prinsip *deep learning* menekankan proses pembelajaran yang mendorong pemahaman konsep secara mendalam, refleksi, serta kemampuan menghubungkan pengetahuan dengan situasi nyata. Integrasi kedua pendekatan ini diharapkan dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih bermakna, menantang, dan relevan bagi siswa sekolah dasar.

2.5.1 Pendekatan STEM-PBL dalam Pembelajaran Sistem Organ Manusia di Sekolah Dasar

Pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) merupakan pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu untuk membantu siswa memahami konsep secara terpadu serta mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Melalui pendekatan ini, siswa tidak hanya mempelajari konsep secara terpisah, tetapi juga memahami keterkaitan antar konsep dalam berbagai bidang ilmu.

Sementara itu, *Problem Based Learning* (PBL) merupakan model pembelajaran yang berpusat pada siswa dengan menekankan penggunaan masalah nyata sebagai titik awal pembelajaran. Dalam pembelajaran berbasis masalah, siswa diajak untuk mengidentifikasi permasalahan, mengumpulkan informasi yang relevan, menganalisis berbagai alternatif solusi, serta mempresentasikan hasil pemikirannya. Proses ini mendorong siswa untuk aktif membangun pengetahuan melalui kegiatan penyelidikan dan diskusi.

Integrasi pendekatan STEM dengan PBL menghasilkan pendekatan pembelajaran yang memungkinkan siswa memecahkan masalah secara ilmiah dengan memanfaatkan berbagai konsep dari disiplin ilmu yang berbeda. Dalam pembelajaran sistem organ manusia, pendekatan STEM-PBL dapat diterapkan melalui berbagai kegiatan seperti pengamatan fungsi organ tubuh, analisis hubungan antar organ dalam suatu sistem, serta pemecahan masalah yang berkaitan dengan kesehatan dan gaya hidup. Melalui kegiatan tersebut, siswa tidak hanya memahami konsep biologis secara teoritis, tetapi juga mampu mengaitkannya dengan kondisi nyata dalam kehidupan sehari-hari.

Pendekatan STEM-PBL juga mendorong siswa untuk bekerja secara kolaboratif dalam kelompok, berdiskusi, serta mengomunikasikan hasil pemikiran mereka. Dengan demikian, pembelajaran tidak hanya berfokus pada penguasaan konsep, tetapi juga pada pengembangan keterampilan berpikir ilmiah dan kemampuan bekerja sama.

2.5.2 Prinsip *Deep Learning* dalam Pengembangan Modul Ajar Interaktif

Deep learning dalam konteks pendidikan merujuk pada proses pembelajaran yang menekankan pemahaman konsep secara mendalam, kemampuan mengaitkan berbagai konsep, serta penerapan pengetahuan dalam berbagai situasi.

Pembelajaran berbasis *deep learning* berbeda dengan pembelajaran yang hanya berfokus pada hafalan atau penguasaan informasi secara dangkal (*surface learning*). Dalam *deep learning*, siswa didorong untuk memahami makna suatu

konsep, menganalisis hubungan antar konsep, serta mengaplikasikan pengetahuan yang diperoleh dalam konteks kehidupan nyata.

Penerapan prinsip *deep learning* dalam pembelajaran menuntut adanya keterlibatan aktif siswa dalam proses belajar. Aktivitas pembelajaran biasanya dirancang melalui kegiatan eksplorasi, diskusi, analisis, serta pemecahan masalah yang menantang. Melalui kegiatan tersebut, siswa dapat mengembangkan kemampuan berpikir kritis, reflektif, serta kemampuan mengaitkan pengetahuan baru dengan pengalaman yang telah dimiliki.

Dalam penelitian ini, prinsip *deep learning* diintegrasikan dalam pengembangan modul ajar interaktif. Modul ajar interaktif merupakan bahan ajar yang dirancang untuk memfasilitasi keterlibatan aktif siswa melalui berbagai aktivitas belajar seperti pengamatan, eksperimen sederhana, diskusi, dan refleksi. Selain itu, penggunaan media visual, gambar, serta aktivitas interaktif dalam modul dapat membantu siswa memahami konsep yang bersifat abstrak menjadi lebih konkret.

Melalui modul ajar interaktif yang dirancang berdasarkan prinsip *deep learning*, siswa diharapkan tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi juga terlibat dalam proses membangun pemahaman secara mandiri. Aktivitas yang terdapat dalam modul membantu siswa menghubungkan konsep yang dipelajari dengan pengalaman nyata sehingga pemahaman yang terbentuk menjadi lebih mendalam dan bermakna.

Dalam konteks pengembangan modul ajar interaktif, prinsip *deep learning* yang meliputi *mindfulness*, *meaningfulness*, dan *joyfulness* perlu dioperasionalkan ke dalam indikator yang dapat diamati selama proses pembelajaran. Indikator ini berfungsi sebagai acuan dalam menilai keterlibatan siswa secara kognitif, afektif, dan metakognitif, sehingga implementasi *deep learning* tidak hanya bersifat konseptual, tetapi juga terukur dalam praktik pembelajaran.

Adapun indikator ketercapaian *deep learning* dalam penelitian ini meliputi tiga aspek utama. Pertama, *mindfulness* (kesadaran penuh), yang ditunjukkan melalui kemampuan siswa dalam memusatkan perhatian selama pembelajaran, mengajukan pertanyaan yang relevan, serta merefleksikan proses belajar yang dialami. Kedua, *meaningfulness* (kebermaknaan), yang tercermin dari kemampuan siswa dalam mengaitkan materi dengan kehidupan sehari-hari, menjelaskan konsep secara runtut dan logis, serta menggunakan pengetahuan untuk memecahkan masalah kontekstual. Ketiga, *joyfulness* (kesenangan belajar), yang terlihat dari antusiasme siswa dalam mengikuti pembelajaran, keaktifan dalam diskusi dan kerja kelompok, serta motivasi dalam menyelesaikan tugas atau proyek pembelajaran.

Dengan demikian, indikator tersebut menjadi landasan dalam merancang sekaligus mengevaluasi pembelajaran berbasis *deep learning* yang terintegrasi dengan pendekatan STEM-PBL. Keberadaan indikator ini juga memperkuat keterkaitan antara aspek teoritis dan implementatif dalam pengembangan modul ajar interaktif, sehingga pembelajaran yang dihasilkan tidak hanya bermakna dan menyenangkan, tetapi juga mampu meningkatkan literasi sains dan komunikasi ilmiah siswa secara optimal.

2.5.3 Integrasi STEM-PBL dan *Deep Learning* dalam Pembelajaran IPAS

Integrasi pendekatan STEM-PBL dengan prinsip *deep learning* dalam pembelajaran IPAS memberikan peluang bagi siswa untuk memperoleh pengalaman belajar yang lebih komprehensif. Pendekatan STEM-PBL menyediakan kerangka pembelajaran berbasis masalah yang kontekstual, sedangkan prinsip *deep learning* memastikan bahwa proses pembelajaran tersebut mendorong terbentuknya pemahaman konsep yang lebih mendalam.

Dalam pembelajaran sistem organ manusia, integrasi kedua pendekatan ini dapat diwujudkan melalui kegiatan pembelajaran yang menekankan eksplorasi konsep, pemecahan masalah, serta diskusi ilmiah. Siswa diajak untuk mengamati

fenomena yang berkaitan dengan fungsi organ tubuh, menganalisis hubungan antar organ dalam suatu sistem, serta merumuskan solusi terhadap berbagai permasalahan yang berkaitan dengan kesehatan manusia. Melalui proses tersebut, siswa dapat mengembangkan kemampuan berpikir kritis, melakukan penyelidikan sederhana, serta mengaitkan konsep sains dengan situasi nyata.

Selain itu, aktivitas diskusi, presentasi, dan pelaporan hasil penyelidikan dalam pembelajaran berbasis STEM-PBL juga memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengemukakan ide, menjelaskan hasil pengamatan, serta menyampaikan argumentasi secara logis. Proses ini mendukung pengembangan kemampuan siswa dalam memahami konsep sains sekaligus mengomunikasikan pemikirannya secara ilmiah.

Dengan demikian, integrasi pendekatan STEM-PBL dan prinsip *deep learning* dalam modul ajar interaktif diharapkan dapat menciptakan pembelajaran IPAS yang lebih bermakna, kontekstual, dan partisipatif bagi siswa sekolah dasar. Pendekatan ini tidak hanya membantu siswa memahami konsep sistem organ manusia secara lebih mendalam, tetapi juga mendukung pengembangan kemampuan literasi sains dan komunikasi ilmiah siswa. Penjelasan lebih lanjut mengenai konsep literasi sains dan komunikasi ilmiah akan dibahas pada subbab berikutnya.

2.6 Literasi Sains

Literasi sains adalah kemampuan untuk memahami, menganalisis, dan menerapkan konsep-konsep ilmiah dalam kehidupan sehari-hari. Model pembelajaran yang mengintegrasikan asesmen berbasis HOTS dan pendekatan STEM terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi, pemecahan masalah, dan kreativitas siswa. Pengembangan perangkat pembelajaran inovatif seperti ini sangat penting untuk mendukung keterampilan abad ke-21 dan literasi sains peserta didik (Rosidin *et al.*, 2019). Hal ini mencakup kemampuan untuk menginterpretasi data ilmiah, mengidentifikasi hubungan sebab akibat, serta menggunakan pengetahuan ilmiah untuk mengambil

keputusan yang berbasis bukti (OECD, 2020; Wei *et.al.*, 2023). Literasi sains memungkinkan peserta didik untuk tidak hanya menguasai konsep ilmiah, tetapi juga mengembangkan keterampilan berpikir kritis yang diperlukan untuk menghadapi tantangan global, seperti perubahan iklim, teknologi, dan kesehatan masyarakat (of Sciences, 2021).

Literasi sains dapat ditingkatkan melalui pendekatan yang kontekstual dan berbasis masalah, di mana peserta didik didorong untuk terlibat dalam eksperimen ilmiah, analisis data, serta aplikasi pengetahuan sains untuk menyelesaikan masalah nyata. Penerapan literasi sains ini juga sangat mendukung pengembangan keterampilan lain yang relevan dengan kehidupan abad ke-21, seperti komunikasi ilmiah dan kerja kolaboratif (Hindun *et al.*, 2024).

Tabel 3. Indikator Literasi Sains

NO	Indikator Literasi Sains	Deskripsi	Metode Pengukuran
1	Menjelaskan fenomena secara ilmiah	Kemampuan menjelaskan konsep, peristiwa, atau proses ilmiah berdasarkan pengetahuan sains yang relevan	Tes tertulis, tugas penjelasan fenomena, diskusi kelas
2	Menginterpretasikan dan membuktikan data secara ilmiah	Kemampuan menganalisis, menafsirkan, dan menarik justifikasi berdasarkan data eksperimen atau sumber ilmiah	Analisis data eksperimen, laporan praktikum, lembar kerja sains
3	Mengidentifikasi pertanyaan ilmiah	Kemampuan merumuskan atau mengidentifikasi pertanyaan yang dapat diuji secara ilmiah sehubungan dengan masalah nyata	Tes isian, tugas membuat pertanyaan, diskusi kelompok
4	Menarik kesimpulan berdasarkan bukti	Kemampuan menyimpulkan hasil pengamatan/eksperimen berdasarkan data dan bukti ilmiah	Laporan eksperimen, tugas refleksi, penilaian pemecahan masalah
5	Memecahkan masalah dengan pendekatan ilmiah	Kemampuan menggunakan pengetahuan dan prosedur ilmiah untuk menyelesaikan masalah nyata atau membuat solusi	Studi kasus, tugas proyek, presentasi solusi ilmiah

(OECD, 2023).

Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan dalam meningkatkan literasi sains adalah melalui pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*/PBL).

Pendekatan ini memungkinkan peserta didik untuk merancang dan melaksanakan eksperimen ilmiah yang relevan dengan kehidupan mereka, seperti dalam topik perubahan iklim atau teknologi energi terbarukan (Lentzen, 2024). PBL mengembangkan kemampuan peserta didik dalam mengidentifikasi masalah, merancang solusi, serta mempresentasikan temuan mereka kepada audiens yang lebih luas (Gao *et al.*, 2023). Selain itu, literasi sains juga melibatkan kemampuan untuk berpikir kritis dan skeptis terhadap informasi ilmiah yang ada, yang sangat penting dalam era informasi yang dipenuhi dengan data yang sering kali tidak terverifikasi (He, H.; *et al.*, 2022).

2.7 Komunikasi Ilmiah

Komunikasi ilmiah adalah keterampilan untuk menyampaikan informasi ilmiah secara jelas, akurat, dan dapat dipahami oleh berbagai audiens. Ini mencakup kemampuan untuk menulis laporan eksperimen, membuat presentasi ilmiah yang menarik, serta berpartisipasi dalam diskusi ilmiah. Komunikasi ilmiah tidak hanya penting dalam konteks pendidikan, tetapi juga dalam dunia profesional, di mana komunikasi temuan ilmiah dapat mempengaruhi keputusan kebijakan, penelitian lebih lanjut, dan aplikasi teknologi (Yang & Li, 2021).

Komunikasi ilmiah juga mencakup kemampuan untuk mengkomunikasikan ide-ide kompleks secara sederhana tanpa mengurangi esensi ilmiahnya. Hal ini sangat penting dalam memastikan bahwa masyarakat umum dapat memahami isu-isu ilmiah yang mempengaruhi kehidupan mereka, seperti pemanasan global, krisis kesehatan, dan inovasi teknologi (Lin *et al.*, 2023).

Tabel 4. Indikator Komunikasi Ilmiah

NO	Indikator Komunikasi Ilmiah	Deskripsi	Metode Pengukuran
1	Kepercayaan dan Ketelitian Ilmiah	Komunikasi yang didasarkan pada sumber ilmiah terpercaya, penyampaian informasi yang faktual, objektif, dan transparan, termasuk proses dan data ilmiah	Analisis laporan tertulis, penilaian sumber referensi, observasi keterbukaan proses ilmiah
2	Presentasi dan Gaya Komunikasi	Penyajian informasi secara jelas, terstruktur, menarik, menggunakan bahasa yang sesuai audiens, serta pemanfaatan berbagai media komunikasi (tulisan, poster digital, video, presentasi)	Observasi presentasi, analisis produk komunikasi (poster, video), penilaian rubrik presentasi
3	Keterlibatan dan Interaksi dengan Audiens	Kemampuan mendorong keterlibatan audiens melalui diskusi, tanya jawab, penyampaian argumen logis, serta interaksi dengan media digital (misal: komentar, polling, diskusi daring)	Penilaian partisipasi diskusi, observasi sesi tanya jawab, dokumentasi aktivitas digital
4	Dampak dan Relevansi dengan Masyarakat	Komunikasi relevan dengan konteks kehidupan sehari-hari, menghasilkan dampak positif terhadap pemahaman/sikap sains, mengaitkan konsep ilmiah dengan pengalaman nyata	Refleksi peserta, survei sikap/efek setelah komunikasi, evaluasi keterhubungan isi dengan kehidupan siswa

(Olesk *et al.*, 2021).

Peningkatan keterampilan komunikasi ilmiah pada siswa dapat dilakukan melalui berbagai metode, termasuk penggunaan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) untuk membuat presentasi interaktif dan menarik. Menggunakan platform digital seperti *podcast*, *video blog*, dan media sosial juga merupakan cara yang efektif untuk melatih siswa dalam menyampaikan informasi ilmiah dengan cara yang lebih menarik dan dapat menjangkau audiens yang lebih luas (He, H.; *et al.*, 2022). Sebagai contoh, siswa dapat diminta untuk mempresentasikan temuan eksperimen ilmiah mereka dalam bentuk video atau infografis digital yang dapat dibagikan secara *online*. Hal ini tidak hanya melatih keterampilan berbicara dan menulis ilmiah, tetapi juga memberi siswa pengalaman dalam menyampaikan pengetahuan kepada audiens non-spesialis (Liu *et al.*, 2023).

Untuk memberikan batasan yang lebih jelas sekaligus menegaskan fokus pengukuran dalam penelitian ini, berikut disajikan tabel perbandingan indikator literasi sains dan komunikasi ilmiah.

Tabel 5. Perbandingan Indikator Literasi Sains dan Komunikasi Ilmiah

No	Aspek	Literasi Sains (OECD/PISA)	Komunikasi Ilmiah (JCOM 2020)
1	Fokus	Kemampuan memahami, menggunakan, dan menerapkan pengetahuan sains secara ilmiah dan kritis.	Kemampuan menyampaikan gagasan, proses, atau hasil ilmiah dengan cara yang akurat, jelas, dan bertanggung jawab.
2	Indikator 1	Menjelaskan fenomena secara ilmiah (C2/C3): Siswa mampu menjelaskan peristiwa atau proses secara ilmiah berdasarkan konsep dan istilah sains yang benar.	Kepercayaan dan ketelitian ilmiah (C2/C3): Siswa mampu menyampaikan informasi/fakta ilmiah yang bersumber dari literatur/sumber tepercaya dengan jelas dan transparan.
3	Indikator 2	Menginterpretasikan dan membuktikan data ilmiah (C3): Siswa mampu menganalisis, menafsirkan, serta membuktikan informasi/data secara ilmiah.	Presentasi dan gaya komunikasi (C3): Siswa mampu menyusun presentasi ilmiah (lisan/tulisan/visual) yang akurat, sistematis, dan menarik menggunakan berbagai media.
4	Indikator 3	Mengidentifikasi pertanyaan ilmiah (C3): Siswa mampu merumuskan, mengidentifikasi, serta mengembangkan pertanyaan atau masalah yang dapat diuji secara ilmiah.	Keterlibatan dan interaksi dengan audiens (C3): Siswa mampu berdiskusi, bertanya jawab, dan menjawab secara ilmiah serta melibatkan audiens secara aktif.
5	Indikator 4	Menarik kesimpulan berdasarkan bukti (C4): Siswa mampu menyimpulkan dan mengevaluasi argumen atau temuan berdasarkan bukti ilmiah yang tersedia.	Dampak dan relevansi dengan masyarakat (C4): Siswa mampu mengaitkan hasil/pesan ilmiah dengan konteks kehidupan sehari-hari dan menjelaskan relevansi serta dampaknya bagi masyarakat.
6	Indikator 5	Memecahkan masalah dengan pendekatan ilmiah (C4): Siswa mampu menggunakan pengetahuan/proses sains untuk memecahkan masalah nyata atau merancang solusi berbasis sains.	Menyampaikan solusi ilmiah secara logis dan kreatif, baik dalam komunikasi lisan, tulisan, maupun visual.
7	Metode Pengukuran	Tes tertulis, studi kasus, analisis data, proyek pemecahan masalah, laporan eksperimen.	Rubrik presentasi, evaluasi laporan/presentasi ilmiah, partisipasi diskusi, produk media komunikasi ilmiah.

(OECD, 2023; Olesk *et al.*, 2021).

2.8 Relevansi Modul Ajar Interaktif Berbasis *Deep Learning* Terintegrasi Stem PBL Terhadap Literasi Sains dan Komunikasi Ilmiah

Penggunaan modul ajar interaktif berbasis *deep learning* yang terintegrasi dengan pendekatan STEM PBL memiliki relevansi kuat dengan upaya peningkatan literasi sains siswa sekolah dasar. Modul ini dirancang untuk menghadirkan masalah autentik yang dekat dengan kehidupan sehari-hari, misalnya isu kesehatan sistem organ manusia, sehingga siswa terdorong untuk mengaitkan konsep IPAS dengan pengalaman konkret mereka (Abdurrahman, 2019; Dwi Yulianti, 2021). Melalui integrasi STEM, siswa tidak hanya mempelajari konsep sains, tetapi juga memanfaatkan teknologi, melakukan kegiatan rekayasa sederhana, dan menerapkan penalaran matematis untuk menganalisis data. Proses ini sejalan dengan dimensi literasi sains yang ditekankan PISA, yaitu kemampuan menjelaskan fenomena secara ilmiah, mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah, serta menginterpretasikan data dan bukti secara ilmiah (OECD, 2023; Abdurrahman, 2020).

Model PBL di dalam modul ajar interaktif menyediakan alur kegiatan yang sistematis mulai dari orientasi masalah, penyelidikan mandiri maupun kelompok, hingga penyajian dan refleksi hasil. Setiap tahap PBL menuntut siswa untuk mengajukan pertanyaan, merumuskan hipotesis, mengumpulkan informasi, dan mengevaluasi solusi berdasarkan bukti yang diperoleh (Dwi Yulianti, 2020). Ketika sintaks PBL dipadukan dengan prinsip *deep learning* seperti pembelajaran yang mendalam, reflektif, dan berkelanjutan siswa tidak hanya mengingat fakta, tetapi mengonstruksi pemahaman konseptual yang lebih kokoh tentang struktur dan fungsi sistem organ manusia serta faktor faktor yang memengaruhi kesehatannya (Abdurrahman, 2018; Undang Rosidin, 2019). Dengan demikian, modul ajar interaktif berbasis *deep learning* terintegrasi STEM PBL menyediakan lingkungan belajar yang kaya pengalaman ilmiah, yang secara teoritis mendukung peningkatan literasi sains siswa.

Selain itu, modul ajar interaktif ini juga dirancang secara eksplisit untuk mengembangkan komunikasi ilmiah siswa. Kegiatan diskusi kelompok, presentasi

hasil penyelidikan, penulisan laporan sederhana, dan penyusunan produk seperti poster atau infografis menuntut siswa menyajikan data, menjelaskan temuan, serta menyusun argumen secara runtut dan berbasis bukti (Undang Rosidin, 2020; Dwi Yulianti, 2022). Fitur interaktif dalam modul seperti forum diskusi, panduan pertanyaan terbuka, dan umpan balik otomatis mendorong siswa mengungkapkan pemikiran mereka baik secara lisan maupun tertulis. Integrasi STEM PBL memperkaya proses komunikasi ilmiah ini karena siswa perlu menyampaikan penjelasan yang menggabungkan aspek sains, teknologi, rekayasa, dan matematika, sehingga kualitas penjelasan dan argumentasi ilmiah yang mereka bangun menjadi lebih komprehensif (Abdurrahman, 2021).

Relevansi modul ajar interaktif berbasis deep learning terintegrasi STEM PBL terhadap literasi sains dan komunikasi ilmiah juga tampak dari kesesuaiannya dengan tuntutan pembelajaran abad ke 21 dan kebijakan nasional seperti asesmen kompetensi minimum. literasi sains dan kemampuan mengomunikasikan gagasan secara logis merupakan kompetensi esensial yang masih lemah pada siswa Indonesia, sebagaimana tercermin dari capaian PISA dan berbagai hasil penelitian sebelumnya (OECD, 2023; Undang Rosidin, 2021). Dengan menyediakan pengalaman belajar yang kontekstual, interaktif, dan berpusat pada pemecahan masalah, modul ini berpotensi menjembatani kesenjangan antara tuntutan kurikulum dengan praktik pembelajaran di kelas (Abdurrahman, 2020; Dwi Yulianti, 2022). Oleh karena itu, secara teoritis pengembangan modul ajar interaktif berbasis *deep learning* terintegrasi STEM PBL pada materi sistem organ manusia kelas V SD dipandang relevan dan menjanjikan untuk meningkatkan literasi sains dan komunikasi ilmiah siswa.

2.9 Penelitian Relevan

Tabel 6. Penelitian Relevan

Nama Peneliti>Nama Jurnal/Judul	Hasil Penelitian/Analisis
Abdurrahman dkk. (2023) dalam artikel berjudul <i>Impacts of Integrating Engineering Design Process into STEM Makerspace on Renewable Energy Unit to Foster Students' System Thinking Skills</i>	meneliti pengaruh integrasi <i>engineering design process</i> dalam pembelajaran STEM pada materi energi terbarukan. Penelitian quasi eksperimen ini menunjukkan bahwa siswa yang belajar melalui STEM <i>makerspace</i> terintegrasi <i>engineering design process</i> memiliki keterampilan <i>system thinking</i> serta keterlibatan <i>mind-on</i> dan <i>hands-on</i> yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Temuan ini menjadi landasan empiris bahwa integrasi pendekatan STEM dengan aktivitas pemecahan masalah berbasis desain efektif mengembangkan keterampilan abad ke-21, sehingga relevan diadaptasi dalam pengembangan modul ajar IPAS berbasis <i>deep learning</i> terintegrasi STEM–PBL pada penelitian ini.
Yulianti dan Herpratiwi (2024) <i>Development of a Science, Environment, Technology, and Society-Based Learning Module to Foster Critical Thinking in Elementary Students</i>	mengembangkan modul pembelajaran IPAS berbasis science, environment, technology, and society (SETS) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa sekolah dasar. Penelitian menggunakan pendekatan <i>research and development</i> dengan mengadaptasi model Borg dan Gall, mencakup analisis kebutuhan, perancangan, pengembangan, validasi ahli, serta uji kepraktisan dan efektivitas modul pada beberapa sekolah dasar. Hasil validasi menunjukkan bahwa modul memiliki tingkat kevalidan sangat tinggi pada aspek isi, media, bahasa, dan pedagogik, sedangkan uji kepraktisan memperoleh skor rata-rata di atas 90 dari guru dan siswa. Selain itu, terdapat peningkatan signifikan kemampuan berpikir kritis berdasarkan perbandingan skor pretest dan posttest, sehingga modul SETS dinyatakan efektif mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa SD dan menjadi dasar penting bagi pengembangan modul ajar IPAS berbasis <i>deep learning</i> terintegrasi STEM–PBL dalam penelitian ini.
Rosidin, Suyatna, dan Abdurrahman (2019) melalui artikel <i>A Combined HOTS-Based Assessment/STEM Learning Model to Improve Students' Thinking Skills</i>	Mengembangkan model pembelajaran fisika berbasis STEM yang terintegrasi dengan asesmen kemampuan berpikir tingkat tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model tersebut secara signifikan meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa dibandingkan pembelajaran konvensional dengan <i>effect size</i> yang kuat. Temuan ini menguatkan bahwa perangkat pembelajaran berbasis STEM yang dirancang dengan baik dapat meningkatkan parameter proses berpikir siswa, sehingga menjadi rujukan penting dalam penyusunan modul ajar IPAS berbasis <i>deep learning</i> terintegrasi STEM–PBL.

Lanjutan Tabel 6.

Nama Peneliti>Nama Jurnal/Judul	Hasil Penelitian/Analisis
Wahdaniyah, Agustini, dan Tukiran (2023) meneliti <i>Analysis of Effectiveness STEM- PBL to Improve Student's Critical Thinking Skills</i>	menemukan bahwa penerapan PBL–STEM pada pembelajaran IPA meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa secara signifikan dengan kategori N-gain sedang. Selain itu, respon siswa terhadap pembelajaran PBL–STEM sangat positif. Penelitian ini memberikan bukti tambahan bahwa sintaks PBL–STEM efektif sebagai kerangka desain pembelajaran pada modul IPAS yang dikembangkan.
Elbashbisy (2024) <i>Deep Learning in Education. In Sustainability Education.</i>	Dalam kajiannya tentang pendekatan pembelajaran mendalam dalam pendidikan sains dasar menyimpulkan bahwa pembelajaran <i>deep learning</i> yang mengintegrasikan prinsip <i>mindfulness, meaningfulness, dan joyfulness</i> menghasilkan peningkatan keterlibatan siswa, kemampuan berpikir kritis, dan kesiapan menghadapi perubahan. Pendekatan ini menekankan pengalaman belajar yang reflektif, bermakna, dan menyenangkan. Temuan tersebut menjadi dasar teoritis penting bagi integrasi prinsip <i>deep learning</i> dalam modul ajar interaktif IPAS.
Rachmadtullah dkk. (2020). <i>Meaningful Learning dalam Pengembangan Modul Ajar Interaktif.</i>	mengembangkan modul ajar interaktif berbasis teknologi untuk pembelajaran di sekolah dasar. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa modul interaktif yang memuat aktivitas eksplorasi, eksperimen, dan refleksi dapat meningkatkan partisipasi aktif dan hasil belajar siswa dibandingkan bahan ajar konvensional. Hasil ini sejalan dengan tujuan modul ajar IPAS yang dikembangkan, yaitu menyediakan bahan ajar interaktif yang mendorong keterlibatan dan kemandirian belajar siswa.
Artikel Jurnal Basicedu tahun 2022 berjudul <i>Komunikasi Ilmiah Siswa Sekolah Dasar melalui Proyek Permainan STEM</i>	Menganalisis kemampuan komunikasi ilmiah siswa SD yang terlibat dalam proyek permainan STEM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proyek STEM dapat meningkatkan kemampuan siswa dalam menyusun laporan, mempresentasikan hasil kerja, dan berdiskusi secara ilmiah, serta siswa merasakan proses pembelajaran yang lebih menarik dan bermakna. Penelitian ini sangat relevan dengan fokus tesis pada pengembangan komunikasi ilmiah melalui sintaks <i>communication</i> dan <i>reflection</i> dalam modul IPAS.

Lanjutan Tabel 6.

Nama Peneliti/Nama Jurnal/Judul	Hasil Penelitian/Analisis
Fatmawati (2022) dalam penelitian berjudul <i>Penerapan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis STEM dengan Model Problem Based Learning sebagai Alternatif Solusi untuk Melatih Kemampuan Literasi Sains Siswa</i>	menerapkan LKPD berbasis STEM dengan model problem based learning pada pembelajaran IPA. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan signifikan kemampuan literasi sains siswa ke kategori baik serta respon yang positif terhadap kegiatan pembelajaran. Penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi PBL dan STEM efektif untuk meningkatkan literasi sains, sejalan dengan tujuan modul ajar IPAS yang dikembangkan dalam tesis ini.
Penelitian di SMA Negeri 13 Bekasi (2019) berjudul <i>Pengaruh Model Problem Based Learning Terintegrasi STEM terhadap Kemampuan Literasi Sains Peserta Didik pada Konsep Ekosistem</i>	menguji pengaruh model PBL–STEM terhadap literasi sains. Rata-rata skor literasi sains kelas eksperimen yang diajar dengan PBL–STEM sebesar 84,77 lebih tinggi secara signifikan dibanding kelas kontrol sebesar 66,16 berdasarkan uji statistik. Temuan ini menegaskan bahwa PBL–STEM berpengaruh positif terhadap literasi sains, sehingga menjadi justifikasi kuat penggunaan sintaks PBL–STEM dalam modul IPAS pada penelitian ini.
Penelitian di SMP Negeri 2 Salam tentang <i>Penerapan Model Problem Based Learning dengan Pendekatan STEM terhadap Peningkatan Kemampuan Literasi Sains Siswa</i>	Penelitian ini menggunakan desain quasi eksperimen dengan kelas kontrol dan eksperimen. Hasil uji Mann–Whitney menunjukkan nilai signifikansi $0,029 < 0,05$ dengan <i>effect size</i> kategori sedang, yang berarti terdapat peningkatan signifikan literasi sains siswa setelah penerapan <i>problem based learning</i> dengan pendekatan STEM. Penelitian ini memperkuat temuan bahwa integrasi PBL dan STEM layak diadaptasi untuk meningkatkan literasi sains di berbagai jenjang, termasuk sekolah dasar.
Hindun dkk. (2024) dalam artikel <i>Effectiveness of Project-Based Learning in Improving Science Literacy and Collaborative Skills of Muhammadiyah Middle School Students</i>	menerapkan model <i>project based learning</i> pada pembelajaran sains. Hasil penelitian menunjukkan bahwa <i>project based learning</i> efektif meningkatkan literasi sains dan keterampilan kolaboratif siswa secara signifikan dengan kategori N-gain sedang–tinggi. Temuan ini mendukung keputusan penelitian ini untuk memasukkan aktivitas proyek dalam modul ajar IPAS guna mengembangkan literasi sains dan kerja sama siswa.

Lanjutan Tabel 6.

Nama Peneliti>Nama Jurnal/Judul	Hasil Penelitian/Analisis
Susilawati dkk. (2022). Peningkatan Literasi Sains melalui Pembelajaran IPA.	Peneliti meneliti penggunaan media interaktif seperti presentasi, video animasi, dan simulasi digital dalam pembelajaran IPA di sekolah dasar dan menemukan bahwa media interaktif dapat meningkatkan motivasi dan hasil belajar siswa, meskipun implementasinya masih jarang dilakukan oleh guru. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara potensi media interaktif dan praktik di lapangan, yang kemudian dijawab oleh penelitian ini melalui pengembangan modul ajar IPAS interaktif berbasis teknologi.
Aiman dkk. (2021) melalui artikel <i>Problem Based Learning terhadap Literasi Sains Siswa Sekolah Dasar: Sebuah Literature Review</i>	dimuat dalam Jurnal Ilmiah Mandala <i>Education</i> melakukan kajian sistematis terhadap berbagai penelitian penerapan model <i>problem based learning</i> pada siswa sekolah dasar. <i>Review</i> tersebut menunjukkan bahwa pada hampir semua studi, <i>problem based learning</i> efektif meningkatkan literasi sains siswa kelas III sampai VI sekolah dasar, baik pada desain pre eksperimental, quasi eksperimen, maupun penelitian tindakan kelas. Hasil ini menegaskan secara konsisten bahwa model <i>problem based learning</i> merupakan strategi yang tepat untuk meningkatkan literasi sains siswa sekolah dasar, sehingga menjadi dasar kuat bagi penggunaan PBL dalam modul ajar IPAS pada penelitian ini.
Lentzen dkk. (2024). Pengaruh Pembelajaran Mendalam terhadap Kesiapan Siswa Abad 21.	melaporkan bahwa pembelajaran sains yang menekankan pembelajaran mendalam berkontribusi pada kesiapan siswa menghadapi tantangan abad ke-21, terutama dalam hal fleksibilitas berpikir dan kemampuan mengaitkan konsep dengan konteks nyata. Temuan ini sejalan dengan rancangan modul IPAS yang mengaitkan materi sistem pencernaan dengan kehidupan sehari-hari siswa, seperti pola makan sehat dan pencegahan gangguan pencernaan, sehingga mendukung penerapan prinsip <i>meaningful learning</i> dalam modul yang dikembangkan.
Penelitian quasi eksperimen di SDN 4 Nagri Kaler (2023) berjudul <i>Pengaruh Model Problem Based Learning terhadap Kemampuan Literasi Sains Siswa Sekolah Dasar</i>	menganalisis peningkatan literasi sains siswa kelas V melalui penerapan <i>problem based learning</i> . Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan literasi sains pada kelas eksperimen yang menggunakan <i>problem based learning</i> lebih baik secara signifikan dibanding kelas kontrol dengan pembelajaran konvensional, dengan nilai <i>N-gain</i> yang berbeda nyata ($p = 0,008$) dan kontribusi <i>problem based learning</i> terhadap peningkatan literasi sains sebesar 24,2%. Temuan ini memperkuat bukti bahwa model <i>problem based learning</i> berpengaruh positif terhadap literasi sains siswa sekolah dasar, sejalan dengan tujuan penelitian ini untuk meningkatkan literasi sains melalui modul ajar interaktif berbasis <i>deep learning</i> terintegrasi STEM-PBL.

2.10 Kerangka Pikir

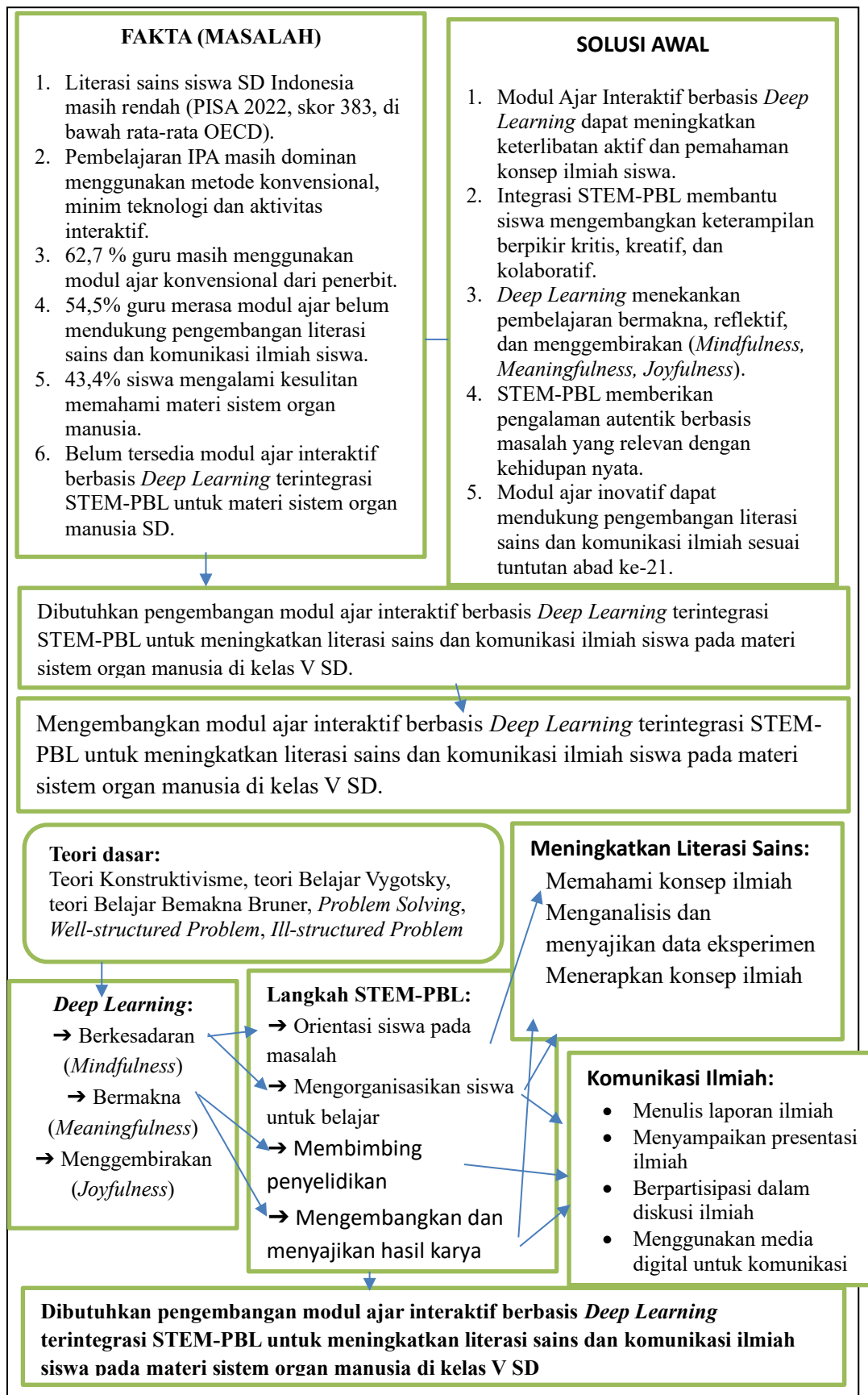
Kerangka pemikiran dalam penelitian ini disusun untuk memberikan gambaran logis mengenai hubungan antara variabel-variabel yang terlibat dalam pengembangan modul ajar interaktif berbasis *Deep learning* terintegrasi STEM-PBL, serta pengaruhnya terhadap literasi sains dan komunikasi ilmiah siswa pada materi sistem organ manusia di kelas V SD.

Pembelajaran sains di sekolah dasar masih menghadapi tantangan rendahnya literasi sains dan keterampilan komunikasi ilmiah siswa (OECD, 2023; Susilawati *et al.*, 2022). Hal ini disebabkan oleh pembelajaran yang cenderung berpusat pada guru, kurangnya pemanfaatan teknologi, serta minimnya penerapan pendekatan pembelajaran yang mendorong keterlibatan aktif (Mulyasa, 2021).

Pengembangan modul ajar interaktif berbasis *Deep learning* yang terintegrasi dengan pendekatan STEM-PBL diyakini dapat menjadi solusi strategis. *Deep learning* menekankan pembelajaran bermakna, reflektif, dan mendalam, sehingga siswa tidak hanya menghafal konsep tetapi juga mampu mengaitkan pengetahuan dengan kehidupan sehari-hari (Hewlett Foundation, 2022; Kemendikbud, 2025). Integrasi STEM-PBL menghadirkan pembelajaran lintas disiplin yang kontekstual, menuntut siswa untuk berpikir kritis, memecahkan masalah nyata, serta mengembangkan keterampilan kolaborasi dan komunikasi (Bybee, 2013; Wahono *et al.*, 2018).

Modul ajar interaktif yang dikembangkan dalam penelitian ini memfasilitasi siswa untuk belajar melalui simulasi digital, eksperimen virtual, diskusi kelompok, serta latihan soal berbasis pemecahan masalah. Penggunaan teknologi seperti animasi interaktif dan simulasi AR berfungsi sebagai alat mediasi yang membantu siswa memahami konsep abstrak secara konkret (Chen, 2024). Selain itu, fitur *Scaffolding* adaptif memberikan bimbingan bertahap sesuai tingkat pemahaman siswa, sehingga mendukung perkembangan kognitif secara optimal (Rahmawati *et al.*, 2022).

Dengan demikian, kerangka pemikiran penelitian ini berpijak pada asumsi bahwa pengembangan modul ajar interaktif berbasis *Deep learning* terintegrasi STEM-PBL dapat meningkatkan literasi sains dan komunikasi ilmiah siswa. Siswa tidak hanya memperoleh pengetahuan konseptual, tetapi juga terampil dalam mengomunikasikan ide, melakukan kolaborasi, dan menerapkan sains dalam kehidupan sehari-hari.



Gambar 1. Diagram Kerangka Pikir

2.11 Anggapan Dasar

Anggapan dasar penelitian berdasarkan kajian teori dan kerangka pemikiran adalah sebagai berikut:

1. Kemampuan awal peserta didik pada kelas eksperimen dan kelas kontrol dianggap sama.
2. Motivasi belajar sains peserta didik kelas eksperimen dan kelas control dianggap sama.
3. Faktor-faktor di luar penelitian diabaikan.

2.12 Hipotesis

Berdasarkan kerangka teoritis dan kerangka pemikiran diatas, maka hipotesis pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- H_0 : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan dalam peningkatan literasi sains dan komunikasi ilmiah antara peserta didik yang menggunakan modul ajar interaktif berbasis *deep learning* terintegrasi STEM-PBL dan peserta didik yang menggunakan pembelajaran konvensional pada materi sistem organ manusia.
- H_1 : Terdapat peningkatan yang signifikan dalam literasi sains dan komunikasi ilmiah peserta didik yang menggunakan modul ajar interaktif berbasis *deep learning* terintegrasi STEM-PBL dibandingkan dengan peserta didik yang menggunakan pembelajaran konvensional pada materi sistem organ.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilaksanakan di kelas V SDN 1 Kota Baru, Kecamatan Tanjung Karang Timur, Kota Bandar Lampung pada tahun pelajaran 2025/2026. Peserta didik kelas V SDN 1 Kota Baru berjumlah 45 orang yang terbagi ke dalam 2 kelas, dengan pembagian kelas mengacu pada hasil belajar semester ganjil serta memperhatikan pemerataan kemampuan akademik dan proporsi jenis kelamin sehingga setiap kelas memiliki karakteristik kemampuan yang relatif seimbang dan komposisi peserta didik yang heterogen. Penelitian ini dilaksanakan pada semester ganjil tahun ajaran 2025/2026.

3.2 Objek dan Subjek Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah seluruh sekolah Dasar di Kecamatan Tanjung Karang Timur. Subjek Penelitian ini adalah SDN 1 Kota Baru. Teknik sampel yang digunakan adalah *Purpose Sampling*. *Purpose Sampling* adalah teknik pengambilan sampel yang dilakukan dengan cara memilih sampel secara sengaja berdasarkan karakteristik tertentu yang dianggap relevan dengan tujuan penelitian (Frankel & Wallen, 2008). Peneliti memilih kelas V dikarenakan Modul Ajar pada penelitian ini dikembangkan berdasarkan materi kelas V yaitu materi sistem organ pada manusia.

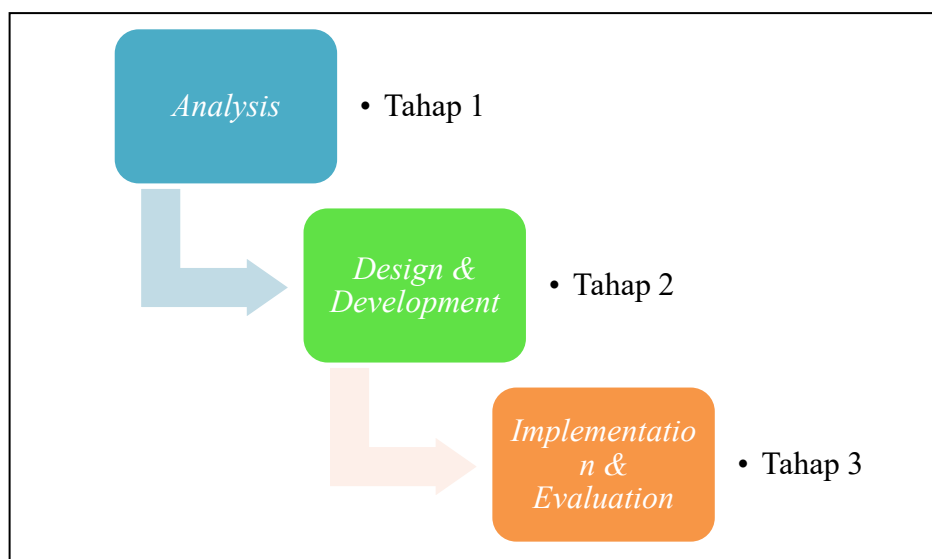
3.3 Variabel Penelitian

Variabel pada penelitian ini terdiri dari tiga variabel, yaitu variabel bebas, variabel terikat dan variabel moderator. Variabel bebas pada penelitian ini, yaitu STEM-

PBL, variabel terikat pada penelitian ini yaitu kemampuan Literasi Sains dan Komunikasi Ilmiah dan variabel moderator adalah *deep learning*.

3.4 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode campuran atau *mixed method* pendekatan penelitian *Research and Development* (R&D). *Mixed method* adalah sebuah metode penelitian yang didalamnya menggunakan kombinasi antara penelitian kuantitatif dan penelitian kualitatif (Creswell, 2018). Model penelitian ini berpedoman pada pendekatan *Design and Development Research* (DDR) atau penelitian desain dan pengembangan (Richey & Klein, 2007). DDR terdiri dari dua kategori, yaitu: *product and tool research*, dan *model research*. Dalam penelitian ini, desain yang digunakan pada kategori pertama yaitu pengembangan produk (*product and tool research*). DDR juga telah banyak berkontribusi dalam berbagai program pengembangan pembelajaran, pengembangan strategi dan bahan ajar, serta pengembangan produk dan sistem pembelajaran, dengan tujuan untuk menyelesaikan berbagai masalah pendidikan yang kompleks (Plomp, 2007). Oleh karenanya prosedur penelitian DDR terdiri atas tiga tahap yang terdiri dari *Analysis, design & development, implementation & evaluation*. (Richey & Klein, 2007)

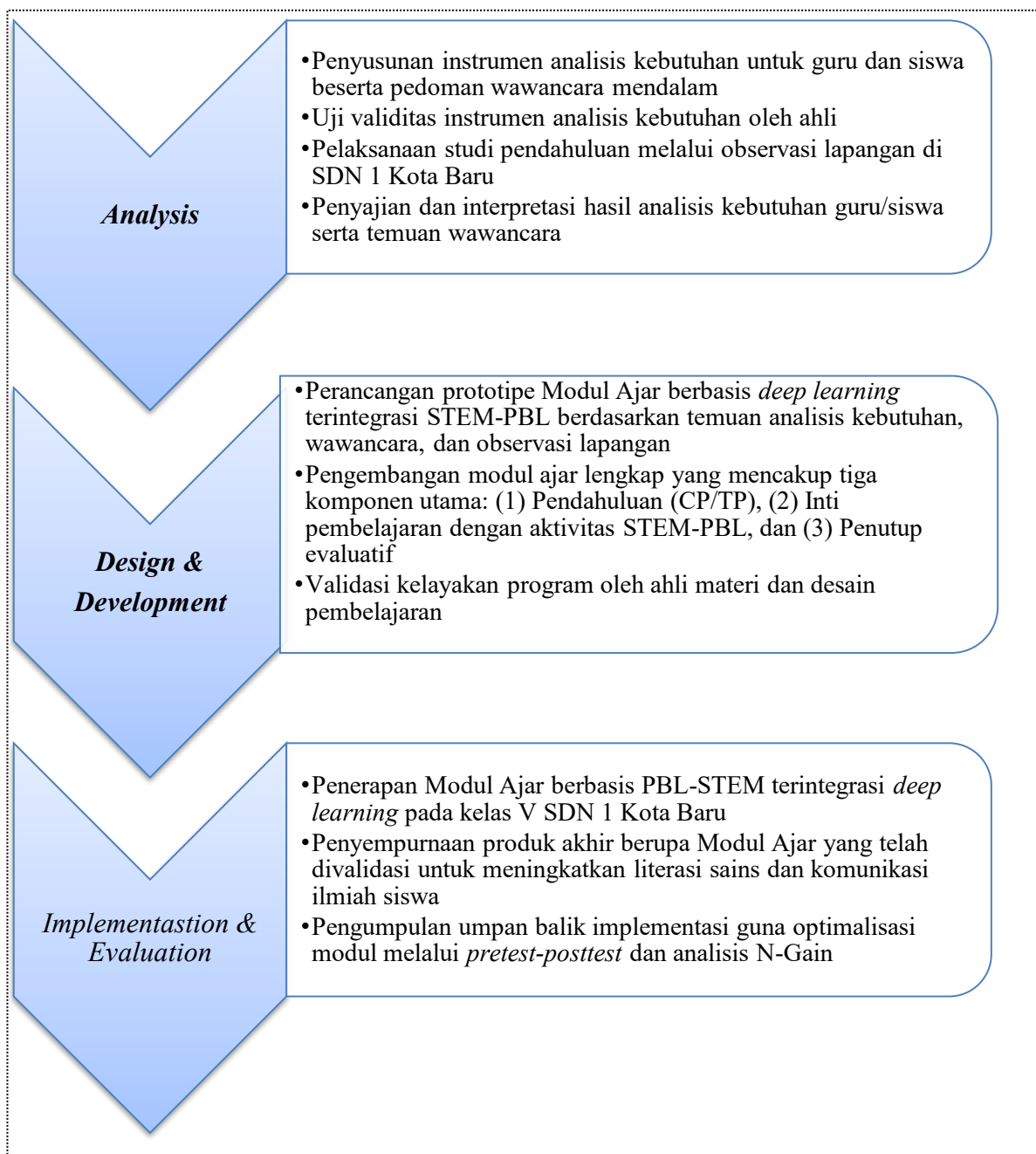


Gambar 2. Desain Penelitian DDR

3.5 Tahapan Prosedur Pengembangan Produk

Pengembangan modul ajar interaktif berbasis *deep learning* terintegrasi STEM-PBL mengikuti prosedur *Design and Development Research* (DDR) yang terdiri atas tiga tahap utama, yakni *analysis, design & development*, serta *implementation & evaluation*. Alur ketiga tahapan ini disajikan secara visual pada Gambar 5 untuk memudahkan pemahaman proses iteratif penelitian.

Selain tahapan pengembangan produk, penelitian ini juga menekankan pada implementasi sintaks pembelajaran yang digunakan dalam modul ajar. Dalam implementasi pembelajaran pada penelitian ini, model *Problem Based Learning* (PBL) yang digunakan mengacu pada sintaks Arends yang kemudian diadaptasi dan dikembangkan sesuai dengan kebutuhan pengembangan modul ajar interaktif berbasis *deep learning* terintegrasi STEM. Sintaks pembelajaran tersebut dikembangkan menjadi enam tahap, yaitu *stimulation, exploration, discovery, application, communication*, dan *reflection*. Pengembangan ini dilakukan untuk mengintegrasikan prinsip *deep learning* (*mindfulness, meaningfulness, dan joyfulness*) serta mengakomodasi keterpaduan pendekatan STEM dalam proses pembelajaran.



Gambar 3. Alur Tahapan Penelitian

3.5.1 Tahap *Analysis*

Tahapan analisis merupakan langkah awal dalam penelitian DDR, dalam penelitian DDR tahapan ini disebut juga sebagai tahapan *preliminary research*. Tahap ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan terhadap desain dan konten

yang hasilnya digunakan sebagai acuan dalam merancang Modul Ajar (Akker *et al.*, 2013). Sebagai tahapan studi awal dalam fase *preliminary research* (analisis kebutuhan) peneliti melakukan studi pendahuluan untuk mengumpulkan data karakteristik peserta didik, identifikasi kesenjangan, identifikasi kebutuhan, dan analisis tugas yang didasarkan atas kebutuhan guru dan kebutuhan peserta didik seperti analisis kebutuhan terhadap sumber belajar terhadap kemampuan literasi sains dan komunikasi ilmiah. Data studi pendahuluan ini dikumpulkan menggunakan angket kuesioner *google form* yang dibagikan kepada yang direspon oleh 100 guru sekolah dasar dari berbagai wilayah provinsi Lampung. Analisis kebutuhan peserta didik yang direspon oleh 88 peserta didik dari berbagai wilayah di provinsi Lampung. Hasil analisis angket tersebut digunakan sebagai dasar untuk mendesain sumber belajar yang dikembangkan. Peneliti juga melakukan kunjungan dan observasi ke sekolah jenjang SD yang menjadi objek dalam penelitian ini dengan tujuan untuk mengetahui kondisi awal serta mengetahui kesenjangan (*gap*) yang ada, yang kemudian juga menjadi bahan pertimbangan dalam merancang Modul Ajar berbasis STEM-PBL.

Pengumpulan data dilakukan ketika tahap analisis dengan mengumpulkan data melalui: observasi, penyebaran kuesioner dan wawancara kepada beberapa guru dan peserta didik yang ditetapkan sebagai objek penelitian sekaligus pengembangan dalam penelitian ini. Hal ini peneliti lakukan guna mendapatkan pemahaman yang komprehensif mengenai persoalan yang ada sebagai bahan dalam merancang Modul Ajar berbasis STEM-PBL. Hal ini selaras dengan yang dikemukakan oleh (Akker *et al.*, 2013) bahwa tahapan ini dilakukan untuk memperoleh pemahaman mengenai bagaimana menargetkan sebuah desain.

3.5.2 Tahap *Design & Development*

1. *Design*

Tahap desain DDR juga dikenal dengan istilah *prototyping phases*. Tahap ini dilakukan perancangan desain Modul Ajar STEM-PBL dengan menggunakan alat bantu *Canva*. Hasil yang diperoleh dalam analisis kebutuhan digunakan dalam

fase ini. Pada tahap ini membuat rancangan produk, yaitu membuat Modul Ajar sesuai dengan kajian pustaka, pengamatan yang dilakukan diawal. Tahap desain mencakup:

1. menentukan indikator kemampuan literasi sains dan komunikasi ilmiah, menentukan CP dan TP dari materi yang dikembangkan dalam sumber belajar berbasis *deep learning* terintegrasi STEM-PBL dan menyusun modul ajar yang sesuai dengan keterlaksanaan pembelajaran berdasarkan sintaks PBL hasil adaptasi yang dikembangkan dalam penelitian ini
2. menentukan sistematika penyajian materi melalui rancangan *story board*. Pada tahap ini peneliti juga membuat instrument validitas Modul Ajar, instrumen kemenarikan dan keterbacaan Modul Ajar, instrument *assessment* untuk mengukur kemampuan literasi sains dan komunikasi ilmiah peserta didik.

2. Development

Tahap pengembangan DDR juga dikenal dengan istilah *prototyping phases*. Fase ini menciptakan beberapa bentuk *prototype* alat atau konten program yang dikembangkan. Pengembangan produk dilakukan pembuatan bahan ajar berupa Modul Ajar yang terdiri dari tiga bagian, yaitu pendahuluan, isi dan penutup. Pada bagian pendahuluan terdiri dari CP/TP. Sedang pada bagian isi terdiri dari konten materi pembelajaran dan soal-soal evaluasi yang terintegrasi pada aspek-aspek STEM. Pada bagian penutup terdiri dari daftar pustaka dan profil penulis. Modul Ajar yang dikembangkan berisi materi tentang sistem organ pada manusia. Selanjutnya, dilakukan validasi terhadap Modul Ajar berbasis STEM-PBL. Tujuan validasi ini untuk mengetahui kelayakan produk yang dikembangkan pada pembelajaran. Validasi yang dilakukan pada penelitian ini meliputi validasi isi dan konstruk.

3.5.3 Tahap Implementation & Evaluation

Implementasi pembelajaran dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan sintaks *Problem Based Learning (PBL)* hasil adaptasi yang terdiri dari enam tahap

pembelajaran, yaitu *stimulation, exploration, discovery, application, communication, dan reflection*. Tahap implementasi dan evaluasi dilakukan terhadap modul ajar berbasis *deep learning* terintegrasi *STEM-PBL* yang telah dikembangkan untuk mengetahui efektivitasnya dalam pembelajaran.

Setelah modul ajar berbasis *deep learning* terintegrasi *STEM-PBL* melewati serangkaian validasi, uji coba, dan revisi pada tahap desain dan pengembangan, produk final diimplementasikan untuk mengetahui apakah program pembelajaran yang dikembangkan dapat mengatasi permasalahan literasi sains dan komunikasi ilmiah pada materi sistem organ manusia. Selanjutnya, dilakukan evaluasi atau istilah lainnya adalah *assessment phase*, yang bertujuan untuk mengetahui apakah modul ajar yang dirancang telah sesuai dengan tujuan yang diharapkan (Akker et al., 2013).

Tujuan dalam penelitian ini merujuk pada rumusan masalah penelitian. Tahapan evaluasi dilakukan dengan melibatkan pihak terkait melalui pengisian instrumen penelitian sebagai proses pemberian *feedback* terhadap rancangan modul ajar berbasis *deep learning* terintegrasi *STEM-PBL*. Evaluasi digunakan sebagai umpan balik untuk memperbaiki produk yang diperoleh dari evaluasi internal, yaitu analisis masalah, perbaikan desain, validasi oleh ahli konstruk dan isi, serta respon dari pendidik dan peserta didik. Sementara itu, evaluasi eksternal dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kemampuan literasi sains, komunikasi ilmiah, dan kompetensi yang diajarkan.

3.6 Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen penelitian yang digunakan pada penelitian pengembangan ini, yaitu angket analisis kebutuhan, skala, dan instrumen *pretest* dan *posttest*.

3.6.1 Angket Analisis Kebutuhan

Instrumen angket analisis kebutuhan dilengkapi oleh guru dan siswa untuk mengungkap peluang serta hambatan dalam proses pembelajaran materi sistem organ manusia. Angket tersebut memuat kumpulan pertanyaan yang difokuskan kepada guru dan peserta didik mengenai dinamika pembelajaran IPAS, secara khusus menyoroti materi sistem organ pencernaan manusia.

3.6.2 Pedoman Wawancara

Pedoman wawancara disusun berisi serangkaian pertanyaan terstruktur untuk mewawancarai guru dan siswa terkait praktik pembelajaran IPAS, dengan fokus khusus pada materi sistem organ pencernaan manusia guna memperoleh data pendukung dan informasi kualitatif mendalam. Wawancara studi pendahuluan ini dilaksanakan terhadap tiga guru dan tiga siswa dari sekolah yang berbeda untuk menangkap keragaman perspektif.

Wawancara bertujuan menggali hambatan pembelajaran konkret, preferensi media interaktif, serta kebutuhan spesifik terkait pengembangan literasi sains dan komunikasi ilmiah pada materi abstrak sistem organ. Pelaksanaan dilakukan secara tatap muka dengan durasi 20-30 menit per responden.

3.6.3 Skala

Skala dalam penelitian ini terdiri dari skala validasi, skala uji kemenarikan, keterbacaan dan skala keterlaksanaan. Skala validasi diisi oleh 3 validator. Pengisian skala ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kelayakan produk sehingga dapat digunakan guru sebagai bahan pembelajaran. Penskoran pada skala validasi ini menggunakan skala Likert yang diadaptasi dari (Laurens & Ratumanan, 2011) yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Skala Likert pada Skala Validasi

Pilihan Jawaban	Skor
Sangat Valid	4
Valid	3
Valid Kurang	2
Tidak Valid	1

Skala uji kemenarikan dan keterbacaan diisi oleh peserta didik yang telah melakukan pembelajaran dengan Modul Ajar berbasis *deep learning* terintegrasi STEM-PBL untuk mengetahui kepraktisan produk. Penskoran pada skala ini menggunakan skala Likert yang diadaptasi dari (Laurens & Ratumanan, 2011) yang dapat dilihat pada Tabel 8

Tabel 8. Skala Likert pada Skala Keterbacaan dan Kemenarikan

Pilihan Jawaban	Skor
Sangat nampak	4
Nampak	3
Kurang nampak	2
Tidak nampak	1

Skala keterlaksanaan program pembelajaran diisi oleh guru untuk mengetahui kepraktisan produk tersebut, suatu program dianggap praktis ketika dapat dilaksanakan dengan baik. Adapun penilaian pada skala ini menggunakan skala *Likert*.

Tabel 9. Skala Likert pada Keterlaksanaan Modul Ajar Berbasis STEM-PBL

Pilihan Jawaban	Skor
Sangat baik	4
Baik	3
Cukup baik	2
Buruk	1

3.6.4 Skala Instrumen *Pretest* dan *Posttest*

Instrumen *Pretest* dan *Posttest* Instrumen *pre-posttest* yang dibuat, yaitu instrumen tes berbentuk soal untuk menilai kemampuan literasi sains dan komunikasi ilmiah peserta didik pada materi sistem organ pada manusia, sebelum dan setelah pembelajaran. Instrumen ini diberikan kepada peserta didik pada kelas eksperimen dan kelas kontrol.

3.7 Teknik Analisis Data

Penelitian pengembangan Modul Ajar berbasis STEM-PBL ini menggunakan teknik analisis data sebagai berikut:

3.7.1 Data Validitas

Data validitas diperoleh dari skala validasi isi serta validasi media dan desain yang diisi oleh validator, kemudian dianalisis menggunakan analisis persentase.

$$\%X = \frac{\Sigma \text{Skor yang diperoleh}}{\Sigma \text{Skor maksimum}} \times 100\%$$

Hasil presentase yang diperoleh dikonversikan dengan kriteria yang mengadaptasi dari (Arikunto, 2010) seperti yang terlihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Konversi Skor Penilaian Kevalidan Produk

Persentase	Kriteria
0,00%-20%	Validitas sangat rendah/tidak baik
20,1%-40%	Validitas rendah/kurang baik
40,1%-60%	Validitas sedang/cukup baik
60,1%-80%	Validitas tinggi/baik
80,1%-100%	Validitas sangat tinggi/sangat baik

Berdasarkan Tabel 10, peneliti memberi batasan bahwa produk yang dikembangkan terkategori valid jika mencapai skor yang peneliti tentukan, yaitu

minimal 60% dengan kriteria validitas sedang.

3.7.2 Data Kepraktisan

Data kepraktisan pada penelitian ini diperoleh dari instrumen keterlaksanaan yang diisi oleh guru serta skala keterbacaan dan kemenarikan yang diisi oleh peserta didik, kemudian dianalisis menggunakan analisis persentase (Sudjana, 2005).

$$\%X = \frac{\Sigma \text{Skor yang diperoleh}}{\Sigma \text{Skor maksimum}} \times 100\%$$

Hasil presentase yang diperoleh dikonversikan dengan kriteria yang mengadaptasi dari (Arikunto, 2010) seperti yang terlihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Konversi Skor Penilaian Kepraktisan Produk

Persentase	Kriteria
0,00%-20%	kepraktisan sangat rendah/tidak praktis
20,1%-40%	kepraktisan rendah/kurang praktis
40,1%-60%	kepraktisan sedang/cukup praktis
60,1%-80%	kepraktisan tinggi/praktis
80,1%-100%	kepraktisan sangat tinggi/sangat praktis

Berdasarkan Tabel 11, peneliti memberi batasan bahwa produk yang dikembangkan terkategori praktis jika mencapai skor yang peneliti tentukan, yaitu minimal 60% dengan kriteria kepraktisan sedang.

3.7.3 Data Validitas dan Reliabilitas Instrumen Tes Literasi Sains dan Komunikasi Ilmiah

Validitas dan reliabilitas instrumen tes Literasi Sains dan Komunikasi Ilmiah pada penelitian ini dianalisis dengan menggunakan *Software* SPSS.

1. Validitas Instrumen

Validitas instrumen mengacu pada tingkat kebenaran penafsiran skor tes (Rosidin & Kusdianita, 2017). Uji validitas konstruk perlu dilakukan untuk membandingkan hasil *output r_{xy}* dengan *r_{tabel}* pada taraf signifikansi 5% dengan menetapkan derajat kebebasan terlebih dahulu, yaitu $df = N - 2$. Tabel kategori validitas lapangan berdasarkan perbandingan *output r_{xy}* dengan *r_{tabel}* dapat dilihat pada Tabel 12 dan kriteria koefisien korelasi pada Tabel 13.

Tabel 12. Kriteria Kevalidan Instrumen Tes

Ketentuan Nilai <i>r_{tabel}</i>	Kategori
$r_{xy} \geq r_{tabel}$	Valid
$r_{xy} < r_{tabel}$	Tidak Valid

Tabel 13. Kriteria Koefisien Korelasi

Ketentuan Nilai <i>r_{tabel}</i>	Kategori
$0,800 < r_{xy} \leq 1,00$	Sangat tinggi
$0,600 < r_{xy} \leq 0,790$	Tinggi
$0,400 < r_{xy} \leq 0,590$	Cukup
$0,200 < r_{xy} \leq 0,390$	Rendah
$0,000 < r_{xy} \leq 0,190$	Sangat rendah

2. Reliabilitas Instrumen

Uji reliabilitas digunakan untuk mengetahui taraf kepercayaan suatu tes. Suatu tes dikatakan memiliki taraf kepercayaan yang tinggi apabila tes tersebut dapat memberikan hasil yang tetap (Arikunto, 2010). Penelitian ini menggunakan sebuah tes yang diuji cobakan satu kali. Reliabilitas tes diperoleh dari hasil analisis menggunakan *software* SPSS, kemudian diklasifikasi dengan koefisien korelasi reliabilitas yang dapat dilihat pada Tabel 14

Tabel 14. Kriteria Koefisien Korelasi

Ketentuan Nilai r_{tabel}	Kategori
$0,800 < r_{11} \leq 1,00$	Sangat tinggi
$0,600 < r_{11} \leq 0,790$	Tinggi
$0,400 < r_{11} \leq 0,590$	Cukup
$0,200 < r_{11} \leq 0,390$	Rendah
$0,000 < r_{11} \leq 0,190$	Sangat rendah

3.8 Data Efektivitas

Data efektivitas diperoleh dari skor *pretest* dan *posttest* pada kelas eksperimen yang menerapkan Modul Ajar berbasis *deep learning* terintegrasi STEM-PBL dan kelas kontrol yang menerapkan Modul Ajar berbasis model pembelajaran *Direct Instruction*. Perbedaan perlakuan pada kedua kelas adalah untuk meninjau ketercapaian indikator kemampuan literasi sains dan komunikasi ilmiah pada peserta didik. Berdasarkan hal tersebut maka desain eksperimen yang digunakan adalah *Non-Equivalent Pretest-Posttest Control Group Desain*. Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis dengan uji normalitas, uji beda rata-rata, *N-Gain* dan uji dampak ANCOVA.

1. Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan sebagai langkah awal untuk menentukan metode analisis statistik yang sesuai. Hasil dari uji normalitas menunjukkan bahwa distribusi data *pretest* dan *posttest* dalam penelitian ini terdistribusi normal. Uji normalitas dalam penelitian ini menggunakan SPSS melalui uji *one sample kolmogorov-smirnov* dengan hipotesis sebagai berikut:

H_0 : Data hasil tes literasi sains dan komunikasi ilmiah terdistribusi secara normal

H_1 : Data hasil tes literasi ssains dan komunikasi ilmiah tidak terdistribusi secara normal

Kriteria uji:

Jika nilai sig. atau probabilitas < 0.05 maka H_0 ditolak

Jika nilai sig. atau probabilitas > 0.05 maka H_0 diterima

(Suyatna, 2017)

2. Uji Beda Rata-rata

Uji beda rata-rata dilakukan setelah sampel dinyatakan berdistribusi normal, yaitu melalui Uji Independent Sample t-Test dengan meninjau *Levene's Test for Equality of Variances* yang menunjukkan hasil varian pada kelas kontrol dan kelas eksperimen.

Hipotesis yang digunakan dalam homogenitas sebagai berikut.

H_0 : Tidak ada perbedaan varian pada kelas eksperimen dan kelas kontrol .

H_1 : Ada perbedaan varian pada kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Hipotesis yang digunakan dalam uji beda rata-rata sebagai berikut.

H_0 : Tidak terdapat perbedaan rata-rata skor literasi sains dan peserta didik pada kelas eksperimen dan kontrol.

H_1 : Terdapat perbedaan rata-rata skor *literasi sains dan komunikasi ilmiah* peserta didik antara kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Kriteria uji:

Jika nilai sig. atau probabilitas < 0.05 maka H_0 ditolak

Jika nilai sig. atau probabilitas > 0.05 maka H_0 diterima

(Suyatna, 2017)

3. N-gain

Gain atau selisih antara skor *posttest* dan *pretest* menunjukkan adanya peningkatan literasi sains dan komunikasi ilmiah peserta didik setelah menerapkan Modul Ajar berbasis *deep learning* terintegrasi STEM-PBL . N-gain (*Normalize gain*) digunakan untuk mengukur sejauh mana peningkatan tersebut, apakah termasuk dalam kategori tinggi, sedang, atau rendah. Adapun rumus yang digunakan untuk N-Gain menurut Hake, (1998) sebagai berikut.

$$N - gain = \frac{\Sigma Skor posttest - \Sigma Skor pretest}{\Sigma Skor ideal - \Sigma Skor pretest} \times 100\%$$

Hasil N-Gain diinterpretasikan dengan kategori pada Tabel 15.

Tabel 15. Kategori Nilai N-gain

Ketentuan <i>N-gain</i>	Kategori
< 0,3	Rendah
0,3 – 0,7	Sedang
> 0,7	Tinggi

4. Uji dampak *ANCOVA (Analysis of Covariance)* dan *Effect Size*

Uji dampak ANCOVA dilakukan menggunakan *Software* SPSS untuk meninjau pengaruh perlakuan terhadap variabel dependen dengan mengontrol variabel lain. Uji ini dilakukan melalui analisis analisis general linear model *univariate*.

Hipotesis yang digunakan dalam *ANCOVA*.

H0 : Modul Ajar berbasis *deep learning* terintegrasi STEM-PBL tidak efektif meningkatkan kemampuan literasi sains dan komunikasi ilmiah peserta didik dibandingkan dengan peserta didik yang menggunakan Modul Ajar dengan model pembelajaran *Direct Instruction* pada materi sistem organ pada manusia.

H1 : Modul Ajar berbasis *deep learning* terintegrasi STEM-PBL efektif meningkatkan kemampuan literasi sains dan komunikasi ilmiah peserta didik dibandingkan dengan peserta didik yang menggunakan Modul Ajar dengan model pembelajaran *Direct Instruction* pada materi sistem organ manusia.

Kriteria uji:

Nilai sig. atau probabilitas < 0.05 maka *H0* ditolak.

Nilai sig. atau probabilitas > 0.05 maka *H0* diterima.

(Suyatna, 2017)

Effect size dapat dilihat dari hasil uji dampak *ANCOVA*, mengukur besarnya efek penggunaan MODUL AJAR berbasis *deep learning* terintegrasi STEM_PBL untuk meningkatkan kemampuan literasi sains dan komunikasi ilmiah. Nilai *Effect size* yang diperoleh, kemudian diinterpretasikan dengan kategori menurut (Hake, 1998) pada Tabel 16.

Tabel 16. Kriteria Nilai *Effect Size*

Ketantuan <i>Effect Size</i>	Kategori
$0 < d < 0,2$	Efek Kecil
$0,2 < d < 0,8$	Efek Sedang
$d > 0,8$	Efek Besar

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Modul ajar yang dikembangkan memiliki tingkat validitas sangat tinggi dengan skor rata-rata 85,83%. Penilaian ini mencakup parameter isi, bahasa, desain visual, serta kesesuaian dengan sintaks STEM-PBL dan prinsip *deep learning* (*mindful, joyful, meaningful learning*). Hasil validasi menegaskan bahwa modul layak digunakan dalam pembelajaran IPAS kelas V SD.
2. Modul terbukti sangat praktis dengan tingkat keterlaksanaan 89%, keterbacaan 85%, dan tingkat kemenarikan 88%. Guru dan siswa dapat mengimplementasikan modul dengan mudah berkat langkah-langkah yang jelas, bahan yang tersedia, serta tampilan yang menarik. Modul ini mendukung pembelajaran efektif pada materi sistem pencernaan manusia.
3. Modul ajar interaktif berbasis *deep learning* terintegrasi *STEM-PBL* efektif meningkatkan literasi sains dan komunikasi ilmiah peserta didik pada materi sistem organ pencernaan manusia kelas V SD. Efektivitas tersebut ditunjukkan oleh nilai *N-gain* literasi sains kelas eksperimen sebesar 0,64 (kategori sedang–tinggi) yang jauh lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol sebesar 0,19 (kategori rendah), serta nilai *N-gain* komunikasi ilmiah kelas eksperimen yang berada pada kategori sedang–tinggi dan konsisten melampaui kelas kontrol. Hasil uji *ANCOVA* memberikan nilai signifikansi 0,000 ($< 0,05$) dengan *partial eta squared* sebesar 0,823 (efek besar), sehingga terdapat perbedaan peningkatan yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol, yang menegaskan bahwa modul ajar

yang dikembangkan efektif dalam meningkatkan literasi sains dan komunikasi ilmiah.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan penelitian, beberapa saran yang dapat diajukan adalah sebagai berikut.

1. Bagi guru

Modul ajar IPAS berbasis *deep learning* terintegrasi STEM-PBL dapat dijadikan alternatif sumber belajar dalam pembelajaran IPAS, khususnya materi sistem pencernaan manusia di kelas V SD. Guru disarankan mengintegrasikan modul ini dengan strategi pembelajaran yang berpusat pada siswa, seperti diskusi kelompok, eksperimen, dan presentasi, sehingga potensi modul dalam meningkatkan literasi sains dan komunikasi ilmiah dapat dimaksimalkan.

2. Bagi siswa

Siswa dapat menggunakan modul ini untuk memperdalam pemahaman konsep sistem pencernaan sekaligus melatih kemampuan menjelaskan, berdiskusi, dan mempresentasikan informasi ilmiah melalui kegiatan eksperimen, lembar kerja, dan tugas proyek yang kontekstual dengan kehidupan sehari-hari. Dengan demikian, pembelajaran menjadi lebih bermakna, menyenangkan, dan mendorong kemandirian belajar.

3. Bagi sekolah

Hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar bagi sekolah untuk mengembangkan dan mengimplementasikan perangkat pembelajaran berbasis *deep learning* terintegrasi STEM-PBL pada topik IPAS lainnya maupun mata pelajaran berbeda. Upaya ini diharapkan dapat meningkatkan parameter pembelajaran abad ke-21 yang menekankan literasi sains, kemampuan komunikasi, kolaborasi, dan pemecahan masalah.

4. Bagi peneliti selanjutnya

Penelitian ini terbatas pada satu topik dan konteks SD tertentu. Peneliti

berikutnya disarankan menguji modul pada materi berbeda, jenjang pendidikan lain, atau populasi yang lebih beragam. Penambahan variabel seperti kreativitas, literasi digital, atau sikap ilmiah akan memberikan pemahaman komprehensif tentang dampak integrasi STEM-PBL dan *deep learning* terhadap kompetensi abad-21.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, A., Maulina, H., Nurulsari, N., Sukamto, I., Umam, A. N., & Mulyana, K. M. (2023). Impacts of integrating engineering design process into STEM makerspace on renewable energy unit to foster students' system thinking skills. *Heliyon*, 9(4), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15100>
- Afiani, A., Aryanto, S., & Gumala, Y. (2022). Implementation of Contextual Learning Models to Improve Poetry Writing Skills Based on Ecoliteracy at Elementary School. *International Journal of Education, Language, and Religion*, 4(2), 68. <https://doi.org/10.35308/ijelr.v4i2.5624>
- Afriana J., et al. (2016). Active Learning dalam Pembelajaran STEM. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 5(2), 261–267. <https://doi.org/10.24970/didaktikadw.v9i2.4978>.
- Akker, J. van den, Gravemeijer, K., McKenney, S., & Nieveen, N. (2013). *Educational Design Research*. Routledge. <https://doi.org/10.21831/jipi.v2i2.8561>
- Anggraini, D., & Nora, D. (2024). Rendahnya Keaktifan Belajar Siswa pada Penerapan Model Problem Based Learning dalam Pembelajaran Sosiologi. *Naradidik: Journal of Education and Pedagogy*, 3(3), 337–343. <https://doi.org/10.24036/nara.v3i3.197>
- Anggraini, S. (2021). Aktivitas Sosial dalam Pembelajaran Berbasis Vygotsky. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 13(1), 22–29. <https://doi.org/10.56387/joe.v3i2.363>.
- Apriza, D. A. (2024). *Aplikasi pembelajaran anatomi organ tubuh manusia berbasis augmented reality (AR) pada platform Android*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 142
- Auni, A., & Rahaju, N. (2024). Ill-Structured Problems dalam Pembelajaran Sains. *Jurnal Pendidikan Sains*, 10(2), 55–65. <https://doi.org/10.36312/e-saintika.v9i2.2791>

- Ayu, R., & Prastyo, D. (2023). Motivasi Intrinsik dan Ekstrinsik dalam Pembelajaran Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 14(2), 101–110. <https://doi.org/10.29401/jpdn.v9i1.4440>
- Biggs, J. B., & Tang, C. (2011). *Teaching for Quality Learning at University* (4th ed.). McGraw-Hill Education / Open University Press.
- Bryce, T. G. K., & Blown, E. J. (2016). Manipulating Models and Grasping the Ideas They Represent. *Science and Education*, 25(1–2), 47–93. <https://doi.org/10.1007/s11191-015-9802-6>
- Bryce, T. G. K., & Blown, E. J. (2021). Imagery and Explanation in the Dynamics of Recall of Intuitive and Scientific Knowledge: Insights from Research on Children’s Cosmologies. *Research in Science Education*, 51(6), 1593–1627. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-09898-6>
- Bryce, T. G. K., & Blown, E. J. (2024). Ausubel’s meaningful learning re-visited. *Current Psychology*, 43(5), 4579–4598. <https://doi.org/10.1007/s12144-023-04440-4>
- Bybee, R. W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. In *NSTA (National Science Teachers Association)*. Arlington Virginia: NSTA Press. www.nsta.org/permissions
- Capraro, M. M., Slough, R. E., Morgan, M., Parks, M. W., Harper, J. D., & Capraro, R. M. (2013). *STEM Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach*. Sense Publishers. Rotterdam: Springer
- Chen, R. (2024). Exploring the Effectiveness of Problem-Based Learning as a Constructivist Approach in Enhancing Critical Thinking Skills in High School Classes. *Research and Advances in Education*, 3(4), 26–32. <https://doi.org/10.56397/rae.2024.04.05>.
- Chen, Y. (2024). Problem-Based Learning in Science Education: A Review. *International Journal of Science Education*, 46(2), 123–139. <https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2312345>
- Chuang, Y.-T., Huang, T.-H., Lin, S.-Y., & Chen, B.-C. (2022). The influence of motivation, self-efficacy, and fear of failure on the career adaptability of vocational school students: Moderated by meaning in life. *Frontiers in Psychology*, 13, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.958334>.
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

- Creswell, J. W. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- Dewi, S., & Fauziati, E. (2021). Implikasi Teori Vygotsky dalam Pembelajaran Kolaboratif. *Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 16(2), 77–84. <https://doi.org/10.24970/didaktikadw.v9i2.4978>
- Duncan, C., Kim, M., Baek, S., Wu, K. Y. Y., & Sankey, D. (2022). The Limits of Motivation Theory in Education and the Dynamics of Value-Embedded Learning (VEL). *Educational Philosophy and Theory*, 54(5), 618–629. <https://doi.org/10.1080/00131857.2021.1897575>
- Elbashbishy, M. (2024a). Deep Learning Approaches in Primary Science Education. *International Journal of Science Education*, 46(3), 201–215.
- Elbashbishy, M. (2024b). Deep Learning Approaches in Primary Science Education. *International Journal of Science Education*, 46(3), 201–215. <https://doi.org/10.21608/seg.2024.269380.1000>
- English, L. D., & King, D. (2019). STEM Integration in Sixth Grade: Desligning and Constructing Paper Bridges. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(5), 863–884. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-9912-0>
- Febrianti, N., & Hasanah, U. (2023). Joyful Learning dalam Pembelajaran IPA SD. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 14(1), 23–31. <https://doi.org/10.21608/seg.2024.269380.1000>
- Foundation, H. (2022). Deep Learning Skills for 21st Century Education. *Hewlett Foundation Report*. 16(2), 77–84. <https://doi.org/10.24970/didaktikadw.v9i2.4978>
- Frankel, J. R., & Wallen, N. E. (2008). *How to Design and Evaluate Research in Education*. New York: McGraw-Hill.
- Hafizah, N., & Nurhaliza, S. (2021). Problem-Based Learning Berbasis Masalah Tak Terstruktur untuk Keterampilan Proses Sains. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 10(1), 23–31. <https://doi.org/10.24970/didaktikadw.v9i2.4978>
- Hamdanillah, N., & Harjono, A. (2017). Pengaruh Model Pembelajaran Advance Organizer Menggunakan Video Pembelajaran Terhadap Hasil Belajar Fisika Peserta Didik Kelas XI. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 3(2), 85–94. <https://doi.org/10.29303/jpft.v3i2.358>
- He, H.; Zhang, Y.; Liu, X.; Wang, L. (2022). Critical Thinking and Science Literacy in the Digital Era. *Journal of Science Education*, 13(1), 55–67.

- Herlina, N. (2020). Penerapan Problem Solving untuk Meningkatkan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Pendidikan Sains*, 8(2), 55–63. <https://doi.org/10.24970/didaktikadw.v9i2.4978>.
- Hindun, I., Nurwidodo, N., Wahyuni, S., & Fauziah, N. (2024). Effectiveness of project-based learning in improving science literacy and collaborative skills of Muhammadiyah middle school students. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 10(1), 58–69. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v10i1.31628>
- Hong, J. Y., & Kim, M. K. (2016). Mathematical abstraction in the solving of ill structured problems by elementary school students in Korea. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(2), 267–281. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1204a>.
- Hindun, I., Nurwidodo, N., Wahyuni, S., & Fauziah, N. (2024). Effectiveness of Project-Based Learning in Improving Science Literacy and Collaborative Skills of Muhammadiyah Middle School students. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 10(1), 58–69. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v10i1.31628>
- Johansen, J. (1997). Ill-Structured Problem Solving in Education. *Journal of Educational Psychology*, 89(3), 444–456. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/BF02299613>
- Jonassen, D. H. (1997). Instructional design models for well-structured and III-structured problem-solving learning outcomes. *Educational Technology Research and Development*, 45(1), 65–94. <https://doi.org/10.1007/BF02299613>.
- Kembara, M. D. (2025). Education Transformation: Implementation of Deep Learning in 21st-Century Learning. *Hardik: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(2), 1-12. <https://doi.org/10.62383/hardik.v2i2.1405> [web:200]
- Iskandar, S., Sholihah Rosmana, P., Citra Laksita, E., Febrianti, T., Sari, P., & Laila, W. N. (2024). Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/> Jurnal of Pedagogi : Jurnal Pendidikan Implementation of Integrated Learning to Enhance Elementary School Students' Creativity. *Jurnal Pendidikan*, 1(3). <https://doi.org/10.62872/s13px737>
- Kementerian Pendidikan Kebudayaan, R. dan T. (2025). *Kerangka Pembelajaran Mendalam di Sekolah Dasar*.
- Khairiyah, K. (2019). Desain Pembelajaran Berbasis STEM di SD. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 10(1), 44–52. . <https://doi.org/10.21009/jpd.v10i2.13314>

- Lentzen, M. et al. (2024). Pengaruh Pembelajaran Mendalam terhadap Kesiapan Siswa Abad 21. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 15(1), 45–57
<https://doi.org/10.23887/jjpe.v15i1.61567>
- Lestari, P. T., Sudiby, E., Aulia, V. (2023). Penerapan model pembelajaran teams games tournament untuk meningkatkan hasil belajar siswa. *Pensa E-Jurnal : Pendidikan Sains*. 11(1), 16-21. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/pensa>.
- Lin, S. (2023). Simplifying Scientific Ideas for Public Communication. *Journal of Science Communication*, 18(1), 1–11. <https://doi.org/10.117>
- Mulyasa. (2021). *Pengembangan Kurikulum di Era Merdeka Belajar*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Miswar, M. (2017). Teori Pembelajaran Cbsak Sebagai Sebuah Teori Alternatif. *Jurnal Basicedu*, 1(2), 32–41. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v1i2.162>
- Mulyasa. (2021). *Pengembangan Kurikulum di Era Merdeka Belajar*. PT Remaja Rosdakarya.
- Nurhasanah, A., Ramadhanti, S., Utami, S., & Putri, F. A. (2022). Improving Elementary School Students' Understanding of the Concept through Meaningful Learning in David Ausbel's Perspective. *Jurnal Basicedu*, 6(4), 5728–5734. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i4.2935>
- OECD. (2020). *PISA 2020 Results: Science Literacy*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/33cec32b-en>.
- OECD. (2023). *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- National Academic of Sciences, N. A. (2021). *Science Literacy for the 21st Century*. Washington DC: National Academies Press.
- Olesk, A., Renser, B., Bell, L., Fornetti, A., Franks, S., Mannino, I., Roche, J., Schmidt, A. L., Schofield, B., Villa, R., & Zollo, F. (2021). Quality indicators for science communication: results from a collaborative concept mapping exercise. *Journal of Science Communication*, 20(3), 1–17. <https://doi.org/10.22323/2.20030206>
- Otto, B., & others. (2020). Pengembangan Keterampilan Abad 21 melalui Deep Learning. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 10(1), 12–23. <https://doi.org/10.31004/jbasic.v8i3.4278>

- Plomp, T. (2007). *Educational Design Research: An Introduction*. Eschede: Netherlands Institute for Curriculum Development. <https://edresearch.nl/wp-content/uploads/2019/09/Educational-Design>
- Polya, G. (1957). *How to solve it: A new aspect of mathematical method* (2nd ed.). Princeton University Press.
- Puji Cahyani, V., & Ahmad, F. (2024a). Efektivitas Problem Based Learning terhadap Keterampilan Berpikir Kritis, Hasil belajar dan Motivasi Siswa. *Venn: Journal of Sustainable Innovation on Education, Mathematics and Natural Sciences*, 3(2), 76–82. <https://doi.org/10.53696/venn.v3i2.155>
- Puji Cahyani, V., & Ahmad, F. (2024b). Efektivitas Problem Based Learning terhadap Keterampilan Berpikir Kritis, Hasil belajar dan Motivasi Siswa. *Venn: Journal of Sustainable Innovation on Education, Mathematics and Natural Sciences*, 3(2), 76–82. <https://doi.org/10.53696/venn.v3i2.155>
- Putri, N. P. A., Sudarma, I. K., & Astawan, I. G. (2024). Pengaruh Model Project Based Learning Berbantuan Video Pembelajaran terhadap Nalar Kritis dan Literasi Sains Siswa Kelas IV Sekolah Dasar. *EDUKATIF : JURNAL ILMU PENDIDIKAN*, 6(4), 3698–3710. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v6i4.7336>
- Putri, P. S. A., Santi, N. N., & Zaman, W. I. (2025). Analisis Implementasi Literasi Sains terhadap Pembelajaran IPA Siswa Kelas IV SDN Karangtengah 3. *Jurnal Pendidikan Dasar Nusantara*, 11(1), 32-42. <https://doi.org/10.29401/jpdp.v11i1.3911>
- Ramadhani, R., & Fitriani, S. (2024). Efektivitas model problem based learning (PBL) terhadap kemampuan berpikir kritis siswa sekolah dasar pada pembelajaran IPA. *Jurnal Basicedu*, 8(3), 4567–4578. <https://doi.org/10.31004/jbasic.v8i3.4278>
- Rachmadtullah, R., Yustina, Y., & Sumantri, M. S. (2020). Deep learning Implementation in Elementary Education for 21st Century Skills. *Jurnal Basicedu*, 4(4), 3250-3260. doi:10.31004/jasic.v4i4.3250.
- Rahmawati, A. (2020). Developing STEAM-based science module for elementary school students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1567(4), 1-15. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1567/4/042019>
- Rahmawati, R., Supriadi, G. S. F., Pratiwi, P., Riandi, R., & Supriatno, B. (2021). Inovasi Pembelajaran Metode Konvensional dikombinasikan dengan Metode PBL. *Biodik*, 7(3), 68–72. <https://doi.org/10.22437/bio.v7i3.13020>

- Retnaningsih, A. P. (2023). Relevansi Konstruktivisme Sosial Lev Vygotsky terhadap Kurangnya Peran Orang Tua dalam Pendidikan Moral Anak di Indonesia. *Seminar Darma*, 3(1), 1-12. <https://e-journal.iahn-gdepudja.ac.id/index.php/SD/article/view/1617>.
- Richardson, S. (2023). Constructivism in Education: Interpretations and Criticisms. *Journal of Education and Learning*. 17(2), 145-148. <https://doi.org/10.14434/jldl.v1i1.34567>
- Richey, R. C., & Klein, J. D. (2007). *Design and Development Research: Methods, Strategies, and Issues*. New York: Lawrence: Erlbaum Associates, Inc.
- Riny, S., & Safrul, S. (2022). Penerapan Pembelajaran Interaktif menggunakan Bahan Ajar PowerPoint Berefektif pada Pembelajaran IPA di SD Kelas Rendah. *Jurnal Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam*, 5(2), 83–89. <https://doi.org/10.31004/jbasic.v6i5.3885>.
- Rosidin, U., Suyatna, A., & Abdurrahman, A. (2019). A Combined HOTS-Based Assessment/STEM Learning Model to Improve Secondary Students' Thinking Skills: A Development and Evaluation Study. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 7(3), 435–448. <https://doi.org/10.17478/jegys.606761>
- Ross, J. A., Sinclair, C. D., & Lauritzen, S. L. (2016). Positive and negative motivation in academic contexts. *Educational Psychology Review*, 28(1), 71-89. doi:10.1007/s10648-014-9278-8.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2020). Intrinsic and Extrinsic Motivation from a Self-Determination Theory Perspective: Definitions, Theory, Practices, and Future Directions. *Contemporary Educational Psychology*, 61, 1– 42. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101860>
- Sari, A. M., Suryana, D., Bentri, A., & Ridwan, R. (2023). Efektifitas Model Project Based Learning (PjBL) dalam Implementasi Kurikulum Merdeka di Taman Kanak-Kanak. *Jurnal Basicedu*, 7(1), 432–440. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v7i1.4390>.
- Salam, S. (2022). Karakteristik Masalah Tak Terstruktur dalam Pendidikan. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 12(1), 33–44. <https://doi.org/10.14434/jldl.v1i1.34567>
- Sari Ayu, E., & Dwi Prastyo, Y. (2023). Exploring Students' Motivation in Learning English at English Laboratory of UBL. *English Language Education and Current Trends (ELECT)*, 14(2), 23–38. <https://doi.org/10.37301/elect.v2i1.74>

- Sari, A. W., & Arta, D. J. (2025). Implementasi Deep Learning: Suatu Inovasi Pendidikan. *WASPADA (Jurnal Wawasan Pengembangan Pendidikan)*, 13(1), 121. <https://doi.org/10.61689/waspada.v13i1.727>
- Sari M., & N. Y. (2022). *Peran media gambar dalam pembelajaran IPS*. *Jurnal Media Pembelajaran*, 6(2), 77–89. <https://doi.org/10.56387/joe.v3i2.363>.
- Savery, M. S. (2023). Problem-Based Learning: An Overview of its Process and Impact on Learning. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*. 17(1), 1-15. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1002>
- Shofiyah, N., & Wulandari, F. E. (2018). Model Problem Based Learning (PBL) dalam Melatih Scientific Reasoning Siswa. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 3(1), 33–38. <https://doi.org/10.26740/jppipa.v3n1.p33-38>
- Susilawati, S., Nurhayati, E., & Pratama, R. (2022). Peningkatan Literasi Sains melalui Pembelajaran IPA. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 24(1), 12–22. <https://doi.org/10.29401/jpdp.v11i1.3911>
- Plomp, T., & Nieveen, N. (Eds.). (2007). *An introduction to educational design research*. Enschede: Netherlands Institute for Curriculum Development (SLO).
- Torlakson, T. (2022). Pembelajaran Kolaboratif Inovatif dalam PBL-STEM. *Jurnal Pendidikan Sains*, 12(1), 1–10. <https://doi.org/10.56387/joe.v3i2.363>.
- Torlakson, T. (2014). *STEM education: A strategy for the 21st century workforce*. Dublin: California Dedicated to Education Foundation. <http://www.cde.ca.gov/RE/pn/rc/>
- Urhahne, D., & Wijnia, L. (2023). Theories of Motivation in Education: an Integrative Framework. *Educational Psychology Review*, 35(2), 1–35. <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09767-9>
- Usher, E. L., & Schunk, D. H. (2017). Social Cognitive Theoretical Perspective of Self-Regulation. In *Handbook of Self-Regulation of Learning and Performance* (pp. 19–35). New York: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315697048-2>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.
- Wahdaniyah, N., Agustini, R., & Tukiran, T. (2023). Analysis of Effectiveness PBL-STEM to Improve Student's Critical Thinking Skills. *IJORER : International Journal of Recent Educational Research*, 4(3), 365–382. <https://doi.org/10.46245/ijorer.v4i3.312>

- Wahyuni, F. T., & Tri Lestari, R. D. (2022). Eksperimen Model PBL Berbasis STEM Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis dan Jiwa Wirausaha Siswa Kelas VII MTs NU Assalam Kudus. *Jurnal Pendidikan Indonesia : Teori, Penelitian, Dan Inovasi*, 2(3), 2807–3878.
<https://doi.org/10.59818/jpi.v2i3.274>
- Wardani, I. R., Immama, M., Zuani, P., Kholis, N., Ali, U., & Tulungagung, R. (2023). Teori Belajar Perkembangan Kognitif Lev Vygotsky dan Implikasinya dalam Pembelajaran. In *Jurnal Pendidikan Islam*, 4(2), 332–346. <https://doi.org/10.58577/dimar.v4i2.92>
- Wibowo, Y. (2021). Deep learning dan penerapannya dalam pembelajaran. *Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 5(2), 45-56.
<http://www.jiip.stkipyapisdmpu.ac.id/jiip/article/view/805>.
- Wei et.al; (2023). Science Literacy and Critical Thinking in Primary Education. *International Journal of Science Education*, 45(2), 101–117.
<https://doi.org/10.12973/eu-jer.12.1.287>
- Yang, F & Li, X. (2022). Enhancing Scientific Communication Competencies in Elementary Students Through STEM Integrated Instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 59(4), 567–589.
<https://doi.org/10.1002/tea.21745>
- Y. Rahmawati, A. R. N. N. (2020). Developing STEAM-based science module for elementary school students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1567(4), 4-9. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1567/4/042019>
- Yulianti, D., Lestari, M., & Yulianti, M. (2010). Penerapan Dalam Pembelajaran Kontekstual Untuk Meningkatkan Minat Dan Hasil Belajar Fisika Siswa Smp Jigsaw Puzzle Competition. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*. 123-132.
<https://journal.unnes.ac.id/nju/JPMI/article/viewFile/1118/1033>
- Yulianti, D., & Herpratiwi, H. 2024. Development of a Science, Environment, Technology, and Society-Based Learning Module to Foster Critical Thinking in Elementary Students. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 18(4): 1372–1384. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v18i4.21713>
- Yulianti, D., Wahyudi, A., Habibi, R. K., Fitriadi, F., & Hendra, P. Y. (2026). Development of STEAM-PJBL based IPAS LKPD to improve students' science literacy. *Jurnal Teknologi Pendidikan: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pembelajaran*, 11(1), 68–78.
<https://doi.org/10.33394/jtp.v11i1.18321>

Yusuf, M., & Wibowo, A. (2021). Mindful Learning dalam Pendidikan Dasar.
Jurnal Pendidikan Dasar, 11(1), 33–41.
<https://doi.org/10.56387/joe.v3i2.363>.