

**MODEL PEMBELAJARAN KRITIS-KOLABORATIF
UNTUK MEMBANGUN KETERAMPILAN ABAD 21
CALON GURU IPA DALAM KONTEKS
ISU SOSIOSAINTEKNIK**

DISERTASI

Oleh

**IRWANDANI
NPM: 2133031005**



**PROGRAM STUDI DOKTOR PENDIDIKAN
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2025**

**MODEL PEMBELAJARAN KRITIS-KOLABORATIF
UNTUK MEMBANGUN KETERAMPILAN ABAD 21
CALON GURU IPA DALAM KONTEKS
ISU SOSIOSAINTEKNIK**

DISERTASI

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



**Oleh : Irwandani
NPM : 2133031005**

**PROGRAM STUDI DOKTOR PENDIDIKAN
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2025**

PERNYATAAN ORISINALITAS DAN PUBLIKASI DISERTASI

Saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Disertasi yang berjudul **“Model Pembelajaran Kritis-Kolaboratif untuk Membangun Keterampilan Abad 21 Calon Guru IPA dalam Konteks Isu Sosiosaintifik”** ini adalah karya penelitian saya sendiri dan bebas plagiat, serta tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali secara tertulis digunakan sebagai acuan dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber acuan serta daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam karya ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan (Permendiknas No. 17, Tahun 2010).
2. Publikasi sebagian atau keseluruhan isi Disertasi pada jurnal atau forum ilmiah lain harus seijin dan menyertakan tim pembimbing sebagai penulis dan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP) Universitas Lampung sebagai institusinya. Apabila dalam waktu sekurang-kurangnya satu semester (enam bulan sejak pengesahan Disertasi) saya tidak melakukan publikasi dari sebagian atau keseluruhan Disertasi ini, maka Program Studi Doktor Pendidikan, FKIP Universitas Lampung berhak mempublikasikan pada jurnal ilmiah yang diterbitkan oleh Program Studi Doktor Pendidikan, FKIP Universitas Lampung. Apabila saya melakukan pelanggaran dari ketentuan publikasi ini, maka saya bersedia mendapatkan sanksi akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 22 Mei 2025

Yang membuat pernyataan,



Irwandani

NPM 2133031005

**MODEL PEMBELAJARAN KRITIS-KOLABORATIF
UNTUK MEMBANGUN KETERAMPILAN ABAD 21
CALON GURU IPA DALAM KONTEKS
ISU SOSIOSAINTEKNIK**

DISERTASI

**Oleh: Irwandani
NPM: 2133031005**

**Komisi
Pembimbing**

Promotor

Co-Promotor I

Co-Promotor II

Nama

**Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si
NIP 196008211985031004**

**Prof. Dr. Een Yayah Haenilah, M.Pd
NIP 196203301986032001**

**Dr. Dina Maulina, M.Si
NIP 198512032008122001**

Tanda Tangan Tanggal



23-01-2025



23-01-2025



23-01-2025

Telah dinyatakan memenuhi syarat pada tanggal 23 Januari 2025

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



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

**MODEL PEMBELAJARAN KRITIS-KOLABORATIF
UNTUK MEMBANGUN KETERAMPILAN ABAD 21
CALON GURU IPA DALAM KONTEKS
ISU SOSIOSAINTEKNIK**

DISERTASI

**Oleh: Irwandani
NPM: 2133031005**

Tim Penguji

Jabatan

Nama

Tanda Tangan

Tanggal

Ketua **Dr. Riswandi, M.Pd**
NIP. 197608082009121001

 03-03-2025

Sekretaris **Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si**
NIP. 196008211985031004

 03-03-2025

Anggota **Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si**
NIP. 196812101993031002

 27-02-2025

Prof. Dr. Yuberti, M.Pd
NIP. 197709202006042011

 27-02-2025

Prof. Dr. Risma Margaretha Sinaga, M.Hum
NIP. 196204111986032001

 27-02-2025

Prof. Dr. Een Yayah Haenilah, M.Pd
NIP. 196203301986032001

 27-02-2025

Dr. Dina Maulina, M.Si
NIP. 198512032008122001

 27-02-2025

Telah dipertahankan di depan penguji pada Sidang Tertutup dan dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 19 Februari 2025

Dekan FKIP Universitas Lampung,

Koordinator Program Studi Doktor Pendidikan,



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

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

**MODEL PEMBELAJARAN KRITIS-KOLABORATIF
UNTUK MEMBANGUN KETERAMPILAN ABAD 21
CALON GURU IPA DALAM KONTEKS
ISU SOSIOSAINTEKNIK**

DISERTASI

**Oleh: Irwandani
NPM: 2133031005**

Tim Penguji

Jabatan	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	Prof. Dr. Sunyono, M.Si NIP. 196512301991111001		4 Juni 2025
Sekretaris	Hasan Hariri, S.Pd., M.B.A., Ph.D NIP. 196705212000121001		03-06-2025
Anggota	Dr. Riswandi, M.Pd NIP. 197608082009121001		03-06-2025
	Prof. Dr. Yuberti, M.Pd NIP. 197709202006042011		02-06-2025
	Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si NIP. 196812101993031002		03-06-2025
	Prof. Dr. Risma Margaretha Sinaga, M.Hum NIP. 196204111986032001		03-06-2025
	Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si NIP. 196008211985031004		03-06-2025
	Prof. Dr. Een Yayah Haenilah, M.Pd NIP. 196203301986032001		3 Juni 2025
	Dr. Dina Maulina, M.Si NIP. 198512032008122001		3 Juni 2025

Telah dipertahankan di depan penguji pada Sidang Terbuka dan dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 28 Mei 2025

Dekan FKIP Universitas Lampung,

Direktur Pascasarjana,



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

Tanggal lulus ujian disertasi 28 Mei 2025



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

RIWAYAT HIDUP

Irwandani, lahir di Indramayu pada tanggal 23 Oktober 1987, merupakan tenaga pengajar di Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Islam Negeri (UIN) Raden Intan Lampung. Riwayat pendidikan formalnya dimulai dengan menempuh program Sarjana (S1) di Jurusan Pendidikan Fisika, Universitas Pendidikan Indonesia (UPI) dan melanjutkan studi Magister (S2) di bidang Pendidikan IPA di universitas yang sama dan berhasil lulus pada tahun 2013. Pada tahun 2021, penulis memulai jenjang pendidikan Doktor (S3) di Program Studi Doktor Pendidikan, yang menandai komitmennya untuk terus mengembangkan keilmuan di bidang pendidikan.

Sepanjang perjalanan karirnya, penulis memiliki ketertarikan yang mendalam pada bidang pengembangan pendidikan, khususnya pendidikan guru IPA. Sejak tahun 2013, penulis aktif mengajar dan membimbing mahasiswa di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung, dengan lingkup pengajaran yang meliputi Program Studi Pendidikan Fisika, Pendidikan Biologi, Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah (MI), dan Program Profesi Guru (PPG). Penulis juga aktif berkontribusi sebagai editor dan reviewer di berbagai jurnal ilmiah, baik nasional maupun internasional. Komitmennya terhadap pengembangan pendidikan tercermin dari banyaknya publikasi ilmiah yang telah dihasilkan sejak tahun 2014. Karya publikasinya mencakup berbagai topik, seperti pengembangan pembelajaran, strategi, model, media, keterampilan abad 21, serta pengembangan guru profesional.

Komitmen penulis di bidang pengembangan pendidikan sejauh ini telah mendapatkan beberapa rekognisi, diantaranya Fasilitator Program Sekolah Penggerak, Fasilitator Asesmen Kompetensi Madrasah Indonesia (AKMI), serta narasumber di beberapa perguruan tinggi di Indonesia. Pengalaman tersebut memperkaya pengalaman dan wawasan penulis tentang perkembangan pendidikan di Indonesia. Pengalaman tersebut menginspirasi penulis mendirikan lembaga riset pendidikan; WISE Pendidikan Indonesia di tahun 2022. Melalui lembaga ini, penulis berharap dapat ikut serta dalam upaya memajukan pendidikan di Indonesia, khususnya pada pengembangan pendidikan untuk guru masa depan.

MOTTO

“Pendidikan bukanlah persiapan untuk hidup. Pendidikan adalah kehidupan itu sendiri.”

John Dewey

“Jika kamu ingin berjalan cepat, berjalanlah sendiri, namun jika kamu ingin berjalan jauh, berjalanlah bersama.”

Jhon F. Kennedy

PERSEMBAHAN

Karya sederhana ini saya persembahkan dengan segenap hati sebagai ungkapan syukur yang mendalam kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya dalam setiap langkah perjalanan hidup saya. Tak terlukiskan betapa saya terharu oleh kasih sayang dan dukungan yang tulus dari semua pihak yang telah menemani perjalanan akademik saya:

1. Kepada kedua orang tua yang tanpa henti mendukung dan mendoakan agar saya selalu diberikan kekuatan dan kelancaran dalam meraih impian. Kasih sayang kalian adalah pelita yang menerangi di saat-saat penuh tantangan.
2. Kepada istri dan anak-anak tercinta, kalian adalah sumber semangat yang tak tergantikan. Kehadiran dan cinta kalian memberikan penyeimbang sekaligus alasan untuk saya terus berjuang.
3. Kepada Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung, lembaga yang memberikan saya kesempatan untuk bertumbuh dan berkarya. rumah kedua yang memberikan ruang untuk belajar dan berkembang sebagai pribadi yang lebih baik.
4. Kepada almamater Universitas Lampung. Di sanalah saya menimba ilmu, merajut pengalaman, dan menyusun kenangan yang tak akan pernah pudar. Setiap momen di almamater ini telah membentuk saya, mengukir perjalanan yang penuh warna dan memberikan fondasi kuat untuk masa depan.

ABSTRAK

MODEL PEMBELAJARAN KRITIS-KOLABORATIF UNTUK MEMBANGUN KETERAMPILAN ABAD 21 CALON GURU IPA DALAM KONTEKS ISU SOSIOSAINTEKNIK

Oleh:
Irwandani
NPM 2133031005

Di masa depan, realita dan tantangan yang semakin kompleks menuntut lembaga pendidikan tinggi untuk mempersiapkan mahasiswa calon guru yang mampu mengajarkan berbagai keterampilan abad 21. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji kevalidan, kepraktisan dan keefektifan Model Pembelajaran Kritis-Kolaboratif (*Critical-Collaborative Learning Model/CCLM*) dalam membangun keterampilan abad 21 mahasiswa calon guru IPA. Metode penelitian menggunakan metode campuran (*mixed method*), dengan desain pengembangan model pembelajaran menggunakan langkah Borg dan Gall. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Model Pembelajaran CCLM dan perangkat pembelajaran yang dibangun memenuhi standar validitas secara isi maupun konstruk. Hasil uji coba terbatas dan uji coba luas menunjukkan bahwa Model Pembelajaran CCLM dinyatakan praktis dan mudah diimplementasikan dalam pembelajaran. Selanjutnya, hasil analisis kuantitatif (pretest-posttest, MANOVA) dan kualitatif (FGD, observasi dan catatan lapangan) mengungkapkan bahwa Model Pembelajaran CCLM secara efektif dapat membangun keterampilan berpikir kritis, berpikir kreatif, kolaborasi, dan komunikasi mahasiswa calon guru IPA dibandingkan dengan kelas kontrol. Lebih lanjut, penelitian ini juga memberikan kontribusi pada pembelajaran *Online Collaborative Learning (OCL)* melalui penambahan tahapan pembentukan kelompok kolaborasi yang terstruktur, literasi kritis, dan aksi berdampak nyata, sehingga menjadikan implementasi dari OCL menjadi lebih matang dan efektif. Dengan demikian, Model Pembelajaran CCLM dapat dijadikan alternatif model pembelajaran masa depan untuk membangun keterampilan abad 21.

Kata Kunci: Model Pembelajaran Kritis-Kolaboratif, CCLM, Keterampilan Abad 21, Calon Guru IPA, Isu Sosiosaintifik, *Online Collaborative Learning (OCL)*.

ABSTRACT

CRITICAL-COLLABORATIVE LEARNING MODEL TO DEVELOP 21st CENTURY SKILLS OF PROSPECTIVE SCIENCE TEACHERS IN THE CONTEXT OF SOCIO-SCIENTIFIC ISSUES

**By
Irwandani
NPM 2133031005**

In the future, increasingly complex realities and challenges will require higher education institutions to prepare pre-service teachers capable of teaching various 21st-century skills. This study aims to develop and evaluate the validity, practicality, and effectiveness of the Critical-Collaborative Learning Model (CCLM) in fostering 21st-century skills among pre-service science teachers. This research employs a mixed-method approach, with the instructional model development following the Borg and Gall framework. The findings indicate that the CCLM and its associated learning materials meet both content and construct validity standards. Limited and extensive trials demonstrate that the CCLM is practical and easy to implement in instructional settings. Furthermore, quantitative analyses (pretest-posttest, MANOVA) and qualitative methods (focus group discussions, observations, and field notes) reveal that the CCLM effectively enhances critical thinking, creative thinking, collaboration, and communication skills among pre-service science teachers compared to the control class. Additionally, this study contributes to Online Collaborative Learning (OCL) by incorporating structured collaborative group formation, critical literacy, and impactful action, thereby refining and enhancing the effectiveness of OCL implementation. Thus, the CCLM serves as a promising alternative learning model for equipping future educators with essential 21st-century skills.

Keywords: Critical-Collaborative Learning Model, CCLM, 21st-Century Skills, Pre-Service Science Teachers, Socioscientific Issues, Online Collaborative Learning (OCL).

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan taufik dan hidayah-Nya sehingga disertasi dengan judul **“Model Pembelajaran Kritis-Kolaboratif untuk Membangun Keterampilan Abad 21 Calon Guru IPA dalam Konteks Isu Sosiosaintifik”** dapat penulis selesaikan dengan baik. Penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan model pembelajaran yang didasarkan pada teori pedagogi kritis dan *Online Collaborative Learning* (OCL) untuk membangun keterampilan berpikir kritis, kreatif, kolaborasi dan komunikasi mahasiswa calon guru IPA. Hasil pengembangan ini kemudian diwujudkan dalam sebuah model pembelajaran bernama CCLM (*Critical-Collaborative Learning Model*). Tentu, penyelesaian karya ini tidak akan terwujud tanpa adanya dorongan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis bermaksud menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., Rektor Universitas Lampung.
2. Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si. Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung.
3. Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd., Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
4. Hasan Hariri, S.Pd., M.B.A., Ph.D., Koordinator Program Studi Doktor Pendidikan yang telah memfasilitasi dan bertanggung jawab atas proses kegiatan akademik di Program Studi Doktor Pendidikan.
5. Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si., selaku Promotor yang dengan sabar dan penuh dedikasi telah memberikan arahan, kritik, dan saran yang membangun sepanjang proses penelitian dan penulisan disertasi.
6. Prof. Dr. Een Yayah Haenilah, M.Pd., sebagai Co-Promotor I yang telah membimbing, mengarahkan, dan menginspirasi penulis dalam mengembangkan keilmuan pedagogi.
7. Dr. Dina Maulina, M.Si., selaku Co-Promotor II yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan disertasi.

8. Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si sebagai pembahas dan penguji I yang telah memberikan masukan, saran, dan perbaikan dalam penulisan disertasi ini.
9. Prof. Dr. Risma Margaretha Sinaga, M.Hum., sebagai pembahas dan penguji II yang telah memberikan masukan, saran, dan perbaikan serta penyempurnaan dalam penulisan disertasi ini.
10. Prof. Dr. Yuberti, M.Pd., sebagai penguji eksternal yang telah memberikan masukan, saran, dan perbaikan serta penyempurnaan dalam penulisan disertasi.
11. Bapak dan Ibu validator buku model dan instrumen penelitian: Prof. Dr. Sarwanto, M.Si., Prof. Dr. Agus Pahrudin, M.Pd., Prof. Dr. Yuberti, M.Pd., Dr. Achmad Samsudin, M.Pd., Dr. Muhammad Nur Hudha, M.Pd., Dr. Viyanti, M.Pd., Soeharto, Ph.D., R. Ahmad Zaky El Islami, Ph.D., Nukhbatul Bidayati Haka, M.Pd., dan Suci Wulan Pawhestri, M.Si yang telah memberikan penilaian secara objektif dan profesional.
12. Para mitra dosen penelitian: Mukarramah Mustari, M.Pd., Nadya Meriza, M.Pd., Suci Wulan Pawhestri, M.Si., Laila Puspita, M.Pd yang telah mendukung terlaksananya penelitian.
13. Bapak dan Ibu teman seperjuangan di Program Studi Doktor Pendidikan angkatan 2021 yang telah banyak memberikan kesempatan untuk berbagi dan berdiskusi.
14. Semua pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu, saya ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas bantuan dan dukungannya.

Terakhir, penulis menyadari masih banyak kekurangan dan kelemahan yang ditemukan dalam disertasi ini. Oleh karena itu, saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan demi sempurnanya karya ini. Semoga karya penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi pengembangan pendidikan guru IPA, khususnya dalam membangun keterampilan calon guru abad 21.

Bandar Lampung, Mei 2025

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN ORISINALITAS DAN PUBLIKASI.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN UJIAN TERTUTUP	iv
HALAMAN PENGESAHAN UJIAN TERBUKA	v
RIWAYAT HIDUP	vi
MOTTO	vii
PERSEMBAHAN.....	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah	10
C. Rumusan Masalah	11
D. Tujuan Penelitian	11
E. Manfaat Penelitian	12
F. Definisi Operasional	12
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	15
A. Landasan Filosofis Pembelajaran Kritis-Kolaboratif.....	15
B. Landasan Pedagogis Pembelajaran Kritis-Kolaboratif	18
1. Konstruktivisme	19
a. Konstruktivisme Kognitif	20
b. Konstruktivisme Sosial	23
2. Konektivisme	25
C. Landasan Teoritis Pembelajaran Kritis-Kolaboratif	27
1. Pedagogi Kritis.....	27
2. Teori <i>Online Collaborative Learning</i> (OCL)	31
3. Model Berpikir.....	34
a. Model Berpikir Clarke	34
b. Model Keterampilan Berpikir Swartz dan Parks	35
4. Teori Komunikasi dan Pemrosesan Informasi	36
5. Pengembangan Guru Masa Depan	39
a. Keterampilan Guru Masa Depan	40
b. Kompetensi Guru dalam Era Digital	42
c. Pembelajaran Alternatif untuk Guru Masa Depan	44
6. Isu Sosiosaintifik dalam Pembelajaran IPA.....	45
7. Keterampilan Abad 21	48
a. Keterampilan Berpikir Kritis	49

b. Keterampilan Berpikir Kreatif	52
c. Kolaborasi	58
d. Komunikasi	62
8. Pembelajaran Berdiferensiasi.....	64
D. Karakteristik Model Pembelajaran.....	66
E. Penelitian Relevan.....	68
F. Kerangka Pikir Penelitian	69
BAB III METODE PENELITIAN	71
A. Pendekatan Penelitian	71
B. Desain Penelitian.....	71
C. Waktu, Tempat dan Subyek Penelitian	74
1. Waktu Penelitian	74
2. Tempat Penelitian	74
3. Subyek Penelitian.....	74
D. Prodesur Penelitian.....	75
1. Studi Pendahuluan	75
a. Studi Literatur	75
b. Studi Lapangan	76
2. Tahap Perencanaan dan Pengembangan Produk.....	77
a. Penyusunan Draf Produk	77
b. Validasi Produk.....	77
3. Tahap Pengujian.....	78
a. Uji Coba Terbatas	78
b. Uji Coba Luas	78
4. Diseminasi Produk	80
E. Teknik Pengumpulan Data	80
1. Data Analisis Kebutuhan	80
2. Data Validitas Produk	81
3. Data Kepraktisan Produk	81
4. Data Keefektifan Produk.....	82
F. Teknik Analisis Data.....	83
1. Tahap Studi Pendahuluan	83
2. Tahap Pengembangan	83
a. Validitas dan Reliabilitas Buku Model	83
b. Validitas dan Reliabilitas Instrumen	84
c. Hasil Uji Coba Instrumen	85
3. Tahap Uji Lapangan.....	89
a. Uji Coba Terbatas	89
b. Uji Coba Luas	89
4. Desain dan Interpretasi Data Kualitatif dan Kuantitatif.....	95
G. Kontribusi Terhadap Pengembangan Teori OCL	96
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	98
A. Hasil Studi Pendahuluan	98
1. Studi Literatur	98
2. Studi Lapangan.....	101
B. Perencanaan dan Pengembangan.....	108

1. Penyusunan dan Pengembangan Model Pembelajaran.....	108
2. Penyusunan Komponen Model	113
a. Pembentukan Sintaks	113
b. Sistem Sosial.....	126
c. Prinsip Reaksi.....	126
d. Sistem Pendukung	128
e. Dampak Instruksional dan Dampak Pengiring.....	129
3. Dokumentasi Produk	131
a. Desain Buku Model CCLM	132
b. Instrumen dan Perangkat Penelitian	136
4. Validasi Produk.....	138
a. Hasil Validasi Model CCLM.....	139
b. Hasil Validasi Instrumen Penelitian	142
C. Pengujian Produk	144
1. Uji Coba Terbatas.....	144
2. Uji Coba Luas.....	145
a. Keberlakuan Model Pembelajaran.....	145
b. Keterlaksanaan Sintaks Model	146
c. Respon Mahasiswa dan Hasil Wawancara	147
d. Efektivitas Model Pembelajaran.....	149
D. Diseminasi Produk	155
E. Pembahasan.....	156
F. Kontribusi Penelitian dan Kebaruan	176
1. Kontribusi Penelitian	176
2. Kebaruan	176
G. Implikasi dan Keterbatasan Penelitian	177
1. Implikasi Kebijakan	177
2. Implikasi Teoritis	178
3. Implikasi Metodologis	178
4. Implikasi Praktis.....	178
5. Keterbatasan Penelitian	179
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	181
A. Kesimpulan	181
B. Saran	182
DAFTAR PUSTAKA	183
LAMPIRAN.....	201

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Tantangan Dunia Masa Depan dan Keterampilan Abad 21.....	16
Tabel 2.2. Kontribusi Kognitif Neurosains terhadap Pengembangan Model ..	23
Tabel 2.3. Kontribusi Konstruktivisme terhadap Pengembangan Model	25
Tabel 2.4. Riset Pedagogi Kritis yang Mendukung Pengembangan Model	29
Tabel 2.5. Penjabaran Tahapan <i>Online Collaborative Learning</i>	33
Tabel 2.6. Keterampilan Berpikir.....	36
Tabel 2.7. Literasi sains dan Isu Sosiosaintifik Adaptasi dari PISA	47
Tabel 2.8. Indikator Keterampilan Berpikir Kritis.....	51
Tabel 2.9. Indikator Keterampilan Berpikir Kreatif	53
Tabel 2.10. Indikator Kolaborasi	59
Tabel 2.11. Indikator Komunikasi	64
Tabel 2.12. Komponen Pembelajaran Berdiferensiasi	65
Tabel 3.1. Distribusi Subyek Penelitian.....	75
Tabel 3.2. Daftar Validator Model Pembelajaran CCLM.....	78
Tabel 3.3. Daftar Validator Instrumen Penelitian	78
Tabel 3.4. Relasi Antara Data, Teknik Pengumpulan dan Instrumen	82
Tabel 3.5. Kriteria Kualitas Produk	83
Tabel 3.6. Kriteria Validitas Produk	84
Tabel 3.7. Hasil Validasi Perangkat Instrumen Penelitian.....	84
Tabel 3.8 Hasil Uji Reliabilitas Perangkat Pembelajaran	85
Tabel 3.9. Ringkasan Statistik Berdasarkan Parameter Rasch untuk Instrumen Berpikir Kritis	86
Tabel 3.10. Ringkasan Statistik Berdasarkan Parameter Rasch untuk Instrumen Berpikir Kreatif	87
Tabel 3.11. Ringkasan Statistik Berdasarkan Parameter Rasch untuk Instrumen Kolaborasi	87
Tabel 3.12. Ringkasan Statistik Berdasarkan Parameter Rasch untuk Instrumen Komunikasi	88
Tabel 3.13. Kriteria Keterlaksanaan Model Pembelajaran	90
Tabel 3.14. Kriteria Respon Calon Guru	90
Tabel 3.15. Rancangan Faktorial Uji MANOVA.	93
Tabel 3.16. Rancangan Faktorial Uji MANOVA untuk Gaya Belajar.	94
Tabel 3.17. Proses <i>Embedded Design</i> dalam Mejawab Rumusan Masalah.....	95
Tabel 4.1. Respon Mahasiswa terhadap Tantangan Masa Depan	102
Tabel 4.2. Respon Dosen terhadap Tantangan Masa Depan	104
Tabel 4.3. Hasil Uji Keterampilan Abad 21 Mahasiswa Calon Guru	106
Tabel 4.4. Hasil Analisis Studi Dokumen.....	107
Tabel 4.5. Hubungan Sintaks CCLM dengan Keterampilan yang Dibangun..	123
Tabel 4.6. Hasil Validitas Isi Buku Model CCLM	139
Tabel 4.7. Hasil Validitas Konstruksi Buku Model CCLM	140
Tabel 4.8. Kesimpulan Hasil Uji Validitas Buku Model CCLM.....	140
Tabel 4.9. Rekapitulasi Komentar Validator terhadap Buku Model CCLM...	141
Tabel 4.10. Hasil Validitas Perangkat Instrumen Penelitian.....	143
Tabel 4.11. Hasil Uji Reliabilitas Perangkat Pembelajaran	144

Tabel 4.12. Hasil Uji Coba Instrumen menggunakan Analisis Rasch	144
Tabel 4.13. Hasil Uji Coba Skala Kecil	145
Tabel 4.14. Rata-Rata Hasil Tes Kelas Berdasarkan Gaya Belajar	146
Tabel 4.15. Uji MANOVA Efektivitas Gaya Belajar	146
Tabel 4.16. Rekapitulasi Keterlaksanaan Model Pembelajaran CCLM	147
Tabel 4.17. Respon Mahasiswa setelah Implementasi Model CCLM.....	147
Tabel 4.18. Hasil Observasi Pelaksanaan Model CCLM.....	148
Tabel 4.19. Hasil Wawancara Implementasi Model CCLM	148
Tabel 4.20. Deskripsi Skor Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif	150
Tabel 4.21. Deskripsi Skor Keterampilan Kolaborasi dan Komunikasi	150
Tabel 4.22. Hasil Analisis Korelasi Uji Normalitas Data Multivariat	151
Tabel 4.23. Hasil Uji Homogenitas Multivariat.....	152
Tabel 4.24. Hasil Uji MANOVA Kritis-Kreatif	153
Tabel 4.25. Hasil Uji MANOVA Kolaborasi-Komunikasi.....	153
Tabel 4.26. Hasil Uji Lanjut Bonferroni	154

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Proses Pembentukan Memori.....	22
Gambar 2.2. Penggambaran <i>Zona Proximal Development</i>	24
Gambar 2.3. Tahapan dalam <i>Online Collaborative Learning</i>	33
Gambar 2.4. Siklus Proses Berpikir	35
Gambar 2.5. Model Pemrosesan Informasi.....	38
Gambar 2.6. Kerangka Pikir Penelitian	70
Gambar 3.1. Pendekatan Penelitian <i>Embedded Design</i>	71
Gambar 3.2. Penelitian dan Pengembangan Model Borg & Gall	72
Gambar 3.3. Alur Penelitian.....	73
Gambar 3.4. Desain Penelitian untuk Uji Coba Luas	79
Gambar 3.5. Alur <i>Embedded Design</i>	95
Gambar 3.6. Tahapan Kontribusi Penelitian terhadap Pengembangan Teori ..	96
Gambar 4.1. Hasil Studi Literatur yang Dipetakan VOSviewer.....	99
Gambar 4.2. Proses Integrasi OCL dan Pedagogi Kritis dalam Pengembangan Model Pembelajaran	110
Gambar 4.3. Kerangka Pengembangan Model Pembelajaran.....	113
Gambar 4.4. Sintaks Model Pembelajaran CCLM.....	125
Gambar 4.5. Dampak pada Model Pembelajaran CCLM	131
Gambar 4.6. Sistematika Isi Buku Model CCLM.....	132
Gambar 4.7. Gambar Produk Buku Model CCLM	134
Gambar 4.8. Desain Sampul Instrumen Penelitian	137
Gambar 4.9. Hasil Uji Normalitas Data Multivariat Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif	151
Gambar 4.10. Hasil Uji Normalitas Data Multivariat Kemampuan Kolaborasi dan Komunikasi	151
Gambar 4.11. Diseminasi Model Pembelajaran CCLM	156
Gambar 4.12. Proses Literasi pada <i>Fase Idea Generating</i> di CCLM.....	161
Gambar 4.13. Proses Diskusi pada <i>Fase Idea Organizing</i> di CCLM.....	163
Gambar 4.14. Proses Kreasi pada <i>Intellectual Convergence</i> di CCLM.....	167
Gambar 4.15. Pengembangan OCL melalui CCLM	172

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Studi Pendahuluan.....	201
Lampiran 2. Buku Model CCLM.....	202
Lampiran 3. Rencana Pembelajaran Semester (RPS)	203
Lampiran 4. Lembar Kerja Mahasiswa (LKM)	204
Lampiran 5. Instrumen Tes Berpikir Kritis.....	205
Lampiran 6. Instrumen Tes Berpikir Kreatif.....	206
Lampiran 7. Instrumen Kolaborasi	207
Lampiran 8. Instrumen Komunikasi	208
Lampiran 9. Lembar Keterlaksanaan Model.....	209
Lampiran 10. Lembar Angket Respon dan Panduan Wawancara.....	210
Lampiran 11. Lembar Observasi dan Catatan Lapangan	211
Lampiran 12. Lembar Kemajuan Belajar.....	212
Lampiran 13. Instrumen Validasi Buku Model CCLM	213
Lampiran 14. Rekapitulasi Hasil Validasi Buku Model CCLM.....	214
Lampiran 15. Contoh Hasil Isian Validasi Buku Model CCLM	215
Lampiran 16. Rekapitulasi Validasi Perangkat Instrumen.....	216
Lampiran 17 Contoh Hasil Isian Validasi Perangkat Instrumen	217
Lampiran 18. Rekapitulasi Nilai Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif....	218
Lampiran 19. Contoh Isian Hasil Keterampilan Berpikir Kritis	219
Lampiran 20. Contoh Isian Hasil Keterampilan Berpikir Kreatif.....	220
Lampiran 21. Rekapitulasi Nilai Kemampuan Kolaborasi dan Komunikasi ...	221
Lampiran 22. Contoh Isian Hasil Kemampuan Kolaborasi	222
Lampiran 23. Contoh Isian Hasil Kemampuan Komunikasi	223
Lampiran 24. Contoh Isian Lembar Kerja Mahasiswa	224
Lampiran 25. Rekapitulasi Hasil Tes Gaya Belajar	225
Lampiran 26. Rekapitulasi Hasil Uji Coba Keterampilan Berpikir Kritis	226
Lampiran 27. Rekapitulasi Hasil Uji Coba Keterampilan Berpikir Kreatif.....	227
Lampiran 28. Uji Reliabilitas Soal Berpikir Kritis dan Kreatif	228
Lampiran 29. Uji Reliabilitas Tes Kolaborasi dan Komunikasi	229
Lampiran 30. Rekapitulasi Kepraktisan Model CCLM	230
Lampiran 31. Rekapitulasi Keterlaksanaan Sintaks Model CCLM.....	231
Lampiran 32. Contoh Isian Keterlaksanaan Sintaks Model CCLM	232
Lampiran 33. Uji Efektivitas Model Pembelajaran CCLM	233
Lampiran 34. Rekapitulasi Hasil Respon Mahasiswa terhadap CCLM	234
Lampiran 35. Rekapitulasi Hasil Observasi Pelaksanaan Model CCLM	235
Lampiran 36. Hasil Uji Keberlakuan Model Pembelajaran	236
Lampiran 37. Surat Izin Penelitian.....	237
Lampiran 38. Surat Keterangan Penelitian	238
Lampiran 39. Dokumentasi Penelitian.....	239
Lampiran 40. Dokumentasi Hasil Wawancara	240

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Di masa depan, dunia menghadapi realita dan tantangan yang semakin kompleks. Pesatnya perkembangan teknologi informasi, konektivitas yang masif, ancaman runtuhnya sistem kehidupan akibat kesenjangan, perubahan demografi, krisis lingkungan, dan sebagainya, menjadi peluang sekaligus tantangan yang harus dihadapi bersama (Spencer-Keyse dkk., 2020). Dalam konteks pendidikan, lembaga pendidikan tinggi dituntut untuk mempersiapkan calon guru masa depan yang mampu mengajarkan siswanya berbagai keterampilan agar dapat menghadapi tantangan tersebut (Montoya dkk., 2021; Spencer-Keyse dkk., 2020; Wit & Altbach, 2021). Oleh sebab itu, berbagai keterampilan baru harus terlebih dahulu dimiliki oleh para calon guru, agar mereka dapat lebih siap menghadapi tantangan-tantangan tersebut, kemudian mengajarkannya kepada siswa mereka di kelas.

Laporan *Global Education Future* dalam *Skill of the Future: How to thrive in the complex new world* (Loshkareva, 2021) menyarankan agar lembaga pendidikan membekali calon guru berbagai keterampilan dasar yang dibutuhkan di abad 21. Berpikir kritis, berpikir kreatif, komunikasi dan kolaborasi menjadi keterampilan wajib untuk dibekalkan (Loshkareva, 2021; Spencer-Keyse dkk., 2020). Selain itu, literasi digital dan kreativitas juga jadi tuntunan guru untuk bisa masuk pada ekosistem pembelajaran masa depan (Agonács & Matos, 2017; Ellitan, 2020; Heong dkk., 2012; Novak, 2013; Sumartini, 2019). Keterampilan lintas budaya, kemampuan manajemen dan regulasi diri, serta keterampilan belajar mandiri juga merupakan keterampilan wajib lainnya yang penting untuk dikuasai (Loshkareva, 2021; Spencer-Keyse dkk., 2020).

Berpikir kritis, berpikir kreatif, komunikasi dan kolaborasi yang dikenal dengan *4C Skills* (*Critical Thinking, Creativity, Communication, Collaboration*) menjadi pondasi utama dari keterampilan yang harus dikuasai guru IPA di masa depan (Harshbarger, 2016; Khoiri dkk., 2021; Sulaiman & Ismail, 2020). Keterampilan berpikir kritis (Ennis, 1993; Facione, 2011; Hidayati & Sinaga, 2019; OECD, 2019) membantu guru dalam mengevaluasi kevalidan dan keabsahan informasi yang tersedia, mengembangkan argumen yang logis dan rasional, dan mengelola masalah yang kompleks dengan cara yang efektif. Keterampilan berpikir kritis juga membantu guru dalam mengelola kelas dengan cara yang efektif dan memberikan peserta didik dengan pemahaman yang mendalam tentang materi pelajaran (Massa, 2014). Dengan demikian, guru yang memiliki keterampilan berpikir kritis akan lebih terampil dalam mengelola kelas dan memberikan peserta didik dengan pemahaman yang lebih baik tentang materi pelajaran yang sedang diajarkan.

Keterampilan berpikir kreatif (Chen, 2024; Aizikovitsh-Udi & Amit, 2011; Lince, 2016; OECD, 2019) dapat membantu guru dalam mengembangkan model pengajaran yang inovatif dan efektif. Melalui keterampilan berpikir kreatif, guru dapat memanfaatkan ide-ide baru dan berpikir di luar kotak untuk menciptakan pengalaman belajar yang menyenangkan dan menantang bagi peserta didik. Hal ini dapat membantu peserta didik untuk lebih terlibat dan tertarik dalam pelajaran, sehingga membantu mereka untuk mencapai tujuan pembelajaran. Berpikir kreatif juga membantu guru dalam mengidentifikasi solusi yang inovatif untuk masalah yang dihadapi dalam proses belajar dan mengajar (Aizikovitsh-Udi & Amit, 2011; Barajas dkk., 2019). Selain itu, berpikir kreatif juga membantu guru dalam mengembangkan kurikulum yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik dan menyesuaikan pengajaran sesuai dengan gaya belajar yang berbeda dari peserta didik. Dengan demikian, guru yang memiliki keterampilan berpikir kreatif akan lebih terampil dalam mengelola kelas dan memberikan peserta didik dengan pemahaman yang lebih baik tentang materi pelajaran yang sedang diajarkan.

Keterampilan komunikasi yang baik dapat membantu guru dalam menyampaikan materi pelajaran dengan efektif, jelas, dan mudah dipahami

peserta didik (Chen, 2024; Chung dkk., 2014; Dunbar dkk., 2006; Frey & Palmer, 2017). Keterampilan ini juga membantu guru dalam mengelola kelas dengan cara yang efektif, dengan menetapkan aturan yang jelas dan mengelola interaksi antara peserta didik dengan cara yang tepat. Selain itu, keterampilan komunikasi juga membantu guru dalam membangun hubungan yang positif dengan peserta didik, yang dapat membantu peserta didik untuk lebih terlibat dan tertarik dalam pelajaran (Chung dkk., 2014; Dunbar dkk., 2006). Keterampilan komunikasi membantu guru dalam bekerja sama dengan rekan sejawat, orang tua, dan masyarakat lainnya yang terkait dengan pengembangan pembelajaran di kelas. Dengan demikian, guru yang memiliki keterampilan komunikasi yang baik akan lebih terampil dalam mengelola kelas dan menjalankan tugas-tugas lainnya yang terkait dengan profesinya.

Keterampilan kolaborasi adalah keterampilan untuk bekerja sama dengan orang lain secara efektif dalam mencapai tujuan bersama (Chen, 2024; Kathleen, 2016; McCaleb, 2013). Keterampilan kolaborasi menjadi keterampilan yang penting untuk dikuasai oleh guru karena hal tersebut membantu mereka dalam bekerja sama dengan peserta didik, rekan sejawat, maupun orang tua (McCaleb, 2013). Keterampilan kolaborasi membantu guru dalam mengembangkan model pengajaran yang efektif dan mengelola kelas dengan cara yang efektif. Dengan keterampilan kolaborasi yang baik, guru dapat bekerja sama dengan rekan sejawat untuk mengembangkan model pengajaran yang inovatif dan menyesuaikan pengajaran sesuai dengan kebutuhan peserta didik. Keterampilan kolaborasi juga membantu guru dalam mengelola kelas dengan cara yang efektif, dengan memastikan bahwa peserta didik terlibat dan merasa terlibat dalam proses belajar (McCaleb, 2013; Saputra dkk., 2019). Dengan demikian, guru yang memiliki keterampilan kolaborasi yang baik akan lebih terampil dalam mengelola kelas dan menjalankan tugas-tugas lainnya yang terkait dengan profesinya.

Namun, tantangan utama untuk membangun keterampilan abad 21 calon guru adalah upaya untuk menghadirkan pembelajaran yang berorientasi pada makna (*value*) dan mendorong keberlanjutan (OECD, 2019). Lembaga *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (UNESCO)

kemudian menggagas *Education for Sustainable Development* (ESD) atau Pendidikan untuk Pembangunan Berkelanjutan. ESD adalah pendekatan pendidikan yang bertujuan untuk membekali individu dengan pengetahuan, keterampilan, nilai, dan sikap yang diperlukan untuk berkontribusi pada pembangunan berkelanjutan (UNESCO, 2020). Konsep ini menekankan pentingnya pendidikan dalam mempersiapkan masyarakat untuk menghadapi tantangan lingkungan, sosial, dan ekonomi yang kompleks di masa depan (Spencer-Keyse dkk., 2020).

Secara garis besar, konsep ESD ternyata sejalan dengan pendekatan pedagogi kritis atau *critical pedagogy*, dimana pendekatan ini dalam pendidikan berfokus pada upaya kritis terhadap sistem maupun situasi yang ada dan mencoba untuk mengubahnya demi tercapainya keadilan sosial dan demokrasi (Freire, 2000; Giroux, 2020). Perkembangan pedagogi kritis dimulai pada abad ke-20, setelah Paulo Freire mengembangkan teori-teorinya tentang “pendidikan kritis” dan “praktik pembebasan” yang menekankan pentingnya memberikan kemampuan kepada peserta didik untuk memahami dan memberikan evaluasi pada sistem, aturan, maupun praktik yang berlaku, serta memperjuangkan perubahan sosial untuk mencapai kondisi yang lebih baik (Freire, 2000). Selanjutnya, Ivan Illich, seorang pendidik dari Amerika Serikat, juga mempromosikan ide-ide tentang “pendidikan sebagai tindakan sosial” yang menekankan pentingnya pendidikan sebagai cara untuk memperjuangkan keadilan sosial. Tokoh lain yang berperan besar terhadap perkembangan pedagogi kritis adalah Henry Giroux. Sama dengan pendahulunya, Giroux menekankan pentingnya sebuah proses yang memberikan kemampuan kepada peserta didik untuk memahami dan mengkritisi kondisi yang mereka alami saat ini, serta memberikan mereka kemampuan untuk bertindak dan berkontribusi untuk melakukan perbaikan (Alfrey & O’Connor, 2020; Giroux, 2020; Serrano, 2018; Lemrow, 2014).

Berdasarkan hasil pemetaan menggunakan bantuan perangkat lunak Publish or Perish (PoP), Mendeley, dan Vosviewer diperoleh hasil bahwa pendekatan pedagogi kritis berhubungan erat dengan keterampilan abad 21. Hasil kajian terhadap 100 artikel pilihan (Scopus Q1-Q4) dalam 5 tahun terakhir (2018 –

2022) mengarahkan keterkaitan pola bahwa pendekatan pedagogi kritis bisa menjadi tawaran alternatif untuk diajarkan pada calon guru masa depan. Selanjutnya, tren penelitian tentang pedagogi kritis juga mengalami peningkatan yang signifikan setiap tahunnya. Hal ini menandakan bahwa riset tentang pedagogi kritis semakin diminati karena dianggap relevan dengan kebutuhan dan kondisi saat ini. Tren peningkatan ini juga dipengaruhi oleh berkembangnya tema-tema riset. Pada perkembangan awal, riset pedagogi kritis lebih banyak berfokus pada isu-isu penindasan manusia atas manusia, seperti keadilan sosial, diskriminasi, hak asasi, dan gender. Namun, dalam kurun 10 tahun terakhir, isu tersebut mulai bergeser menjadi isu-isu penindasan manusia terhadap lingkungan alam, hewan, dan tumbuhan (isu sosiosaintifik, ekopedagogi) (Chung dkk., 2014; Misiaszek, 2020; Norat dkk., 2016). Pergeseran ini juga menjadikan semakin luasnya bidang kajian, yang semula didominasi kajian sosial politik (Algraini & McIntyre-Mills, 2019) dan bahasa (Abdollahzadeh & Narafshan, 2016), kini berkembang ke ilmu alam yang dikaitkan dengan isu-isu sosial (Fazio dkk., 2022). Dalam prakteknya di kelas, pedagogi kritis juga mengalami perkembangan strategi yang semakin variatif, diantaranya literasi kritis (Cho, 2020), dialog kritis dan konstruktif (Boone dkk., 2019; Bryant dkk., 2015), pengalaman kerja sosial (Archer-Kuhn dkk., 2020; Boone dkk., 2019), *problem posing* (Nelson & Chen, 2022), *critical making* (Hughes dkk., 2019), *inquiry-based learning* (Archer-Kuhn dkk., 2020; Sacramento, 2019), pembelajaran kolaboratif (Brooks dkk., 2022), hingga ekopedagogi (Misiaszek, 2020; Norat dkk., 2016).

Tantangan selanjutnya dalam membangun keterampilan abad ke-21 bagi calon guru adalah perkembangan teknologi informasi yang semakin pesat, yang tidak hanya menghadirkan kemudahan akses dan inovasi, tetapi juga disrupti yang signifikan dalam sistem pendidikan. Perubahan ini menuntut para calon guru untuk tidak hanya mampu menguasai teknologi, tetapi juga untuk mengembangkan kemampuan adaptif, berpikir kritis, serta kolaborasi yang efektif, agar dapat menjawab kebutuhan pembelajaran yang semakin dinamis dan serba cepat (Abdurrahman, 2023; Irwandani dkk., 2024). Karena itu, *Online Collaborative Learning* (OCL) atau *Collaborativist* lahir sebagai pembelajaran

alternatif yang memadukan teknologi dengan pembelajaran kolaborasi (Harasim, 2017). OCL menekankan pentingnya kerja sama dalam membangun pengetahuan. OCL memanfaatkan teknologi digital sebagai sarana untuk memfasilitasi diskusi dan pemecahan masalah bersama (Harasim 2017; Solso, 2013). Dengan kata lain, OCL adalah pendekatan pembelajaran di mana peserta secara aktif berinteraksi satu sama lain untuk saling belajar dan mengembangkan pemahaman bersama menggunakan kecanggihan teknologi. Proses ini melibatkan pertukaran ide, berbagi informasi, dan bekerja sama dengan memanfaatkan kecanggihan teknologi sehingga peserta dapat berkolaborasi secara efektif, meskipun berada di tempat yang berbeda. Melalui interaksi sosial yang terfasilitasi oleh teknologi, peserta dapat membangun pengetahuan yang lebih dalam dan menyeluruh (Harasim, 2017; Loshkareva, 2021; Spencer-Keyse dkk., 2020). Melalui pemanfaatan kecanggihan teknologi, ekosistem belajar kolaboratif di masa depan dapat membantu peserta didik untuk bekerja sama secara efektif meskipun jarak yang terpisah, saling terhubung dan bekerja sama dalam suatu jaringan yang saling mendukung satu sama lain untuk mencapai pemahaman yang lebih baik, menyelesaikan permasalahan, hingga mencapai tujuan bersama (Harasim, 2017; Loshkareva, 2021; Saputra dkk., 2019; Spencer-Keyse dkk., 2020).

Tantangan ketiga berasal dari temuan lapangan yang menunjukkan urgensi penerapan pembelajaran alternatif untuk mahasiswa calon guru. Beberapa penelitian yang ditemukan seperti rendahnya kemampuan literasi (Falloon, 2020), rendahnya keterampilan abad 21 (Vithanapathirana & Nettikumara, 2020), rendahnya keterampilan berpikir kritis dan kreatif (Aizikovitsh-Udi & Amit, 2011; Akmam dkk., 2019), rendahnya keterampilan komunikasi oral dan tertulis (Dragomir & Niculescu, 2020; Dunbar dkk., 2006), berkolaborasi dalam tim (Sutarman dkk., 2019), dan penguasaan teknologi informasi (Mailizar & Fan, 2020; Orús dkk., 2020) menjadi bukti bahwa proses pembelajaran di perguruan tinggi sebagian masih menganut pedagogi lama (Loshkareva, 2021; Spencer-Keyse dkk., 2020). Fakta ini juga diperkuat oleh hasil studi pendahuluan terhadap 884 mahasiswa calon guru di jurusan IPA (Fisika, Biologi, dan Kimia) yang tersebar di 16 perguruan tinggi di Indonesia.

Berdasarkan hasil studi, diperoleh kesimpulan bahwa sebagian besar responden (52,5%) meyakini pembelajaran yang mereka dapatkan di kelas belum sepenuhnya membekali mereka menjadi guru di masa depan. Mereka membutuhkan lebih banyak model pembelajaran alternatif yang dapat membangun mereka keterampilan berpikir kritis (74,8%), berpikir kreatif (79%), kolaborasi (71,9%), dan komunikasi (69,2%), serta keterampilan penunjang lainnya seperti kesadaran lingkungan (61,8%), keterampilan belajar mandiri (62,9%), dan keterampilan mengelola sosial emosional (60,5%) (Irwandani dkk., 2024).

Selanjutnya, hasil uji sampel terhadap keterampilan berpikir kritis, berpikir kreatif, kolaborasi, dan komunikasi pada mahasiswa calon guru IPA di salah satu perguruan tinggi di Provinsi Lampung mengindikasikan performa yang masih relatif rendah. Dari 85 sampel yang diteliti pada rentang tahun pembelajaran 2022 hingga 2023, skor rata-rata berpikir kritis hanya mencapai 45/100, berpikir kreatif 47/100, kolaborasi 50/100, dan komunikasi 56/100. Angka-angka ini sejalan dengan beberapa temuan penelitian sebelumnya yang turut menyoroti rendahnya keterampilan abad ke-21 (4C) pada calon guru di Indonesia (Darmayanti dkk., 2024; Haryani dkk., 2021; Khoiri dkk., 2021; Nurhayati dkk., 2024).

Kondisi tersebut menunjukkan perlunya upaya inovatif dan strategi pembelajaran alternatif untuk memfasilitasi pengembangan keterampilan abad ke-21. Salah satu alternatif pembelajaran yang telah dijelaskan sebelumnya adalah pembelajaran OCL (Brooks dkk., 2022; Harasim, 2017; Kathleen, 2016). Namun, dalam perjalanan implementasinya, pembelajaran OCL ternyata masih diperlukan berbagai penyempurnaan. Oyarzun dan Martin (2023), menemukan setidaknya tiga kelemahan dalam pembelajaran OCL yang perlu disempurnakan. Pertama, berkaitan dengan kendala teknis seperti keterbatasan akses internet, perangkat yang tidak memadai, atau platform pembelajaran yang bermasalah. Kedua, terkait dengan manajemen waktu, terutama bagi mahasiswa yang kesulitan mengatur jadwal secara daring maupun luring. Ketiga, kecemasan akibat kolaborasi yang secara daring yang tentu memiliki tantangan tersendiri. Oyarzun dan Martin menyarankan pentingnya desain kolaborasi yang matang

dan fasilitasi yang mendukung untuk mencapai hasil yang positif dalam pembelajaran daring. Penelitian ini memberikan implikasi penting bagi teori OCL dimana diperlukan rancangan pembelajaran yang matang untuk memfasilitasi proses kolaborasi daring yang efektif (Oyarzun & Martin, 2023).

Untuk memastikan kesuksesan kolaborasi daring, beberapa elemen kunci harus dipertimbangkan. Pertama, penggunaan kerangka teoretis atau konseptual yang kuat sangatlah penting. Penelitian menunjukkan bahwa desain kolaborasi yang matang harus didasarkan pada kerangka yang dapat membimbing perancangan aktivitas kolaborasi yang efektif (Barker Scott & Manning, 2024). Kedua, pemilihan ukuran kelompok dan metode pembentukan kelompok memegang peran krusial dalam optimalisasi interaksi dan keterlibatan. Kelompok kecil beranggotakan dua hingga lima mahasiswa sangat disarankan, dengan metode pembentukan yang hati-hati, baik berdasarkan kriteria tertentu, penugasan acak, atau pembentukan mandiri sesuai dengan konteks dan kebutuhan pembelajar (Müller dkk., 2024). Selain itu, peran instruktur harus jelas dan terdefinisi, di mana mereka bertindak sebagai desainer, fasilitator, dan pendukung dalam proses kolaborasi, menyediakan panduan dan dukungan yang memadai. Aktivitas kolaborasi sendiri perlu dirancang dengan struktur yang jelas, mencakup tujuan pembelajaran yang spesifik, tugas yang didefinisikan dengan baik, serta mempertimbangkan ketuntasan anggota kelompok dalam berliterasi. Terakhir, pengaturan waktu dan manajemen beban kerja menjadi tantangan umum dalam kolaborasi daring, sehingga penting untuk merancang jadwal yang realistis dan memastikan pembagian beban kerja yang adil di antara anggota kelompok (Alvarez Sainz dkk., 2019).

Untuk merancang aktivitas kolaborasi yang matang dan efektif, pendekatan pedagogi kritis dapat digunakan sebagai alternatif yang tepat. Pedagogi kritis menekankan pada pembelajaran yang menantang status quo, mendorong berpikir kritis, dan mengembangkan kesadaran sosial di antara peserta didik (Panthi, 2023). Salah satu elemen kunci dalam pendekatan ini adalah desain aktivitas kolaborasi yang memiliki struktur yang jelas, yang memungkinkan peserta didik tidak hanya bekerja sama, tetapi juga secara aktif mengevaluasi dan mengkritisi informasi yang mereka hadapi. Dalam konteks isu

sosiosaintifik, pendekatan ini memberikan kerangka yang kuat untuk mengeksplorasi, menganalisis, dan bertindak atas masalah-masalah yang kompleks dan relevan secara sosial, yang terkait dengan sains (Fazio dkk., 2022; Sadler & Zeidler, 2004). Isu sosiosaintifik melibatkan masalah-masalah yang berada di persimpangan antara ilmu pengetahuan dan masyarakat, seperti perubahan iklim, rekayasa genetika, energi terbarukan, atau penggunaan teknologi yang etis. Dengan mengintegrasikan pedagogi kritis, calon guru didorong untuk tidak hanya memahami dan mengeksplorasi isu-isu ini, tetapi juga mengkritisi dampaknya terhadap masyarakat dan lingkungan. Melalui pendekatan pedagogi kritis dan kolaborasi, calon guru diharapkan dapat bekerja sama dalam memecahkan masalah sosial tersebut dengan menggunakan proses literasi yang mendalam, diskusi yang reflektif, serta pengembangan solusi kreatif yang dapat diimplementasikan dalam aksi nyata. Solusi ini diharapkan dapat diterapkan pada berbagai tingkatan, baik secara personal, lokal-nasional, maupun global, sehingga menghasilkan dampak positif yang berkelanjutan. Dengan demikian, calon guru tidak hanya dilatih untuk menjadi pendidik yang kompeten, tetapi juga agen perubahan yang mampu berkontribusi dalam menciptakan masyarakat yang lebih adil dan berkelanjutan (Haryani dkk., 2021).

Penelitian tentang pembelajaran pedagogi kritis dan kolaborasi diharapkan dapat melengkapi ekosistem pembelajaran OCL, di mana proses kolaborasi tidak hanya menjadi lebih matang dan efektif, tetapi juga lebih bermakna melalui pendekatan pedagogi kritis. Dengan mengintegrasikan elemen-elemen pedagogi kritis ke dalam OCL, seperti literasi kritis, dialog kritis, *critical making*, maupun aksi kritis, calon guru didorong untuk tidak hanya berkolaborasi dalam memecahkan masalah, tetapi juga untuk memahami dan menantang struktur kekuasaan yang ada serta mengembangkan kesadaran sosial yang lebih dalam (Haryani dkk., 2021). Upaya ini diharapkan memberikan kontribusi pada *Online Collaborative Learning Theory* (OCLT) yang menghasilkan transformasi dalam pembelajaran. Selain itu, integrasi ini berpotensi menjembatani kesenjangan antara teori dan implementasi dalam pembelajaran alternatif, dengan fokus khusus pada pengembangan keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, berpikir kreatif, kolaborasi, dan komunikasi yang sangat penting bagi calon

guru. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperkuat teori OCLT, tetapi juga memberikan kontribusi nyata terhadap pembentukan guru masa depan yang mampu mengintegrasikan prinsip-prinsip pedagogi kritis dalam praktik pengajaran mereka, sehingga menghasilkan pembelajaran yang lebih inklusif, adil, dan responsif terhadap isu-isu sosial dan lingkungan.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, ditemukan beberapa poin identifikasi masalah yang berkaitan dengan pentingnya pengembangan model pembelajaran pedagogi kritis dan kolaborasi (kritis-kolaboratif), antara lain:

1. Dunia yang semakin kompleks menuntut keterampilan baru yang belum sepenuhnya dimiliki oleh calon guru masa depan, sehingga menyebabkan kesenjangan dalam kesiapan mengajar.
2. Ada kebutuhan yang meningkat untuk mengintegrasikan pendekatan pembelajaran yang lebih kolaboratif di lembaga pendidikan, yang belum sepenuhnya diadopsi dalam pendidikan guru.
3. Ada kebutuhan untuk strategi pengembangan profesional yang lebih efektif yang dapat membantu guru IPA dalam mengembangkan dan menerapkan metode pengajaran inovatif.
4. Banyak lembaga pendidikan masih mempertahankan metode pembelajaran tradisional yang lebih fokus pada ketuntasan materi daripada pembelajaran kompetensi dan keterampilan kritis yang relevan dengan kebutuhan masa depan.
5. Keterampilan Abad 21 seperti keterampilan berpikir kritis, kreatif, kolaborasi, dan komunikasi, serta keterampilan penunjang lainnya belum sepenuhnya terintegrasi dalam pendidikan calon guru.
6. Isu sosiosaintifik menjadi semakin relevan untuk dibahas dalam pembelajaran. Banyak kurikulum pendidikan guru yang belum secara efektif mengintegrasikan isu sosiosaintifik ini dalam pembelajaran di kelas.
7. Ada kebutuhan mendesak untuk mengembangkan dan mengimplementasikan model pembelajaran baru yang berbasis kolaborasi dan pedagogi kritis untuk mengatasi kekurangan dalam pendidikan calon guru IPA dalam membangun keterampilan abad 21.

8. Ada catatan terhadap konsep *Online Collaborative Learning* (OCL) yang memerlukan upaya perbaikan.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah dibutuhkannya pengembangan model pembelajaran dengan pendekatan pedagogi kritis dan kolaborasi (kritis-kolaboratif) yang valid, praktis, dan efektif untuk membangun keterampilan abad 21 calon guru IPA dalam konteks isu sosiosaintifik. Adapun uraian rumusan masalahnya dijabarkan sebagai berikut:

1. Bagaimana model pembelajaran kritis-kolaboratif yang valid untuk membangun keterampilan abad 21 calon guru IPA dalam konteks isu sosiosaintifik?
2. Bagaimana kepraktisan model pembelajaran kritis-kolaboratif dalam membangun keterampilan abad 21 calon guru IPA dalam konteks isu sosiosaintifik?
3. Bagaimana keefektifan model pembelajaran kritis-kolaboratif dalam membangun keterampilan abad 21 calon guru IPA dalam konteks isu sosiosaintifik?

D. Tujuan Penelitian

Secara umum, tujuan penelitian yaitu untuk mengembangkan model pembelajaran kritis-kolaboratif yang valid, praktis, dan efektif untuk membangun keterampilan abad 21 calon guru IPA dalam konteks isu sosiosaintifik. Secara rinci, tujuan penelitian dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Menghasilkan model pembelajaran kritis-kolaboratif yang valid untuk membangun keterampilan abad 21 calon guru IPA dalam konteks isu sosiosaintifik.
2. Mendeskripsikan kepraktisan model pembelajaran kritis-kolaboratif dalam membangun keterampilan abad 21 calon guru IPA dalam konteks isu sosiosaintifik.

3. Mendeskripsikan keefektifan model pembelajaran kritis-kolaboratif dalam membangun keterampilan abad 21 calon guru IPA dalam konteks isu sosiosaintifik.

E. Manfaat Penelitian

Secara ilmiah, penelitian ini memberikan manfaat dan kontribusi dalam pengembangan teori pembelajaran modern dengan menghadirkan sintaks pembelajaran yang berorientasi pada keterampilan abad 21.

1. Manfaat teoritik dari pengembangan model pembelajaran kritis-kolaboratif yaitu mengkaji sintak model pembelajaran alternatif yang dapat membangun keterampilan abad 21 calon guru IPA. Selain itu, model pembelajaran ini diharapkan memberikan kontribusi pada pengembangan *Online Collaborative Learning (OCL)*.
2. Manfaat praktis dari pengembangan model pembelajaran kritis-kolaboratif yaitu dapat digunakan sebagai alternatif model pembelajaran yang dapat membangun keterampilan abad 21 calon guru IPA.
 - a. Bagi pendidik/dosen, dokumen model dan perangkat pembelajaran kritis-kolaboratif dapat digunakan sebagai salah satu alternatif pembelajaran di kelas.
 - b. Bagi calon guru, model pembelajaran kritis-kolaboratif diharapkan mampu menjadi sarana dalam membangun keterampilan abad 21 mereka.
3. Manfaat akademis pengembangan model pembelajaran kritis-kolaboratif mendukung kebijakan pembelajaran masa depan, yang menekankan pembelajaran yang aktif, kolaboratif, dan berbasis pemecahan masalah nyata.

F. Definisi Operasional

Definisi operasional dibuat untuk menyatukan pandangan, menyamakan persepsi dan cara berpikir agar tidak terjadi perbedaan dalam menginterpretasikan istilah-istilah yang dimunculkan dalam penelitian ini. Berikut beberapa definisi dan penegasan istilah yang perlu diberikan penjelasan, antara lain:

1. Pengembangan adalah proses yang berlangsung jangka panjang, melibatkan metode yang terstruktur dan sistematis untuk meningkatkan kualitas suatu hal baik secara teoritis, konseptual maupun moral. Penelitian pengembangan ini dimaksudkan untuk menciptakan produk atau sistem berupa Model Pembelajaran Kritis-Kolaboratif untuk membangun keterampilan abad 21 calon guru.
2. Model pembelajaran merupakan pola khusus yang diimplementasikan untuk mencapai tujuan pembelajaran secara lebih efektif dan efisien. Fungsi dari model pembelajaran adalah untuk memfasilitasi mahasiswa dalam memperoleh informasi, ide, keterampilan, nilai, cara berpikir, dan pemahaman. Pengembangan model pembelajaran yang dimaksud adalah pengembangan Model Pembelajaran Kritis-Kolaboratif yang bertujuan untuk membangun keterampilan abad 21 calon guru. Model ini dikembangkan dari teori pedagogi kritis dan teori *Online Collaborative Learning* (OCL) yang mengedepankan kolaborasi dan pemanfaatan teknologi untuk menyelesaikan permasalahan sosiosaintifik yang membutuhkan solusi maupun aksi bersama.
3. Teori *Online Collaborative Learning* (OCL) merupakan teori yang dikembangkan oleh Harasim (2017), menekankan bahwa pembelajaran daring yang efektif harus berbasis kolaborasi. Teori ini berfokus pada bagaimana peserta didik dapat mengembangkan pemahaman dan membangun pengetahuan secara bersama-sama melalui diskusi, argumentasi, serta eksplorasi ide dalam lingkungan digital.
4. Keterampilan abad 21 yang dibangun dalam penelitian ini mencakup empat keterampilan, yaitu berpikir kritis, berpikir kreatif, kolaborasi dan komunikasi.
5. Indikator keterampilan berpikir kritis meliputi kemampuan menilai asumsi, kemampuan menilai ketepatan interpretasi, kemampuan menilai kesimpulan sederhana dari informasi, kemampuan menilai kebenaran hipotesis, dan kemampuan menilai argumen.
6. Indikator keterampilan berpikir kreatif meliputi kemampuan berpikir lancar, kemampuan berpikir luwes, dan berpikir orisinal.

7. Indikator keterampilan kolaborasi meliputi kontribusi, manajemen waktu, pemecahan masalah, kerja tim, dan teknik investigasi.
8. Indikator keterampilan komunikasi meliputi melakukan kontak mata, menunjukkan antusiasme, menggunakan gerak tubuh, berbicara dengan suara keras, dan memilih kalimat yang sesuai.
9. Validitas model dan perangkat pembelajaran diukur dengan melihat isi/konten dan konstruk.
10. Kepraktisan model dan perangkat pembelajaran diukur dengan melihat respon dan keterlaksanaan model pembelajaran.
11. Keefektifan model pembelajaran diukur dengan melihat hasil tes keterampilan abad 21 yang dibangun.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Filosofis Pembelajaran Kritis-Kolaboratif

Perkembangan Revolusi Industri 4.0 dan transisi menuju era Society 5.0, membawa tuntutan tersendiri bagi dunia pendidikan. Tuntutan ini tidak terlepas dari tantangan yang dihadapi oleh masyarakat dunia yang semakin kompleks. Ancaman runtuhnya sistem kehidupan masyarakat akibat melebarnya kesenjangan, pesatnya perkembangan teknologi informasi, perkembangan teknologi beresiko tinggi, perubahan demografi, krisis lingkungan, serta perubahan iklim menjadi ancaman yang harus dihadapi oleh masyarakat global di masa depan (Loshkareva dkk., 2021). Hal ini tentu dibutuhkan seperangkat kecakapan atau keterampilan yang memadai untuk mengatasi persoalan tersebut. Keterampilan tersebut tentu tidak akan lahir dengan sendirinya, melainkan harus diajarkan secara sistematis di seluruh jenjang pendidikan. Para ahli bersepakat menyebutnya sebagai keterampilan abad 21.

Keterampilan abad 21 ditempatkan dalam tiga kategori (Partnership for 21st century Skill, 2009); (1) Keterampilan belajar dan inovasi (berpikir kritis dan memecahan masalah, komunikasi dan kolaborasi, kreativitas dan inovasi); (2) Keterampilan menggunakan teknologi dan media informasi (literasi informasi, literasi media dan literasi teknologi informasi dan komunikasi); (3) Keterampilan hidup dan berkarir (fleksibilitas dan adaptasi, inisiatif dan pengarahan diri sendiri, interaksi sosial dan lintas-budaya, produktivitas dan akuntabilitas, kepemimpinan dan tanggung jawab). Keterampilan abad 21 menuntut ekosistem pembelajaran kolaboratif, inovatif holistik dan berkelanjutan (Loshkareva dkk., 2021; Spencer-Keyse dkk., 2020). Lembaga pendidikan harus mulai menata ulang dan meninggalkan pedagogi yang

menitikberatkan pada pemenuhan konten (pengetahuan) semata, tidak pada menguasai kompetensinya.

Tabel 2.1. Tantangan Dunia Masa Depan dan Keterampilan Abad 21.

Tantangan dan Ancaman Dunia Masa Depan	Keterampilan yang Dibutuhkan	Pengembangan dalam Pendidikan
Ancaman runtuhnya sistem kehidupan masyarakat modern akibat kesenjangan ekonomi, politik, penajahan gaya baru, peningkatan populasi, dan rusaknya bumi.	Diperlukan kerjasama antara manusia untuk dapat bekerjasama secara kolektif, meningkatkan kesadaran untuk menjaga bumi, pemerataan pembangunan, dan pembangunan yang berkelanjutan.	Penguatan keterampilan berpikir kritis, kreativitas dan kolaborasi dalam pembelajaran.
Konektivitas yang masif mengakibatkan hilangnya privasi, data menjadi sumber daya penting, peredaran informasi berlebih, hoax, masuknya era <i>post-truth</i> , dan imperialisme digital.	Kemampuan literasi digital, dan berpikir kritis, komunikatif dan kemampuan ICT.	Pembelajaran yang didasarkan pada literasi digital, penguatan kemampuan berpikir kritis dan berbasis ICT.
Otomasi dan Industri 4.0 yang menyebabkan gelombang inovasi, robotisasi dan kecerdasan buatan yang mengancam eksistensi manusia itu sendiri.	Pengembangan dan penguatan soft skill dan hard skill lain dari manusia yang memungkinkan tidak bisa diduplikasi oleh mesin dan robot.	Pendidikan yang menekankan pada berpikir kritis, kreatif, kolaboratif dan inovatif, berbasis project dan pemecahan masalah saat ini yang berorientasi pada penguasaan IT.
Teknologi beresiko tinggi seperti nuklir menjadi kian populer mengingat terjadinya krisis energi yang melanda dunia di masa depan. Dalam bidang material, kemajuan nanoteknologi.	Diperlukan kesadaran untuk hidup bersama, menjaga bumi dan menjadikan kemajuan bidang teknologi menjadi sarana untuk meningkatkan kesejahteraan bersama, bukan sebaliknya.	Penguatan berpikir kritis, kreatif dan inovatif disertai kesadaran berbudaya, tanggung jawab serta kesadaran lingkungan, moral, etika sebagai manusia.

(diadopsi dari Loshkareva dkk., 2021; Spencer-Keyse dkk., 2020).

Berdasarkan Tabel 2.1, diperlukan sebuah alternatif pembelajaran yang dapat menjawab tantangan masa depan sekaligus membangun keterampilan abad 21 tersebut. John Dewey, sebagai pelopor pragmatisme, mengajukan ide bahwa pendidikan terbaik adalah yang memungkinkan siswa (selanjutnya disebut mahasiswa) untuk berinteraksi dengan lingkungan mereka secara aktif (Jarrah, Khasawneh, and Wardat 2020; Ormerod 2021). Pembelajaran diwujudkan melalui proyek berbasis kelas dan aktivitas kelompok yang mengharuskan mahasiswa untuk menerapkan konsep yang dipelajari dalam skenario nyata atau semi-nyata (Bogusevschi, Muntean, and Muntean 2020; Rusiana, Nuraeningsih, and Hajimia 2023; Warman, Suryaningsi, and Mulawarman 2021). Dengan

begitu, mereka tidak hanya memahami teori secara konseptual tetapi juga mengerti bagaimana menerapkannya dalam situasi praktis. Pendekatan ini juga menekankan pada pembelajaran melalui trial and error, di mana mahasiswa diberi kebebasan untuk bereksperimen dan belajar dari kesalahan, yang merupakan bagian penting dari proses pembelajaran.

Piaget, sebagai tokoh konstruktivisme, berpendapat bahwa pengetahuan dibangun saat individu berinteraksi dengan objek dan konsep (Ackermann 2001; Vukić, Martinčić-Ipšić, and Meštrović 2020). Pendidikan harus memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk bertanya, mengeksplorasi, dan membangun pemahaman mereka sendiri dari informasi yang diberikan (Darling-Hammond et al. 2020; Van Hooijdonk et al. 2023). Ini mengubah peran dosen dari penyedia informasi menjadi fasilitator yang mendukung eksplorasi mahasiswa. Mahasiswa diajak untuk berpikir secara kritis dan mendalam, menghubungkan pengetahuan baru dengan yang sudah ada, dan secara aktif membentuk pemahaman mereka.

Selanjutnya, Vygotsky menekankan bahwa pembelajaran sosial terjadi terutama melalui interaksi (Mahn and John-Steiner 2012; (bani 2016; Tudge and Winterhoff 1993). Pembelajaran harus mendukung hal ini dengan menyusun kegiatan yang mendorong mahasiswa untuk berdialog, berdiskusi, dan bekerja sama. Melalui kerja kelompok, mahasiswa mengembangkan keterampilan komunikasi, belajar mendengarkan pandangan orang lain, dan memperoleh perspektif baru yang mungkin tidak terpikir oleh mereka sendiri. Penggunaan alat bantu seperti peta konsep bersama dan diskusi terbimbing juga membantu memfasilitasi pengalaman pembelajaran ini.

Dalam konteks pembelajaran kritis, kritisisme tidak hanya berarti kritis terhadap materi pelajaran, tetapi juga terhadap proses berpikir mereka sendiri dan orang lain (Jufriadi et al. 2022; Trianggono 2017; Varadwaj and Varadwaj 2022). Mahasiswa diajarkan untuk secara sistematis mempertanyakan asumsi, mencari bukti, dan menilai validitas argumen. Melalui kegiatan seperti debat, analisis kasus, dan penulisan reflektif, mahasiswa mengasah kemampuan mereka untuk tidak hanya mengonsumsi informasi tetapi juga untuk menilainya secara kritis dan membuat keputusan berdasarkan analisis tersebut.

Pembelajaran Kritis-Kolaboratif merupakan pembelajaran yang mengintegrasikan keterampilan berpikir kritis dengan dinamika kerjasama dalam proses belajar. Pendekatan ini didasarkan pada konstruktivisme, yang menganggap pengetahuan dibentuk melalui pengalaman dan interaksi sosial, serta dipengaruhi oleh pragmatisme yang menekankan pada aplikasi praktis pengetahuan untuk mengatasi masalah nyata. Melalui kombinasi kritis dan kolaboratif, mahasiswa dilatih untuk menilai informasi dan argumen secara sistematis, sambil mendapatkan manfaat dari perspektif dan solusi yang beragam yang ditawarkan oleh kerja sama kelompok.

Pembelajaran Kritis-Kolaboratif diwujudkan melalui diskusi kelompok, proyek kolaboratif, dan tugas yang menantang mahasiswa untuk menerapkan pengetahuan dalam konteks yang baru dan kompleks. Pendekatan ini didukung oleh teori zona perkembangan proksimal Vygotsky dan pembelajaran berbasis masalah, yang keduanya menekankan pentingnya konteks sosial dan tantangan praktis dalam proses belajar (Nelson 1994; S. Lu and Smiles 2022).

Secara keseluruhan, Pembelajaran Kritis-Kolaboratif menawarkan pendekatan yang dinamis dan interaktif untuk pendidikan, menggabungkan pendekatan kritis dengan kerjasama yang erat. Melalui landasan filosofis yang kuat dan implementasi yang terencana, pendekatan ini membantu memfasilitasi pembelajaran yang mendalam dan menyeluruh, memberikan mahasiswa alat yang mereka perlukan untuk berhasil dalam menyelesaikan permasalahan yang kompleks di masa depan.

B. Landasan Pedagogis Pembelajaran Kritis-Kolaboratif

Pembelajaran Kritis-Kolaboratif didasarkan pada dua teori pendidikan utama yaitu Konstruktivisme dan Konektivisme. Konstruktivisme menekankan bahwa pengetahuan dibangun oleh mahasiswa, bukan hanya diterima dari pendidik/dosen (Huang & Chuang 2008; S. Lu & Smiles 2022; Staddon & Bueno 1991; Zhu & Atompag 2023). Ini sangat relevan dalam pembelajaran kolaboratif, di mana mahasiswa bekerja bersama untuk mengeksplorasi masalah dan membangun solusi (Clark 2018; Cowan 2014). Selanjutnya Konektivisme, teori yang relatif baru, mengakui pentingnya jaringan sosial dan teknologi dalam pembelajaran (Dziubaniuk, Ivanova-Gongne, and Nyholm 2023; Herlo 2017;

Shrivasta 2018). Ini mendukung ide bahwa siswa dapat meningkatkan pemahaman mereka melalui interaksi dan kolaborasi, baik secara langsung maupun digital (Sunyono & Meristin, 2018; Muhajirah, 2020; Huang & Chuang 2008). Gabungan teori-teori ini membuat Pendekatan Pembelajaran Kritis-Kolaboratif menjadi sangat efektif dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi di antara mahasiswa.

1. Konstruktivisme

Teori belajar konstruktivisme muncul pada tahun 1950-an dan 1960-an sebagai tanggapan terhadap pendekatan behavioristik dan kognitivisme (Anindyarini et al. 2018; Staddon & Bueno 1991). Jika pendekatan behavioristik menekankan pada proses belajar yang terjadi melalui asosiasi stimulus-respon, maka kognitivisme menekankan pentingnya proses mental yang terjadi dalam proses belajar (Pada & Korban, 2017; Zhou dkk., 2015). Teori belajar kognitivisme menganggap bahwa proses belajar terjadi melalui pemrosesan informasi yang terjadi di dalam otak. Individu memiliki sistem mental yang terdiri dari berbagai komponen, seperti persepsi, pemahaman, ingatan, dan pemecahan masalah, yang bekerja sama untuk memahami dan menyimpan informasi baru (Sunyono & Meristin, 2018; Muhajirah, 2020; Dos Santos & Neto 2019; Thompson-Bramwell & Mauzard 2022; Strapasson 2020).

Beberapa tokoh yang terkenal dalam teori belajar kognitivisme adalah Jean Piaget, Albert Bandura, dan Lev Vygotsky. Piaget mengembangkan teori perkembangan kognitif yang menjelaskan bagaimana anak-anak belajar dan berkembang melalui interaksi dengan lingkungannya. Bandura mengembangkan teori model pembelajaran, yang menjelaskan bagaimana individu belajar melalui observasi dan imitasi perilaku orang lain. Vygotsky mengembangkan teori pembelajaran zona proximal, yang menjelaskan bagaimana individu belajar melalui interaksi dengan orang lain yang lebih berpengalaman (Biruny & Salsabila, 2021; Maslow, 2019).

Teori konstruktivisme menganggap bahwa individu memiliki kemampuan untuk membangun pengetahuan sendiri melalui interaksi dengan lingkungannya (Gunduz & Hursen, 2015; DiBlasi & Waters 2017; Moore

2010). Menurut teori ini, individu tidak hanya menerima informasi yang diberikan oleh lingkungan, tetapi juga membangun pengetahuan baru dengan cara mengkonstruksi makna dari informasi tersebut. Beberapa tokoh yang terkenal dalam teori belajar konstruktivisme adalah Piaget, Vygotsky, dan Bruner (Nugroho dkk., 2017).

Dalam proses pembelajaran, konstruktivisme menekankan pentingnya kemampuan individu untuk membangun pengetahuan sendiri, serta memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang bagaimana individu memahami dan menyimpan informasi (Jia, 2010; Suhendi, 2018). Selain itu, pembelajaran konstruktivisme menekankan pentingnya kemampuan individu dalam pemecahan masalah, sehingga memfokuskan pembelajaran pada proses pemecahan masalah yang terkait dengan kehidupan nyata (Pande & Bharathi, 2020). Konstruktivisme juga menganggap bahwa proses belajar terjadi melalui proses mental yang terjadi di dalam otak (Filgona et al. 2020; London, Sessa, & Shelley 2023; Guercio 2020). Selain itu, interaksi dengan lingkungan dalam proses belajar, mengintegrasikan pembelajaran dengan kehidupan nyata, serta berkolaborasi dengan orang lain juga menjadi bagian penting dalam kerangka konstruktivisme. Dalam perkembangan lebih lanjut, teori konstruktivisme terbagi menjadi dua, yaitu konstruktivisme kognitif dan konstruktivisme sosial.

a. Konstruktivisme Kognitif

Konstruktivisme kognitif dikembangkan oleh Jean Piaget pada abad ke-20 (Alanazi, 2016). Piaget menekankan pentingnya kontekstualisasi dalam membangun pengetahuan, yaitu bagaimana individu memahami informasi yang mereka terima dalam konteks yang sesuai dengan pengalaman dan pengetahuan yang sudah mereka miliki. Teori konstruktivisme kognitif kemudian menjadi salah satu teori belajar yang paling populer dan banyak digunakan dalam bidang pendidikan. Menurut teori ini, mahasiswa belajar dengan lebih efektif jika dapat menghubungkan informasi baru dengan pengetahuan yang sudah mereka miliki. Oleh karena itu, pendekatan pembelajaran yang menekankan aktivitas dan interaksi mahasiswa dengan materi pembelajaran dapat lebih

efektif dibandingkan dengan pendekatan yang hanya mengandalkan pengajaran secara lisan atau menyajikan materi pembelajaran secara statis (Narayan dkk., 2013; Pepler, 2017). Beberapa pendekatan pembelajaran yang sesuai dengan teori ini adalah *problem-based learning*, *inquiry-based learning*, dan *project-based learning* (Coghlan & Brydon-Miller, 2014).

Beberapa kemampuan berpikir tingkat tinggi seperti berpikir kritis, kreatif, dan pemecahan masalah sangat cocok dibangun melalui konstruktivisme kognitif. Hal ini dikarenakan beberapa keunggulan diantaranya (Bosancic & Matijevic, 2020; Oerter, 1999): 1) Menekankan peran aktif individu dalam membangun pengetahuan, sehingga memberikan ruang bagi individu untuk mengeksplorasi dan memahami konsep secara mandiri; 2) Menggunakan pendekatan yang individualistik, sehingga dapat memberikan solusi yang sesuai dengan kebutuhan dan kemampuan individu yang berbeda-beda; 3) Memperkuat keterampilan problem solving dan kreativitas individu. Selain kelebihan, teori ini memiliki kelemahan, salah satunya adalah pengabaian faktor-faktor lain yang mempengaruhi proses belajar, seperti faktor lingkungan dan sosial.

Penyelidikan tentang bagaimana otak bekerja telah menarik para ilmuwan untuk terus mempelajarinya. Sehingga teori kognitif masih digunakan, dipelajari, dan terus dikembangkan dalam berbagai bidang kajian, terutama psikologi dan pendidikan. Seiring dengan makin pesatnya ilmu pengetahuan dan teknologi, teori kognitif kemudian mulai diselidiki bersamaan dengan bidang ilmu lain, neurosains, yang kemudian melahirkan kognitif neurosains. Dalam perspektif kognitif neurosains, belajar berakar dari neuroplastisitas, dimana di tingkat neurologis paling dasar belajar merupakan aktivitas otak membangun koneksi baru untuk menumbuhkan neuroplastisitas untuk membentuk memori. Maka belajar dapat diibaratkan sebagai kegiatan menyusun potongan *puzzle* menjadi gambar yang utuh. Dalam konteks pembelajaran, pembentukan memori sebagai perwujudan pertumbuhan neuron yang melibatkan lima elemen, yaitu konteks, pemicu (*trigger*), proses, struktur, dan sistem. Konteks merujuk pada tempat terjadinya pembelajaran, misalnya di ruangan, di

sekolah dan sebagainya. Pemicu (*trigger*) mengaktifkan proses (seperti membaca, mendengarkan, mengamati) yang melibatkan satu atau lebih sistem yang lebih besar (emosional, kognitif, dan sebagainya) yang berjalan melintasi berbagai struktur (syaraf tepi, korteks, amigdala, dan sebagainya) di otak (Dang dkk., 2013).



Gambar 2.1. Proses Pembentukan Memori (Jensen & McConchie, 2020).

Elemen-elemen pembentukan memori dapat berfungsi secara optimal apabila terpenuhinya tiga prasyarat, yaitu *Readiness* (kesiapan), *Coherent construction* (konstruksi koheren), *Consolidation* (konsolidasi) (RCC) (Jensen & McConchie, 2020). Kesiapan belajar mahasiswa membutuhkan motivasi, relevansi, inspirasi, hingga tujuan bermakna. Konstruksi koheren membutuhkan pengaturan titik awal pembelajaran yang tepat, hubungan dengan konteks (sosial atau digital), meningkatkan tantangan atau kompleksitas, durasi, jeda, integrasi dengan praktik, hingga umpan balik. Konsolidasi untuk memastikan pemberian umpan balik berlangsung cepat dan jelas untuk mengoreksi kesalahan setelah belajar, memberi waktu istirahat, melakukan pengulangan untuk memperkuat menguatkan “simpul” memori (Jensen & McConchie, 2020; Overskeid 2018; Dos Santos & Neto 2019).

Kesiapan belajar bertujuan untuk membangun sensasi, persepsi dan atensi positif mahasiswa (Solso dkk., 2013; Arif 2022; Nevin & Grace 2000). Kesiapan belajar dapat dikatakan sebagai upaya terstruktur untuk membuka “tutup botol” emosi dan psikologi mahasiswa untuk memulai pembelajaran baru, serta memungkinkan untuk menambah, memodifikasi, atau menyiapkan otak untuk membangun koneksi baru. Dalam perspektif kognitif neuorsains, kesiapan belajar dengan menentukan titik awal pembelajaran yang tepat menjadi sangat penting untuk dilakukan. Jika tidak, maka proses berpikir mahasiswa menjadi tidak terbangun dan menyebabkan neuroplastisitas tidak tumbuh dengan optimal. Dampak selanjutnya mengakibatkan pembentukan memori tidak berjalan

sempurna. Oleh karena itu, pendidik harus mengkondisikan pembelajaran sesuai dengan kebutuhan atau pada level yang tepat (*teaching at the right level*), seperti memperhatikan karakteristik mahasiswa, gaya belajar, hingga kebutuhan mereka dalam pembelajaran. Sebagai contoh, jika mahasiswa masih berada pada level perkembangan awal C2 (pemahaman), maka ia akan kesulitan jika diberikan pembelajaran di level C4 (analisis), C5 (evaluasi) bahkan C6 (kritis-kreatif). Mahasiswa yang belum tuntas di proses berfikir tingkat rendah (*low order thinking skills*) akan kesulitan jika langsung diajarkan berpikir tingkat tinggi (*higher order thinking skills*). Akhirnya, proses pembentukan memori mahasiswa tidak optimal sehingga menyebabkan proses bangunan memori di otak mereka menjadi tidak terbentuk dengan baik. Teori kognitivisme dalam perspektif kognitif neurosains menjadi teori penting dan menjadi dasar dalam menyusun sintaks atau tahapan model pembelajaran yang akan dikembangkan. Dengan memperhatikan RCC dan kelima elemen pembentukan memori, upaya membangun keterampilan abad 21 calon guru, terutama berpikir kritis dan kreatif akan selalu memperhatikan karakteristik, gaya belajar, hingga kebutuhan mereka selama proses pembelajaran.

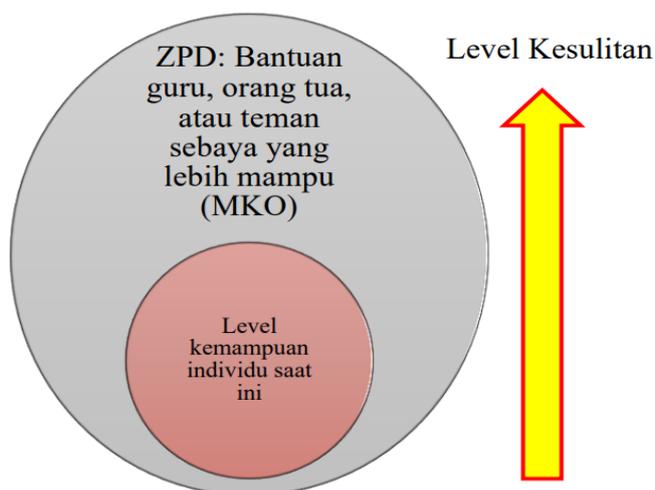
Tabel 2.2. Kontribusi Kognitif Neurosains terhadap Pengembangan Model.

Teori Belajar	Paradigma Pembelajaran	Pengembangan dalam Model Pembelajaran
Kognitif Neurosains	Pembelajaran dengan melibatkan aspek <i>Readiness</i> (kesiapan), <i>Coherent construction</i> (konstruksi koheren), <i>Consolidation</i> (konsolidasi) (RCC).	Melakukan tes diagnostik kesiapan belajar, melihat karakteristik dan profil gaya belajar mahasiswa.
	Melibatkan lima elemen (konteks, pemicu (trigger), proses, struktur, dan sistem) agar bangunan memori pengetahuan terbentuk utuh.	Melakukan pembelajaran berdiferensiasi (konten, proses, dan produk) berdasarkan karakteristik mahasiswa, gaya belajar, dan kebutuhan mereka selama proses pembelajaran.

b. Konstruktivisme Sosial

Teori konstruktivisme sosial menekankan bahwa bangunan pengetahuan, pemahaman, dan pengalaman juga dapat dibentuk melalui interaksi sosial dengan orang lain. Individu tidak hanya dipengaruhi oleh lingkungan fisik atau sosial yang ada di sekitarnya, tetapi juga membangun

realitas sosial mereka sendiri melalui interaksi dengan orang lain. Teori ini menekankan pentingnya konstruksi kolaboratif dari realitas sosial dan bahwa individu membangun pemahaman mereka tentang dunia melalui interaksi sosial dengan orang lain (Bitterman dkk. 1979; Putri & Suparno 2020; Palincsar, 1998). Teori konstruktivisme sosial berkembang sebagai jawaban terhadap teori-teori lain yang menganggap bahwa individu memahami dunia secara langsung melalui pengalaman-pengalaman sensorik. Teori ini mengembangkan ide bahwa individu membangun pemahaman mereka tentang dunia di sekitarnya melalui interaksi sosial dengan orang lain, dan bukan hanya melalui pengalaman-pengalaman sensorik langsung (Given, 2008; Jung, 2019; O'Connor, 1998). Salah satu tokoh yang dikenal dalam mengembangkan teori ini adalah Lev Vygotsky. Vygotsky membuat kerangka konstruktivisme sosial yang dikenal dengan *Zona Proximal Development* dan *scaffolding*.



Gambar 2.2. Penggambaran *Zona Proximal Development*.

Dalam konteks pembelajaran, teori ini menekankan pentingnya peran interaksi sosial dalam membantu mahasiswa membangun pemahaman tentang materi yang dipelajari. Misalnya, dengan bertanya atau berdiskusi dengan dosen, teman sebaya maupun orang tua. Dosen, teman sebaya, atau orang tua memberikan *scaffold*, atau “struktur penyangga sementara”, untuk membantu mengkonstruksi pengetahuan mahasiswa melalui pemberian dukungan, membantu memperluas

jangkauan pengetahuan, hingga membantu menyelesaikan tugas yang tidak mungkin dilakukan (Harasim, 2017).

Teori konstruktivisme sosial sangat dibutuhkan dalam penelitian ini, utamanya menjadi pondasi dalam membangun pengetahuan calon guru IPA melalui aktivitas kolaborasi. Bangunan pengetahuan terbentuk dari aktivitas interaksi antar pendidik dan calon guru, maupun sesama mereka. Dalam perspektif kolaborasi, konsep ini membantu pendidik dalam memilih dan melakukan pendekatan kepada kelompok maupun individu berdasarkan karakteristik dan tingkat kemampuan mereka.

Tabel 2.3. Kontribusi Konstruktivisme terhadap Pengembangan Model.

Teori Belajar	Paradigma Pembelajaran	Pengembangan dalam Model Pembelajaran
Konstruktivisme Kognitif	Menekankan peran aktif individu dalam membangun pengetahuan, sehingga memberikan ruang bagi individu untuk mengeksplorasi dan memahami konsep secara mandiri.	Individu diberikan kesempatan untuk melakukan aktivitas dalam membangun keterampilan berpikir, mulai dari berpikir tingkat rendah hingga berpikir tingkat tinggi (berpikir kritis dan kreatif).
Konstruktivisme	Menekankan pentingnya interaksi sosial dalam membangun pemahaman/ pemahaman, sehingga memberikan ruang interaksi sosial dan kolaborasi dengan orang lain.	Adanya perbedaan kemampuan individu dalam aktivitas membangun pengetahuan, maka dibutuhkan interaksi sosial dan kolaborasi dengan orang lain, terutama dalam membangun keterampilan berpikir kritis dan kreatif.

2. Konektivisme

Teori belajar Konektivisme, yang diperkenalkan oleh George Siemens pada tahun 2004, menawarkan perspektif baru terhadap pembelajaran di era digital yang kaya akan informasi dan teknologi (Corbett & Spinello 2020; Shrivasta 2018). Konektivisme didasarkan pada ide bahwa pembelajaran terjadi dalam jaringan yang tersebar dan bahwa pengetahuan disimpan di luar diri individu (Alfira, Noni, & Korompot 2022; Hendricks 2019). Dalam konteks ini, pembelajaran dipandang sebagai proses membangun dan menjaga koneksi yang relevan dalam jaringan pengetahuan yang luas (Kop & Hill 2008; Muhajirah 2020). Konektivisme mengakui bahwa banyak pembelajaran hari ini terjadi di luar lingkungan tradisional seperti kelas.

Dengan kemajuan teknologi informasi dan komunikasi, sumber pembelajaran telah berkembang menjadi media digital, internet, dan jaringan sosial. Ini menandai pergeseran dari pembelajaran yang terpusat pada konten menjadi pembelajaran yang terpusat pada konektivitas dan informasi alir.

Dalam Konektivisme, pengetahuan dilihat sebagai sesuatu yang tersebar dan bukan hanya terletak dalam individu atau buku (Hendricks 2019; Hung 2014). Jaringan yang dimaksud dapat termasuk jaringan sosial, teknologi, dan alat-alat digital yang memungkinkan individu dan kelompok untuk belajar dari satu sama lain. Siemens berpendapat bahwa kapasitas untuk mengetahui lebih penting daripada apa yang diketahui pada saat ini, menekankan pentingnya mengakses dan menavigasi informasi dengan efektif (Černý 2020; Papathanasiou et al. 2014). Proses belajar dalam Konektivisme melibatkan kemampuan untuk menghubungkan bidang, ide, dan konsep yang berbeda. Ini mencakup kemampuan untuk membuat dan memelihara koneksi antara informasi yang berarti bagi individu. Dengan demikian, belajar terjadi ketika individu dapat membuat koneksi-koneksi yang memungkinkan mereka untuk memahami lebih banyak tentang dunia mereka.

Konektivisme juga menekankan peran penting dari teknologi dalam pembelajaran. Teknologi tidak hanya dianggap sebagai alat bantu, tetapi sebagai bagian integral dari jaringan pembelajaran (Corbett & Spinello 2020; Herlo 2017). Dengan internet dan media digital, pembelajaran menjadi lebih kolaboratif dan interaktif, di mana siswa dapat berkontribusi, berbagi, dan memanfaatkan pengetahuan secara kolektif. Salah satu konsep utama dalam Konektivisme adalah bahwa keputusan belajar adalah proses untuk memilih apa yang harus dipelajari dan arti dari informasi yang diterima. Bersikap kritis terhadap informasi dan sumbernya menjadi sangat penting, karena tidak semua informasi yang tersedia memiliki nilai pembelajaran yang sama atau relevan (Mothe & Sahut 2011; Turan, Fidan, & Yıldırım 2019). Konektivisme juga mengakui bahwa dalam dunia yang serba cepat dan terus berubah ini, kemampuan untuk belajar cara baru lebih penting daripada apa yang sudah diketahui. Oleh karena itu, proses pembelajaran harus fokus pada kemampuan

untuk tetap fleksibel, adaptif, dan siap untuk menerima perubahan dan informasi baru.

Pendidikan dalam perspektif Konektivisme menuntut peran baru dari pendidik. Bukan lagi hanya sebagai penyampai informasi, tetapi sebagai fasilitator dalam membangun dan memelihara jaringan pembelajaran. Pendidik membantu mahasiswa dalam menavigasi jaringan informasi dan menentukan sumber yang kredibel serta relevan. Secara keseluruhan, Konektivisme memperluas pemahaman kita tentang pembelajaran di abad ke-21. Teori ini menekankan pentingnya jaringan, teknologi, dan kolaborasi dalam proses pembelajaran, mencerminkan bagaimana pengetahuan dan pembelajaran terjadi dalam konteks yang lebih luas dan terhubung. Ini menantang kita untuk berpikir ulang tentang cara-cara kita mengajar dan belajar dalam masyarakat yang terus berkembang.

C. Landasan Teoritis Pembelajaran Kritis-Kolaboratif

1. Pedagogi Kritis

Gagasan *critical pedagogy* atau pedagogi kritis sangat dipengaruhi oleh pemikir sekaligus praktisi pendidikan dari Brazil yaitu Paulo Freire (1921-1997). Pedagogi kritis didefinisikan sebagai teori pendidikan dan praktik pembelajaran yang didesain untuk membangun kesadaran kritis mengenai kondisi sosial yang menindas (Freire, 2000; Giroux, 2020; Voke, 2007). Pedagogi kritis merupakan pendekatan pembelajaran yang berupaya membantu mahasiswa mempertanyakan dan menantang dominasi serta keyakinan dan praktik-praktik yang mendominasi (Monchinski, 2011). Pedagogi kritis menawarkan cara untuk melihat pengajaran dan pembelajaran yang dapat membawa konsep kunci seperti ideologi, hegemoni, resistensi, kekuasaan, konstruksi pengetahuan, kelas, politik budaya, dan emansipatoris tindakan dan mencari pengamalan pendidikan yang lebih adil dan membebaskan (Styles & Linda, 2003; Vavrus, 2007). Selain Freire, Henry Giroux juga berkontribusi besar terhadap konsep pedagogi kritis. Di Indonesia tokoh utama yang menganut pemikiran ini adalah Ki Hajar Dewantara.

Pedagogi kritis memiliki dua makna mendasar yaitu sebagai paradigma berpikir dan sebagai gerakan sosial. Pada dasarnya pedagogi kritis lahir dari dua refleksi penting kehidupan Paulo Freire. Pertama, pedagogi kritis merupakan kesadaran kritis yang dialami Freire dalam jejak panjang kehidupannya sejak ia kecil dan berinteraksi dengan para tetangganya yang kebanyakan adalah orang miskin yang tidak bisa mengenyam pendidikan dengan baik. Kedua, pada saat Freire sudah dewasa, ia juga dihadapkan dengan praktik pendidikan yang sangat membelenggu. Freire mengurai secara gamblang problem pengetahuan yang dipolakan dari sistem pendidikan yang “menindas” dan kontra-pembebasan. Dalam bukunya *Pedagogy of the Oppressed*, Freire menegaskan bahwa pola pendidikan yang selama ini terjadi bahwa hubungan antara dosen dan mahasiswa dengan menggunakan model “watak bercerita” (*narrative*): seorang subjek yang bercerita (dosen) dan objek-objek yang patuh dan mendengarkan (mahasiswa). Tugas dosen dalam proses pendidikan adalah dengan menceritakan realitas-realitas, seolah-olah sesuatu yang tidak bergerak, statis, terpisah satu sama lain, dan dapat diramalkan. Akhirnya dosen hanya sebatas “mengisi” para mahasiswa dengan bahan-bahan yang dituturkan, padahal itu terlepas dari realitas dan terpisah dari totalitas. Pendidikan yang bercerita mengarahkan mahasiswa untuk menghafal secara mekanis apa yang diceritakan kepadanya. Pendidikan menjadi kegiatan “menabung”, ibaratnya para mahasiswa adalah celengannya dan para dosen adalah penabungnya.

Konsep pendidikan itu disebut oleh Freire sebagai pendidikan “gaya bank”. Akhirnya, mahasiswa hanya beraktivitas seputar menerima pengetahuan, mencatat, dan menghafal. Dalam model pendidikan ini secara jelas kita bisa melihat bahwa pendidikan adalah alat kekuasaan dosen yang dominatif dan “angkuh”. Tidak ada proses komunikasi timbal-balik dan tidak ada ruang demokratis untuk saling mengkritisi. Dosen dan mahasiswa berada pada posisi yang tidak berimbang. Satu-satunya alat efektif dalam pendidikan kemanusiaan adalah “hubungan timbal-balik” permanen berbentuk dialog antara para pemimpin revolusioner (dosen) dan kaum tertindas (peserta didik). Hal ini tentunya dengan membongkar bangunan awal struktur

pendidikan, di mana dosen sebagai kelompok “penindas” menuju “*revolutioner*”. Dosen dan mahasiswa sama-sama menjadi subjek-subjek, bukan hanya dalam tugas menyingkap kenyataan, melainkan juga menjadi fasilitator untuk menghubungkan aktivitas kesehariannya dan pengalaman hidupnya dengan literatur kritis yang dipelajari di kelas (Hoodfar, 1992; McLaren, 2002).

Dalam perkembangannya, penelitian tentang pedagogi kritis mengalami peningkatan yang signifikan setiap tahunnya. Hal ini menandakan bahwa riset tentang pedagogi kritis semakin diminati karena dianggap relevan dengan kebutuhan dan kondisi saat ini. Tren peningkatan ini juga dipengaruhi oleh berkembangnya tema-tema riset. Pada perkembangan awal, riset pedagogi kritis lebih banyak berfokus pada isu-isu penindasan manusia atas manusia, seperti keadilan sosial, diskriminasi, hak asasi, dan gender. Namun, dalam kurun 10 tahun terakhir, isu tersebut mulai bergeser menjadi isu-isu penindasan manusia terhadap lingkungan alam, hewan, dan tumbuhan (isu sosiosaintifik, ekopedagogi) (Chung dkk., 2014; Misiaszek, 2020; Norat dkk., 2016). Pergeseran ini juga menjadikan semakin luasnya bidang kajian, yang semula didominasi kajian sosial politik (Algraini & McIntyre-Mills, 2019) dan bahasa (Abdollahzadeh & Narafshan, 2016), kini berkembang ke ilmu alam yang dikaitkan dengan isu-isu sosial (Fazio dkk., 2022). Dalam prakteknya di kelas, pedagogi kritis juga mengalami perkembangan strategi yang semakin variatif, diantaranya literasi kritis (Cho, 2020), dialog kritis dan konstruktif (Boone dkk., 2019; Bryant dkk., 2015), pengalaman kerja sosial (Archer-Kuhn dkk., 2020; Boone dkk., 2019), *problem posing* (Nelson & Chen, 2022), *critical making* (Hughes dkk., 2019), *inquiry-based learning* (Archer-Kuhn dkk., 2020; Sacramento, 2019), pembelajaran kolaboratif (Brooks dkk., 2022), hingga ekopedagogi (Misiaszek, 2020; Norat dkk., 2016).

Tabel 2.4. Riset Pedagogi Kritis yang Mendukung Pengembangan Model.

Aktivitas	Deskripsi
Literasi kritis (Cho, 2020)	Kemampuan untuk memahami dan mengevaluasi informasi yang diterima, untuk mengenali bias, propaganda, dan informasi palsu. Ini termasuk kemampuan untuk mengevaluasi sumber, metode penelitian, dan klaim yang dibuat dalam teks. Literasi kritis sangat penting dalam

Aktivitas	Deskripsi
<i>Problem posing</i> (Nelson & Chen, 2022)	era digital saat ini, di mana informasi yang salah atau palsu dapat dengan mudah disebarluaskan melalui internet. Metode pembelajaran yang menempatkan peserta didik dalam posisi aktif dalam menemukan dan mengeksplorasi masalah yang ada dalam dunia mereka. Metode ini menekankan pada pengembangan kemampuan untuk mengajukan pertanyaan, mengeksplorasi dan menganalisis masalah, dan menemukan solusi yang inovatif. <i>Problem posing</i> membantu mengembangkan kemampuan berpikir kritis, keterampilan kreatif, serta membantu mereka untuk menghubungkan pengetahuan yang didapat di kelas dengan dunia nyata.
Dialog kritis dan konstruktif (Boone dkk., 2019)	Dialog kritis adalah proses percakapan yang bertujuan untuk mengevaluasi ide atau pendapat dengan cara yang objektif dan rasional. Dalam dialog kritis, partisipan dari percakapan diharapkan untuk mengekspresikan pandangan mereka dengan jelas dan terbuka, serta menerima pandangan orang lain dengan hormat dan tanpa prasangka. Dialog kritis juga diharapkan untuk mengakui dan mengeksplorasi perspektif yang berbeda dan memberikan kontribusi yang bermanfaat dalam proses pembuatan keputusan. Dialog kritis merupakan penting dalam meningkatkan keterampilan komunikasi, berpikir kritis dan kolaborasi.
Inkuiri (Sacramento, 2019)	Inkuiri adalah metode pembelajaran yang menempatkan peserta didik dalam posisi aktif dalam menemukan dan mengeksplorasi pengetahuan. Inkuiri didasarkan pada prinsip bahwa peserta didik belajar dengan cara terlibat secara aktif dalam proses penemuan, dan dapat mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif saat mengeksplorasi masalah yang ada. Dalam metode inkuiri, peserta didik diajak untuk mengajukan pertanyaan, mencari informasi, menganalisis data dan menemukan solusi atas masalah yang ada. Inkuiri juga membantu peserta didik untuk memahami konteks pengetahuan yang didapat dan menghubungkannya dengan dunia nyata.
<i>Critical making</i> (Droumeva & Jenson, 2020)	<i>Critical making</i> pendekatan pembelajaran yang menggabungkan keterampilan praktis dengan keterampilan berpikir kritis dan kreatif. Dalam <i>critical making</i> , peserta didik diajak untuk membuat objek fisik atau digital, dan mengevaluasi cara objek tersebut dibuat dan digunakan. <i>Critical making</i> memungkinkan peserta didik untuk belajar dengan cara yang aktif dan mengeksplorasi pengetahuan melalui pengalaman langsung, juga membantu peserta didik untuk mengembangkan keterampilan kreatif, problem solving, keterampilan analisis dan keterampilan komunikasi. <i>Critical making</i> sangat bermanfaat dalam bidang desain, teknologi, seni dan sains.
Ekopedagogi (Misiaszek, 2020)	Ekopedagogi adalah pendekatan pembelajaran yang menempatkan lingkungan sebagai fokus utama dalam proses pembelajaran. Ekopedagogi menekankan pada keterkaitan antara manusia dan lingkungan, dan mengajak peserta didik untuk belajar tentang masalah lingkungan dan cara mengatasinya. Pendekatan ini mengajak peserta didik untuk berpikir kritis dan kreatif, serta untuk bertanggung jawab atas lingkungan yang ada. Ekopedagogi sangat penting dalam meningkatkan kesadaran lingkungan dan mengembangkan keterampilan yang diperlukan untuk mengatasi masalah lingkungan yang ada.
Aksi kritis (Naiditch, 2016)	Aksi kritis adalah tindakan yang diambil untuk mengubah atau mengatasi masalah sosial yang dihadapi. Aksi kritis menekankan pada pemahaman yang mendalam tentang masalah sosial yang dihadapi dan cara-cara yang efektif untuk mengatasinya. Aksi kritis berfokus pada pemberdayaan komunitas dan individu, serta mengakui hak-hak asasi manusia dan perlakuan yang adil. Ini juga mencakup pemahaman tentang perlakuan yang tidak adil yang dihadapi oleh individu dan kelompok yang marginal, dan cara untuk mengatasinya.

2. Teori *Online Collaborative Learning* (OCL)

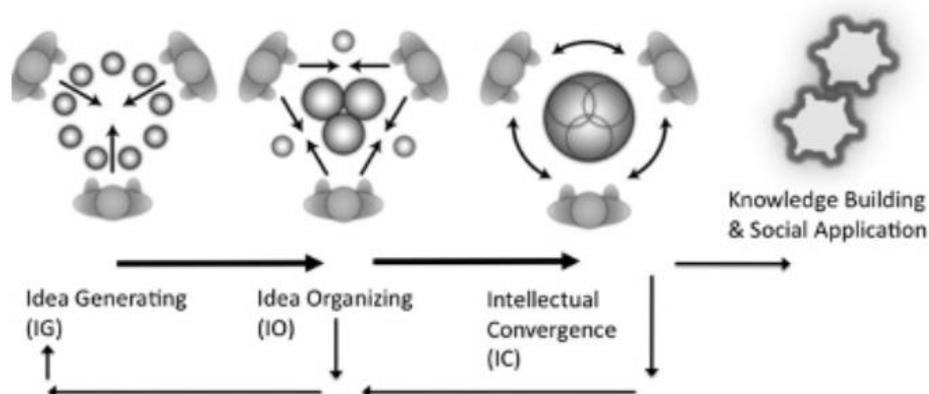
Teori *Online Collaborative Learning* (OCL) atau *Collaborativist* lahir dari perpaduan teori Konstruktivisme dan Konektivisme (Harasim, 2017). Teori ini mulai berkembang seiring dengan munculnya internet dan alat komunikasi digital pada akhir abad ke-20 dan awal abad ke-21 (Harasim, 2017; Hoda, 2021; Jovanović & Milosavljević, 2022). Linda Harasim, seorang profesor di School of Communication di Simon Fraser University, adalah salah satu pemikir utama dalam pengembangan teori ini. Pada tahun 1990-an, Harasim dan koleganya mulai mengeksplorasi bagaimana teknologi jaringan dapat digunakan untuk mendukung pembelajaran kolaboratif. Fokus awal mereka adalah pada bagaimana komputer dapat digunakan untuk mendukung diskusi kelompok dan pembentukan pengetahuan bersama. Pada awal abad ke-21, konsep OCL semakin matang dan berkembang menjadi apa yang sekarang dikenal sebagai *Collaborativism*. Perubahan ini mencakup pengakuan akan peran penting teknologi dalam memfasilitasi pembelajaran kolaboratif dan penekanan pada interaksi sosial sebagai inti dari proses belajar. Dengan demikian, teori ini berevolusi dari hanya sekadar penggunaan teknologi dalam pendidikan menjadi pendekatan pedagogis yang komprehensif yang berpusat pada kolaborasi dan interaksi (Harasim, 2017).

Teori OCL didukung oleh beberapa konsep dan teori utama yang mempengaruhi cara pandang dan penerapannya. Pertama, teori konstruktivis, yang menyatakan bahwa pengetahuan dibangun secara aktif oleh individu melalui interaksi dengan lingkungan dan orang lain. Dalam konteks OCL, pembelajaran terjadi melalui kolaborasi dan diskusi yang mendalam di antara peserta didik (Harasim, 2017). Kedua, teori kognitif sosial, yang menekankan bahwa pembelajaran terjadi dalam konteks sosial dan banyak dipengaruhi oleh interaksi dengan orang lain. OCL memanfaatkan prinsip ini dengan mengintegrasikan teknologi yang mendukung komunikasi dan kolaborasi sosial. Ketiga, konektivisme, sebuah teori pembelajaran yang menekankan pentingnya jaringan dalam proses pembelajaran. Dalam OCL, pengetahuan sering kali tersebar dan dapat diakses melalui jaringan digital, memungkinkan

peserta didik untuk terhubung dengan berbagai sumber daya dan perspektif secara global.

Prinsip-prinsip utama dari OCL mencakup beberapa aspek penting yang membedakannya dari pendekatan pembelajaran tradisional (Harasim, 2017). Pertama, interaksi sosial adalah kunci; pembelajaran efektif terjadi melalui interaksi sosial dan diskusi antara peserta didik. Diskusi ini dapat terjadi dalam berbagai bentuk seperti forum *online*, kelompok belajar, atau proyek kolaboratif. Kedua, pembentukan pengetahuan bersama merupakan aspek penting; pengetahuan dibentuk bersama melalui kontribusi dari semua peserta didik. Setiap peserta berbagi informasi, pemikiran, dan umpan balik yang semuanya berkontribusi pada pemahaman kolektif. Ketiga, peran guru atau dosen dalam OCL adalah sebagai fasilitator atau pembimbing, bukan sebagai penyampai informasi satu arah. Guru/Dosen membantu mengarahkan diskusi dan mendukung proses pembelajaran kolaboratif. Keempat, penggunaan teknologi sangat krusial; teknologi memainkan peran kunci dalam memfasilitasi kolaborasi, menyediakan ruang untuk interaksi, berbagi sumber daya, dan kolaborasi secara real-time atau asinkron.

Lebih lanjut, OCL didasarkan pada tiga proses atau tahapan pembelajaran utama yang mengarah dari pemikiran divergen ke konvergensi intelektual (Harasim, 2017). Pemikiran divergen mengacu pada proses yang menghasilkan banyak pertanyaan, ide, tanggapan atau solusi. Ini terkait dengan *brainstorming* dan pemikiran kreatif, dan mengacu pada ide-ide dari berbagai perspektif dan banyak sumber (termasuk pengamatan dan pengalaman pribadi). Sementara pemikiran divergen melibatkan menghasilkan banyak ide, proses yang terkait dengan mengidentifikasi ide terbaik dan membuang yang lemah dikenal sebagai pemikiran konvergen. Pemikiran konvergen mengacu pada penyempitan pilihan berdasarkan informasi dan analisis yang ada, dan memilih yang terbaik. Proses ini diartikulasikan dalam pembelajaran kolaboratif: kemajuan dari pemikiran divergen ke konvergen. Tiga tahap menentukan proses yaitu *Idea Generating* (Mengumpulkan ide), *Idea Organizing* (Mengorganisasikan ide), dan *Intellectual Convergence* (Konvergensi Intelektual).



Gambar 2.3. Tahapan dalam *Online Collaborative Learning* (Harasim, 2017).

Tabel 2.5. Penjabaran Tahapan *Online Collaborative Learning*.

Tahapan	Deskripsi
Mengumpulkan Ide (<i>Idea Generating</i>)	Peserta didik terlibat dalam diskusi kelompok tentang topik tertentu. Setiap peserta masuk ke diskusi untuk menyajikan pandangan awalnya tentang topik tersebut. Dosen sebagai fasilitator memperkenalkan proses pembahasan dan masalah pengetahuan yang akan dibahas. Penciptaan Ide (juga dikenal sebagai <i>brainstorming</i>) mendorong peserta untuk mengartikulasikan pandangan mereka dan menghasilkan berbagai perspektif yang berbeda tentang topik tersebut. Fase ini sangat demokratis; setiap orang menyajikan satu atau beberapa ide. Mahasiswa juga mulai mengenalkan ide-ide baru dari bacaan yang diberikan oleh dosen/fasilitator.
Mengorganisasikan Ide (<i>Idea Organizing</i>)	Peserta didik berinteraksi satu sama lain, menghadapi perspektif yang dihasilkan oleh rekan-rekan mereka serta ide-ide dari bacaan dan sumber informasi lain yang diajukan oleh dosen atau anggota kelompok. Masukan tersebut telah berkembang dan telah memperkaya kesadaran dan apresiasi setiap pembelajar tentang bagaimana topik tersebut dapat dilihat. Peserta didik mulai mengatur, menganalisis dan menyaring berbagai ide dengan menyetujui atau tidak setuju dengan beberapa ide yang disajikan, mengelaborasi, memperluas atau menolak yang lain. Mengorganisasikan ide ditandai dengan penerapan konsep analitis dan referensi literatur untuk mengatur atau mengelompokkan ide-ide umum ke dalam kategori yang lebih sedikit dan lebih halus.
Konvergensi Intelektual (<i>Intellectual Convergence</i>)	Melalui diskusi dan analisis, diinformasikan oleh bacaan dan didukung oleh dosen/fasilitator, mahasiswa mencapai tingkat konvergensi intelektual dan mencapai posisi pada topik atau penyelesaian masalah pengetahuan. Konvergensi intelektual mencakup (dan biasanya dicirikan dengan) kesepakatan untuk tidak setuju atau, dalam beberapa kasus, mencapai konsensus. Konvergensi intelektual dapat tercermin dalam produk akhir yang diproduksi bersama seperti laporan, makalah akhir, presentasi kelompok, atau pernyataan intelektual seperti ringkasan atau lanskap diskusi. Ketika suatu produk adalah tujuan (makalah, presentasi, proyek atau tugas), proses intelektual bertujuan untuk menemukan konsensus tentang bentuk produk akhir. Dalam aplikasi yang lebih ilmiah, tujuannya mungkin pengembangan desain, kebijakan, atau pernyataan artistik atau ilmiah. Proses konvergensi juga dapat menghasilkan beberapa posisi kunci tetapi berbeda.

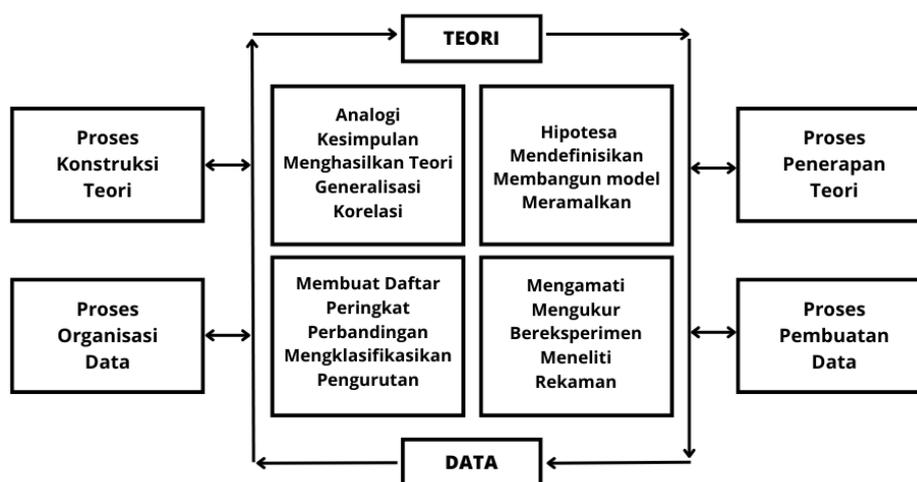
Implementasi OCL dalam pembelajaran dapat dilakukan melalui beberapa cara yang efektif dan terstruktur. Pembelajaran berbasis proyek adalah salah satu pendekatan utama, di mana mahasiswa bekerja sama dalam menyelesaikan proyek atau masalah tertentu yang membutuhkan pencarian informasi, berbagi temuan, dan menghasilkan solusi bersama. Ini tidak hanya memperkuat pemahaman mahasiswa tentang materi pelajaran tetapi juga mengembangkan keterampilan kolaboratif dan pemecahan masalah. Selain itu, diskusi terstruktur juga penting; forum diskusi *online* yang terstruktur memungkinkan mahasiswa untuk berbagi pendapat, mengajukan pertanyaan, dan memberikan umpan balik satu sama lain (Galal dkk., 2014; Hordvik dkk., 2021). Dosen memfasilitasi diskusi ini dengan memberikan arahan dan pertanyaan pemandu, memastikan bahwa diskusi tetap fokus dan produktif. Evaluasi kolektif juga diterapkan dalam OCL, di mana penilaian sering kali mencakup umpan balik dari sesama mahasiswa selain dari penilaian oleh dosen. Hal ini mendorong keterlibatan aktif dan kontribusi berharga bagi kelompok. Penggunaan alat kolaborasi digital seperti Google Docs, saluran diskusi *online*, maupun platform LMS (*Learning Management System*) dapat mendukung kolaborasi dan komunikasi efektif meskipun mahasiswa berada di lokasi yang berbeda. Dengan alat-alat ini, mahasiswa dapat bekerja sama secara real-time atau asinkron, mengakses dan membagikan sumber daya, serta berpartisipasi dalam diskusi yang membangun.

3. Model Berpikir

a. Model Berpikir Clarke

Model berpikir Clarke adalah kerangka kerja untuk pemecahan masalah yang terstruktur dan pengambilan keputusan. Model ini didasarkan pada ide bahwa masalah yang kompleks dapat dipecah menjadi komponen yang lebih kecil dan lebih mudah dikelola. (Clarke & Costa, 1990) mengadaptasi model pemikiran yang dikemukakan oleh Costa dalam model pemrosesan informasi dengan fokus pada pemecahan masalah dan berpikir kritis. Menurut model Clarke, data terdiri dari informasi yang masuk melalui alat indera, yang kemudian dibuat abstrak dan menjadi teori. Ketika data datang melalui alat indera, ini menunjukkan

bahwa informasi tersebut hadir sebagai masalah, dan pikiran akan mulai memproses dan mengatur data, atau mengembangkannya menjadi teori. Sebuah teori yang begitu dikonstruksikan kemudian diterapkan dalam situasi yang baru, dan selanjutnya dikonfirmasi kembali menjadi sebuah data baru, dan siklus kembali berulang (Clarke & Costa, 1990).



Gambar 2.4. Siklus Proses Berpikir (Clarke & Costa, 1990).

b. Model Keterampilan Berpikir Swartz dan Parks

Keterampilan berpikir menurut Swartz & Parks (1994) terbagi ke dalam tiga kategori utama, yaitu berpikir untuk memahami dan menjelaskan sesuatu, berpikir kreatif, dan berpikir kritis. Berpikir untuk memahami dan menjelaskan sesuatu melibatkan kemampuan untuk menyerap informasi, mengolahnnya, dan kemudian menyampaikan pemahaman tersebut kepada orang lain dengan cara yang jelas dan logis. Keterampilan ini penting untuk mengembangkan pemahaman yang mendalam tentang konsep-konsep kompleks dan kemampuan untuk mengkomunikasikannya secara efektif. Berpikir kreatif, di sisi lain, adalah kemampuan untuk menghasilkan ide-ide baru dan inovatif, menemukan solusi unik untuk masalah, dan melihat sesuatu dari perspektif yang berbeda. Ini melibatkan imajinasi, penemuan, dan kemampuan untuk berpikir di luar kotak.

Terakhir, berpikir kritis adalah kemampuan untuk menganalisis informasi secara mendalam, mengevaluasi argumen, mengidentifikasi

kesalahan logika, dan membuat keputusan berdasarkan bukti dan alasan yang kuat. Keterampilan ini penting untuk membedakan antara informasi yang valid dan tidak valid, serta untuk membuat keputusan yang tepat dalam situasi yang kompleks. Dengan mengembangkan ketiga keterampilan ini, individu dapat menjadi pemikir yang lebih baik, mampu menghadapi berbagai tantangan dengan pemahaman yang mendalam, kreativitas, dan analisis kritis.

Tabel 2.6. Keterampilan Berpikir (Adaptasi dari (Swartz & Parks, 1994)).

Berpikir Memahami dan Menjelaskan Sesuatu	Berpikir Kreatif	Berpikir Kritis
Menganalisis ide: <ul style="list-style-type: none"> • Membandingkan • Mengklasifikasikan • Melihat hubungan • Mengkompilasi 	Menghasilkan alternatif: <ul style="list-style-type: none"> • Ide baru • Banyak ide • Ide spesifik 	Mengevaluasi informasi: <ul style="list-style-type: none"> • Ketajaman pandangan • Keandalan sumber
Menganalisis argumen: <ul style="list-style-type: none"> • Mencari sebab/kesimpulan • Menemukan asumsi 	Menggabungkan ide: <ul style="list-style-type: none"> • Analogi / Metafora 	Evaluasi dan penggunaan bukti: <ul style="list-style-type: none"> • Melakukan prediksi • Membangun analogi • Membuat generalisasi
		Mengevaluasi inferensi: <ul style="list-style-type: none"> • Menguatkan berdasarkan kategori

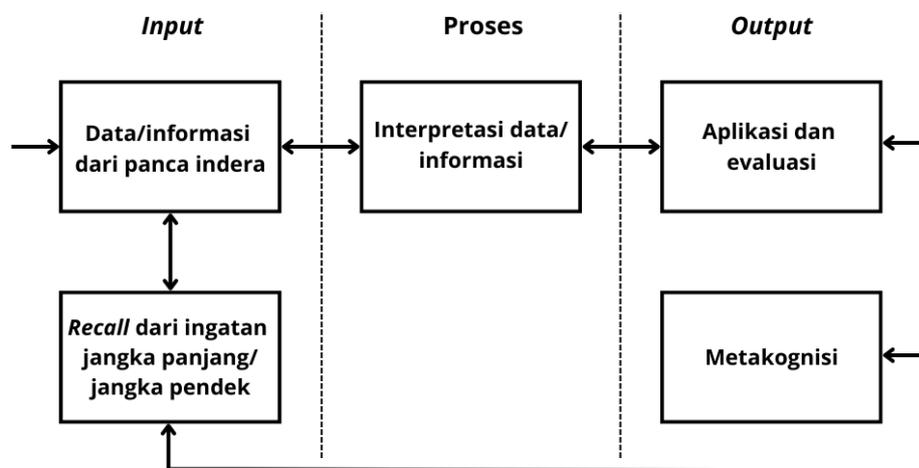
4. Teori Komunikasi dan Pemrosesan Informasi

Teori komunikasi dan pemrosesan informasi merupakan sebuah teori yang menjelaskan bagaimana individu memproses, menyimpan, mengakses informasi dan mengkomunikasikannya. Teori ini mengakui bahwa individu memproses informasi secara terstruktur dengan menggunakan sistem kognitif yang terdiri dari beberapa tahap, seperti pengenalan, pemahaman, dan penyimpanan (Sabatino, 1968; Salkind, 2005; Swanson, 1987). Teori ini juga menekankan pentingnya peran yang dimainkan oleh faktor-faktor seperti atensi, pemusatan perhatian, dan memori dalam mempengaruhi cara individu memproses informasi. Teori pemrosesan informasi menjadi penting karena membantu kita memahami bagaimana individu memproses informasi dan bagaimana cara terbaik untuk membantu individu memproses informasi dengan lebih efektif. Teori ini juga membantu kita memahami bagaimana cara terbaik untuk menyajikan informasi kepada individu agar lebih mudah dipahami.

Pada tahun 1970-an, teori pemrosesan informasi diperkenalkan sebagai gabungan dari teori kognitif dan teori pemrosesan komputer (Good, 2008). Teori ini menekankan bahwa individu memproses informasi dengan cara yang mirip dengan cara komputer memproses informasi, dengan menggunakan sistem kognitif yang terdiri dari beberapa tahap seperti pengenalan, pemahaman, dan penyimpanan. Secara keseluruhan, teori pemrosesan informasi merupakan gabungan dari beberapa teori yang berbeda yang telah berkembang selama bertahun-tahun dan terus berkembang sampai saat ini. Teori ini membantu kita memahami bagaimana individu memproses informasi dan bagaimana cara terbaik untuk membantu individu memproses informasi dengan lebih efektif. Teori pemrosesan informasi merupakan teori yang menjelaskan bagaimana individu memproses, menyimpan, dan mengakses informasi. Dalam konteks pendidikan, teori ini membantu kita memahami bagaimana peserta didik memproses informasi yang diberikan kepada mereka dan bagaimana cara terbaik untuk menyajikan informasi kepada peserta didik agar lebih mudah dipahami. Menurut teori ini, peserta didik memproses informasi dengan menggunakan sistem kognitif yang terdiri dari beberapa tahap, seperti pengenalan, pemahaman, dan penyimpanan. Faktor-faktor seperti atenuasi, pemusatan perhatian, dan memori juga mempengaruhi cara peserta didik memproses informasi (Good, 2008; Swanson, 1987).

Costa (1991) mengatakan bahwa strategi mengajar dan perilaku mengajar harus disandarkan pada teori proses informasi. Costa mengusulkan dalam model berpikir dimana dalam proses pembelajaran terdapat proses berpikir yang meliputi empat ciri, yaitu *input*, proses, *output* dan metakognisi. Menurut model ini, proses berpikir dimulai ketika peserta didik dihadapkan pada beberapa rangsangan eksternal melalui organ indera, ini disebut sebagai proses internalisasi. Selanjutnya, jika informasi tersebut ingin disimpan sebagai informasi baru, otak selanjutnya akan menggabungkan, membedakan, dan mengkategorikan pengetahuan melalui proses pencarian pola, dan akan disimpan dalam ingatan jangka panjang maupun pendek. Proses ini akan diterapkan secara sadar atau tidak sadar. Lebih lanjut,

pengetahuan yang dianggap relevan dan bermakna berdasarkan pengalaman sebelumnya lebih mungkin untuk diintegrasikan dan diasimilasi ke dalam memori penyimpanan di otak.



Gambar 2.5. Model Pemrosesan Informasi (Costa, 1991).

Model pemrosesan informasi dapat membantu dosen memahami bagaimana cara terbaik untuk menyajikan informasi kepada peserta didik agar lebih mudah dipahami. Dosen dapat menggunakan teori ini untuk membantu peserta didik memahami materi yang dipelajari dengan lebih baik dengan menyajikan informasi dengan cara yang sesuai dengan cara peserta didik memproses informasi. Selain itu, teori pemrosesan informasi juga dapat membantu dosen mengembangkan metode pembelajaran yang efektif dengan memperhitungkan cara peserta didik memproses informasi sehingga diperoleh pemahaman yang dapat disimpan secara efektif dalam ingatan jangka pendek maupun jangka panjang.

Proses komunikasi merupakan transfer informasi yang telah diproses melalui proses sensasi, persepsi, memori dan berpikir. Informasi akan ditransfer kepada penerima melalui interaksi. Proses komunikasi dimulai dari adanya sumber yang membawa pesan dan diterima oleh orang lain. Aktivitas komunikasi terdiri dari tiga kegiatan utama, yaitu pengiriman informasi, penerimaan informasi dan kolaborasi (Jucan & Jucan, 2014). Pengiriman informasi memiliki tujuan yaitu untuk menginformasikan, menginspirasi, mengubah, mendidik, membentuk kecakapan, dan melibatkan atau

mempengaruhi keputusan. Penerimaan pesan memiliki tujuan untuk menggunakan pengetahuan, pengalaman, kemampuan, dan gambaran untuk menginspirasi, menginformasikan, mengubah, mendidik, membentuk kecakapan dan membuat keputusan. Kolaborasi bertujuan untuk bekerja sama, mempertimbangkan, membuat atau memutuskan sesuatu bersama.

5. Pengembangan Guru Masa Depan

Peran guru dalam dunia pendidikan telah mengalami transformasi signifikan dari masa ke masa, seiring dengan perkembangan masyarakat, teknologi, dan kebutuhan peserta didik (Irshadi & Ivanna, 2024; Puspa dkk., 2023; Sofyan dkk., 2024). Secara tradisional, guru dipandang sebagai satu-satunya sumber ilmu pengetahuan dan pengendali proses pembelajaran di kelas. Dalam perspektif ini, peran guru sangat otoritatif, di mana peserta didik hanya berfungsi sebagai penerima informasi secara pasif. Teori behaviorisme, yang berfokus pada pembentukan perilaku melalui stimulus dan respons, banyak mendasari pendekatan pengajaran tradisional ini. Guru berperan sebagai pemberi stimulus, sementara peserta didik diharapkan memberikan respons sesuai dengan arahan (Hasibuan & Prastowo, 2019; Niswati & Sayekti, 2020).

Namun, paradigma ini mulai berubah dengan munculnya teori-teori pendidikan modern yang menekankan peran guru sebagai fasilitator. Dalam pendekatan konstruktivisme, yang dipopulerkan oleh Jean Piaget dan Lev Vygotsky, guru bukan lagi sekadar penyampai informasi, melainkan sebagai pembimbing yang membantu peserta didik membangun pengetahuan mereka sendiri. Vygotsky, khususnya, memperkenalkan konsep *Zone of Proximal Development* (ZPD), yang menyoroti pentingnya bimbingan guru dalam membantu peserta didik mencapai potensi mereka (Tishana dkk., 2023). Dalam konteks ini, interaksi sosial antara guru dan peserta didik menjadi elemen kunci dalam proses belajar (Jayadih dkk., 2024; Liang dkk., 2023).

Selain sebagai fasilitator, peran guru juga berkembang menjadi motivator dan inspirator. Teori humanistik, seperti yang diusung oleh Carl Rogers dan Abraham Maslow, menekankan bahwa guru harus menciptakan lingkungan belajar yang mendukung perkembangan emosional, psikologis,

dan intelektual peserta didik. Guru tidak hanya bertugas mengajar, tetapi juga membangun hubungan yang hangat dan empatik, sehingga peserta didik merasa termotivasi untuk belajar. Dalam pendekatan ini, pendidikan tidak hanya bertujuan untuk mentransfer ilmu, tetapi juga membangun karakter dan kemandirian peserta didik (Pardede, 2020).

Dengan semakin kompleksnya kebutuhan masyarakat modern, peran guru juga diperluas menjadi inovator dan agen perubahan. Teori transformasional menekankan bahwa guru memiliki tanggung jawab untuk mempersiapkan peserta didik menghadapi tantangan global (Irshadi & Ivanna, 2024; Puspa dkk., 2023). Guru diharapkan mampu berpikir kreatif dan inovatif dalam merancang pembelajaran yang relevan dengan kebutuhan zaman. Hal ini mencakup pengintegrasian teknologi dalam proses pembelajaran, pengembangan keterampilan abad ke-21, serta membangun pola pikir kritis dan adaptif pada peserta didik (Thornhill-Miller dkk., 2023).

Secara keseluruhan, berbagai teori dasar tentang peran guru mencerminkan evolusi konsep pendidikan dari pendekatan yang berpusat pada guru ke pendekatan yang berpusat pada peserta didik. Guru tidak lagi hanya menjadi penyampai ilmu, tetapi juga fasilitator, motivator, inovator, dan agen perubahan (Pardede, 2020). Transformasi ini menjadi landasan penting dalam merespons tuntutan dunia pendidikan di masa depan, di mana keterampilan masa depan menjadi kebutuhan utama bagi guru dan peserta didik (Jayadih dkk., 2024; Liang dkk., 2023).

a. Keterampilan Guru Masa Depan

Keterampilan masa depan merupakan seperangkat kemampuan yang dibutuhkan untuk menghadapi tantangan dunia yang terus berubah, terutama dalam era digital dan globalisasi (Akour & Alenezi, 2022). Kerangka keterampilan abad ke-21, yang dirumuskan oleh organisasi seperti *Partnership for 21st Century Learning* (P21), mengidentifikasi tiga kategori utama: keterampilan belajar dan inovasi, keterampilan literasi digital, dan keterampilan hidup serta berkarir. Dalam konteks pendidikan, guru memainkan peran sentral dalam tidak hanya menguasai keterampilan ini, tetapi juga mentransferkannya kepada peserta didik. Oleh karena itu,

pemahaman tentang keterampilan masa depan sangat penting bagi pengembangan profesional guru.

Salah satu keterampilan inti adalah berpikir kritis dan pemecahan masalah, yang mengacu pada kemampuan untuk menganalisis informasi, mengevaluasi argumen, dan membuat keputusan yang tepat. Teori Bloom's Taxonomy menyediakan kerangka untuk memahami tingkat pemikiran yang lebih tinggi, seperti analisis, evaluasi, dan penciptaan. Guru diharapkan mampu melatih peserta didik untuk berpikir kritis melalui pembelajaran berbasis masalah (*problem-based learning*) dan studi kasus (Beneke, 2021). Dengan demikian, guru tidak hanya menyampaikan pengetahuan, tetapi juga mendorong peserta didik untuk menjadi pemecah masalah yang mandiri.

Komunikasi dan kolaborasi juga merupakan keterampilan masa depan yang krusial (Fadilah dkk., 2022). Teori Vygotsky tentang interaksi sosial menegaskan pentingnya komunikasi dalam pembelajaran. Guru harus mampu mengelola diskusi yang efektif, membangun kerja sama tim, dan menciptakan lingkungan belajar yang mendukung kolaborasi antar peserta didik. Dalam konteks teknologi, komunikasi tidak hanya terjadi secara langsung, tetapi juga melalui platform digital. Oleh karena itu, guru perlu menguasai komunikasi multikanal yang relevan dengan kebutuhan zaman.

Selain itu, kreativitas dan inovasi menjadi keterampilan penting dalam era yang penuh dengan perubahan. Berdasarkan teori Guilford dan Torrance, kreativitas adalah kemampuan untuk menghasilkan ide-ide baru yang relevan dan berguna. Guru perlu memfasilitasi pembelajaran yang memicu kreativitas, misalnya dengan menggunakan pendekatan pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*) yang memungkinkan peserta didik mengeksplorasi ide-ide mereka secara mendalam. Kreativitas juga melibatkan keberanian untuk mencoba hal baru dan kemampuan untuk melihat peluang di tengah tantangan.

Literasi digital merupakan keterampilan masa depan yang tidak bisa diabaikan, terutama di era revolusi industri 4.0. Guru harus memahami

konsep literasi digital, termasuk penggunaan teknologi dalam pembelajaran, etika digital, dan pengelolaan informasi. Kerangka TPACK (*Technological Pedagogical Content Knowledge*) menjadi panduan bagi guru untuk mengintegrasikan teknologi secara efektif dalam pembelajaran. Literasi digital bukan hanya soal teknis, tetapi juga mencakup kemampuan berpikir kritis dalam mengevaluasi sumber informasi digital dan melindungi keamanan data (Thornhill-Miller dkk., 2023).

Pada akhirnya, keterampilan masa depan tidak hanya relevan bagi peserta didik, tetapi juga bagi guru sebagai agen perubahan. Dengan menguasai keterampilan ini, guru dapat menciptakan lingkungan pembelajaran yang dinamis dan relevan, sekaligus mempersiapkan peserta didik untuk menghadapi dunia yang semakin kompleks (Akour & Alenezi, 2022). Keterampilan masa depan bukan sekadar tren, tetapi merupakan fondasi bagi keberhasilan pendidikan di abad ke-21 (Hasibuan & Prastowo, 2019).

b. Kompetensi Guru dalam Era Digital

Di era digital, guru dituntut untuk memiliki kompetensi yang mampu menjawab kebutuhan pembelajaran yang terus berkembang. Kompetensi ini mencakup kemampuan teknologi, pedagogi, dan penguasaan konten yang terintegrasi secara efektif. Dalam konteks ini, kerangka kerja TPACK (*Technological Pedagogical Content Knowledge*) menjadi acuan penting, di mana guru harus menguasai tiga elemen utama: teknologi, pedagogi, dan materi pelajaran, serta memahami bagaimana ketiganya saling berinteraksi (Jariah & Aminatun, 2022). Guru yang kompeten dalam era digital tidak hanya menguasai teknologi, tetapi juga mampu menggunakannya untuk meningkatkan proses pembelajaran.

Integrasi Teknologi dalam Pembelajaran menjadi salah satu kompetensi inti bagi guru di era digital. Guru diharapkan mampu menggunakan berbagai alat digital, seperti platform pembelajaran daring, perangkat lunak pembelajaran, dan aplikasi multimedia, untuk mendukung kegiatan belajar mengajar. Pemanfaatan teknologi seperti *Learning Management System* (LMS) memungkinkan guru untuk mendesain

pembelajaran yang interaktif dan fleksibel. Selain itu, penggunaan alat kolaborasi digital, seperti *Google Workspace* atau *Microsoft Teams*, membantu guru menciptakan pengalaman belajar yang lebih inklusif dan partisipatif.

Selain kemampuan teknis, adaptabilitas dan pembelajaran berkelanjutan menjadi kompetensi penting lainnya. Era digital membawa perubahan yang cepat dalam dunia pendidikan, sehingga guru harus mampu beradaptasi dengan teknologi baru dan pendekatan pengajaran yang inovatif. Pendekatan ini sering kali melibatkan pembelajaran sepanjang hayat (*lifelong learning*), di mana guru terus memperbarui keterampilan mereka melalui pelatihan, seminar, dan kursus daring. Dengan begitu, guru tetap relevan dan mampu memenuhi tuntutan pembelajaran abad ke-21.

Kepemimpinan digital juga merupakan kompetensi esensial bagi guru. Dalam konteks ini, guru tidak hanya berperan sebagai pendidik, tetapi juga sebagai pemimpin dalam pembelajaran digital. Guru diharapkan mampu memandu peserta didik untuk menggunakan teknologi secara bijak dan bertanggung jawab. Kompetensi ini juga mencakup pemahaman tentang etika digital, keamanan siber, dan literasi media, sehingga guru dapat membantu peserta didik menjadi warga digital yang kritis dan beretika. Dalam perspektif ini, guru menjadi model dalam mempraktikkan penggunaan teknologi yang efektif dan etis (Anwar & Ali, 2020).

Namun, kompetensi guru dalam era digital tidak hanya terbatas pada aspek teknologi, tetapi juga mencakup kemampuan interpersonal dan intrapersonal yang mendukung pembelajaran digital. Guru harus mampu membangun hubungan yang kuat dengan peserta didik meskipun dalam lingkungan pembelajaran daring. Empati, komunikasi yang efektif, dan keterampilan memotivasi menjadi aspek penting dalam menjaga keterlibatan peserta didik. Dalam hal ini, pendekatan humanistik tetap relevan, meskipun konteks pembelajarannya berbasis teknologi (Sanchez dkk., 2024).

Secara keseluruhan, kompetensi guru di era digital mencakup integrasi teknologi, adaptabilitas, kepemimpinan digital, dan pendekatan humanistik. Kompetensi ini memastikan bahwa guru dapat memanfaatkan teknologi untuk menciptakan pembelajaran yang bermakna dan relevan, sekaligus mempersiapkan peserta didik untuk menghadapi tantangan dunia digital (Akour & Alenezi, 2022). Guru yang kompeten dalam era digital tidak hanya menguasai teknologi, tetapi juga mampu menginspirasi dan membimbing peserta didik menuju masa depan yang cerah.

c. Pembelajaran Alternatif untuk Guru Masa Depan

Dalam konteks global, pendidikan menghadapi tantangan besar di era digital dan globalisasi (Akour & Alenezi, 2022). Sistem pendidikan di seluruh dunia terus mencari cara untuk memastikan bahwa calon guru tidak hanya mampu memenuhi standar lokal tetapi juga siap bersaing di tingkat internasional. Organisasi seperti OECD dan UNESCO menekankan pentingnya inovasi dalam pendidikan guru melalui pendekatan pembelajaran alternatif yang relevan dengan kebutuhan abad ke-21. Pembelajaran alternatif, seperti *blended learning*, *flipped classroom*, dan pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*), menjadi pendekatan yang semakin diadopsi secara global untuk melatih calon guru agar lebih adaptif dan responsif terhadap perubahan (Pardede, 2020).

Dari perspektif lokal, terutama di negara berkembang seperti Indonesia, tantangan pendidikan guru mencakup kesenjangan infrastruktur, akses terhadap teknologi, dan perbedaan kualitas pendidikan antar wilayah. Pengembangan pembelajaran alternatif untuk calon guru menjadi solusi untuk menjembatani kesenjangan ini. Pendekatan seperti pembelajaran daring dan *hybrid* memungkinkan calon guru dari daerah terpencil untuk mendapatkan akses pendidikan yang berkualitas. Dalam konteks lokal, pembelajaran alternatif ini juga dapat disesuaikan dengan kearifan lokal untuk memastikan relevansi dengan kebutuhan masyarakat setempat.

Pembelajaran alternatif juga memungkinkan calon guru untuk mengeksplorasi pendekatan pengajaran yang lebih fleksibel dan berpusat pada peserta didik. Dalam perspektif global, pendekatan ini selaras dengan tren pendidikan modern yang menekankan personalisasi pembelajaran. Di sisi lokal, calon guru dapat dilatih untuk memanfaatkan potensi teknologi yang ada, seperti penggunaan aplikasi pembelajaran berbasis *mobile* yang terjangkau dan relevan dengan kondisi masyarakat. Hal ini membuka peluang untuk menciptakan pembelajaran yang inklusif, baik di tingkat nasional maupun global (Kopish & Marques, 2020).

Selain itu, perspektif global dan lokal juga menyoroti perlunya literasi digital sebagai bagian dari pengembangan calon guru. Dalam konteks global, literasi digital dipandang sebagai keterampilan dasar yang harus dimiliki oleh semua pendidik untuk menghadapi revolusi teknologi. Di tingkat lokal, literasi digital dapat diintegrasikan melalui pembelajaran alternatif yang dirancang untuk memberikan pengalaman langsung kepada calon guru. Program seperti simulasi pengajaran berbasis teknologi atau pelatihan menggunakan platform digital membantu calon guru mempersiapkan diri untuk lingkungan pembelajaran modern (Dewi & Hidayati, 2024).

Secara keseluruhan, perspektif global dan lokal menunjukkan bahwa pengembangan pembelajaran alternatif bagi calon guru adalah kunci untuk menciptakan pendidik yang tangguh dan relevan di era digital. Pembelajaran alternatif memungkinkan calon guru untuk belajar secara fleksibel, memahami teknologi, dan mengintegrasikan pendekatan inovatif dalam pengajaran mereka. Dengan kombinasi perspektif global yang progresif dan adaptasi lokal yang kontekstual, calon guru dapat dilatih untuk menghadapi tantangan pendidikan masa depan sambil tetap relevan dengan kebutuhan komunitas tempat mereka bekerja (Nasir dkk., 2023; Shaturaev, 2021; Simamora dkk., 2024).

6. Isu Sosiosaintifik dalam Pembelajaran IPA

Isu sosiosaintifik merupakan isu yang muncul dari pertentangan antara perspektif sosial dan perspektif ilmiah dalam memahami dan menjelaskan

fenomena sosial (Mendoza, 2017; Somsen, 2022). Sosiosaintifik merupakan gabungan dari kata "sosial" dan "saintifik", yang menunjukkan bahwa isu ini mencakup aspek sosial dan aspek ilmiah. Isu sosiosaintifik muncul karena adanya perbedaan pendekatan antara perspektif sosial dan perspektif ilmiah dalam memahami fenomena sosial. Perspektif sosial cenderung lebih menekankan pengaruh faktor sosial dan kultural dalam memahami fenomena sosial, sedangkan perspektif ilmiah cenderung lebih menekankan pengaruh faktor alamiah dan obyektif dalam memahami fenomena sosial. Isu sosiosaintifik sering muncul dalam bidang-bidang seperti sosiologi, antropologi, dan psikologi, dan bahkan sains di mana peneliti harus mempertimbangkan aspek sosial dan aspek ilmiah dalam memahami fenomena yang diteliti (Sanchez dkk., 2024; Viehmann dkk., 2024). Isu ini juga sering muncul dalam debat publik tentang masalah-masalah sosial, di mana ada pertentangan antara pandangan yang menekankan faktor sosial dan pandangan yang menekankan faktor ilmiah dalam memahami masalah tersebut (Wahyu Septiningrum & Fauziah, 2021).

Isu sosiosaintifik dalam pembelajaran IPA/sains erat kaitannya dengan literasi sains. Literasi sains didefinisikan sebagai kemampuan menggunakan pengetahuan sains (pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, epistemik) untuk menjelaskan fenomena alam, artefak teknologi dan implikasinya pada masyarakat, serta mendesain dan mengevaluasi penyelidikan ilmiah, dan menafsirkan data dan bukti secara ilmiah (Afriana dkk., 2016; Sulistiyowati dkk., 2018). Literasi sains mencakup makna melek teknologi, berpikiran kritis, peka terhadap lingkungan sekitar, serta mampu mengaplikasikan informasi yang dibaca. Kemampuan literasi sains yang diperlukan seseorang agar tetap eksis di zaman informasi berkaitan erat dengan kemampuan berpikir, kemampuan bernalar, dan kreativitas.

Penerapan isu sosiosaintifik dalam pembelajaran akan mengarahkan peserta untuk mengembangkan solusi dari berbagai aspek kehidupan, diantaranya aspek sains, politik, budaya, moral, dan sejenisnya (Pambudi & Diawati, 2018.; Sadler & Zeidler, 2004). Isu sosiosaintifik dalam pembelajaran sains bertujuan untuk membantu peserta didik untuk membuat

keputusan dan bertanggung jawab atasnya. Pengambilan keputusan merupakan hal yang penting dalam perkembangan literasi ilmiah peserta didik, yang merupakan kunci utama dalam membuat peserta didik menghasilkan solusi untuk masalah dalam kehidupan sehari-hari (Monaliza & Miterianifa, 2023; Pambudi dkk., 2018).

Tabel 2.7. Literasi sains dan Isu Sosiosaintifik Adaptasi dari PISA (OECD, 2019).

No	Konten	Isu Sosiosaintifik
1	Kesehatan dan Penyakit	Pemeliharaan kesehatan, kecelakaan, nutrisi, pengendalian penyakit, pilihan makanan, kesehatan masyarakat, epidemi, dan penyebaran penyakit infeksi.
2	Sumber daya alam	Konsumsi pribadi terhadap materi dan energi, pemeliharaan populasi manusia, kualitas hidup, keamanan, produksi dan distribusi makanan, pasokan energi, energi terbarukan dan tidak-terbarukan, pertumbuhan populasi, dan penggunaan secara berkelanjutan spesies-spesies.
3	Kualitas lingkungan	Tindakan ramah lingkungan, penggunaan dan pembuangan bahan dan peralatan, persebaran populasi, pembuangan sampah, dampak lingkungan, keanekaragaman hayati, keberlanjutan ekologis, pengendalian polusi, serta produksi dan hilangnya tanah/biomassa.
4	Mitigasi	Penilaian risiko atas pilihan gaya hidup, perubahan yang cepat (misalnya: gempa bumi, cuaca buruk), perubahan lambat dan progresif (misalnya: erosi pantai, sedimentasi), perubahan iklim, dan dampak dari komunikasi modern.
5	Sains dan Teknologi	Hobi, teknologi pribadi, musik dan kegiatan olahraga, material baru, peralatan dan proses, modifikasi genetik, teknologi kesehatan, transportasi, kepunahan spesies, eksplorasi ruang angkasa, serta asal usul dan struktur alam semesta.

Dalam riset ini, isu sosiosaintifik yang diangkat disesuaikan dengan mata kuliah yang ditempuh oleh mahasiswa calon guru IPA (Fisika, Biologi dan Kimia), antara lain berkaitan dengan konten sumber daya alam (konsumsi pribadi terhadap materi dan energi, pasokan energi, energi terbarukan dan tidak-terbarukan). Selanjutnya, berkaitan dengan konten kualitas lingkungan (tindakan ramah lingkungan), mitigasi (gempa bumi, cuaca buruk, erosi pantai, dan sedimentasi, dan perubahan iklim) serta konten sains teknologi (teknologi pribadi, material baru, peralatan dan proses, teknologi kesehatan, transportasi, eksplorasi ruang angkasa, serta asal usul semesta).

7. Keterampilan Abad 21

Keterampilan abad 21 sangat penting bagi calon guru IPA (Fisika, Kimia, Biologi dan IPA) dalam mempersiapkan mereka menjadi guru masa depan. Keterampilan ini meliputi berpikir kritis, berpikir kreatif, komunikasi, dan kolaborasi, yang dikenal dengan *4C Skills*, dan diperluas dengan keterampilan lainnya seperti literasi informasi dan teknologi, fleksibilitas, inisiatif, serta keterampilan sosial dan lintas budaya (Thornhill-Miller dkk., 2023; Loshkareva dkk., 2021). Di masa depan, kebutuhan sumber daya manusia akan semakin berfokus pada individu yang tidak hanya menguasai pengetahuan teoretis tetapi juga mampu menerapkan pengetahuan tersebut dalam konteks nyata, berpikir inovatif, dan beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan teknologi dan sosial (Loshkareva dkk., 2021; Spencer-Keyse dkk., 2020). Oleh karena itu, calon guru IPA perlu dibekali dengan keterampilan ini agar dapat menginspirasi dan membimbing siswa mereka dalam mengembangkan kemampuan yang sama. Arah pendidikan harus bertransformasi untuk menekankan pengembangan keterampilan abad 21 melalui kurikulum yang interdisipliner, pembelajaran berbasis proyek, dan penggunaan teknologi sebagai alat pembelajaran (Thornhill-Miller dkk., 2023). Calon guru IPA harus mampu mengintegrasikan teknologi dalam proses pembelajaran, memanfaatkan sumber daya digital untuk meningkatkan pemahaman siswa, serta mendorong kolaborasi dan komunikasi efektif di dalam kelas (S. Lu & Smiles, 2022).

Pentingnya membangun keterampilan abad 21 tidak dapat diabaikan, karena keterampilan ini mempersiapkan calon guru IPA untuk sukses dalam lingkungan kerja yang dinamis. Mereka akan menjadi pemecah masalah yang efektif, kolaborator yang baik, dan pemimpin yang visioner. Investasi dalam pendidikan yang membekali calon guru IPA dengan keterampilan abad 21 adalah kunci untuk menciptakan generasi guru yang siap menghadapi masa depan yang kompleks dan terus berubah. Mereka akan mampu menginspirasi dan mempersiapkan siswa mereka untuk tantangan dan peluang di abad 21, membentuk generasi penerus yang kompeten dan adaptif dalam menghadapi perkembangan zaman.

a. Keterampilan Berpikir Kritis

Model berfikir kritis telah mengalami banyak perkembangan dan perubahan interpretasi selama dekade terakhir (Huitt, 1998). Namun demikian, secara umum, berpikir kritis dapat didefinisikan sebagai pemikiran yang terampil dan bertanggung jawab di mana seseorang mempelajari masalah dari semua sudut pandang atau perspektif, kemudian mengevaluasi asumsi, tesis, afirmasi dan informasi yang diterima, membandingkan dengan standar logis, empiris atau etis, dan mengambil kesimpulan dengan berbagai validasi (Swartz & Parks, 1994). Fitur utama dari pemikiran kritis yang tertanam dalam definisi tersebut adalah keterampilan berpikir tingkat tinggi. Karena berpikir kritis memungkinkan kita untuk mengevaluasi, menjelaskan, menganalisis, mensintesis, dan merestrukturisasi pemikiran kita, sehingga dapat mengurangi risiko kesalahan saat bertindak (Aizikovitsh-Udi & Amit, 2011; Ennis, 1993). Berpikir kritis juga membantu membuat keputusan yang tepat dan bijak dalam situasi yang kompleks dan memberikan solusi untuk masalah yang dihadapi (Lestari & Annizar, 2020; Sumarni & Kadarwati, 2020).

Keterampilan berpikir kritis merupakan komponen penting dalam pendidikan, terutama bagi mahasiswa calon guru IPA. Menurut Robert H. Ennis, berpikir kritis adalah kemampuan untuk berpikir secara reflektif dan mandiri dalam rangka membuat keputusan yang masuk akal (Ennis, 1993; Afandi et al., 2019; Purwati et al., 2016). Keterampilan ini melibatkan analisis, evaluasi, dan sintesis informasi yang relevan untuk mencapai kesimpulan yang logis (Aizikovitsh-Udi & Amit, 2011). Dalam konteks pendidikan guru, keterampilan berpikir kritis memungkinkan calon guru untuk mengajarkan siswa mereka cara berpikir yang mendalam dan analitis, yang sangat penting dalam memahami konsep-konsep ilmiah yang kompleks.

Implementasi keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran mahasiswa calon guru IPA dapat dilakukan melalui berbagai strategi. Salah satunya adalah melalui penggunaan studi kasus, di mana mahasiswa dihadapkan pada masalah nyata yang memerlukan pemecahan melalui

penalaran kritis dan analisis yang mendalam. Dalam studi kasus, mahasiswa diajarkan untuk mengidentifikasi masalah, mengumpulkan informasi yang relevan, menganalisis data, dan mengembangkan solusi berdasarkan bukti yang ditemukan berpikir (Astuti dkk., 2019; Khoirunnisa & Habibah, 2020; van Laar dkk., 2018). Proses ini tidak hanya meningkatkan keterampilan berpikir kritis mereka, tetapi juga mengembangkan kemampuan mereka dalam bekerja sama dan berkomunikasi secara efektif.

Selain studi kasus, penggunaan teknik debat dan diskusi juga dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Dalam debat, mahasiswa calon guru IPA didorong untuk menyusun argumen yang kuat berdasarkan bukti, serta mengevaluasi dan menanggapi argumen lawan dengan cara yang logis dan terstruktur. Diskusi kelas yang terarah juga membantu mahasiswa untuk mengeksplorasi berbagai sudut pandang, mengidentifikasi asumsi-asumsi yang mendasari, dan mempertimbangkan implikasi dari berbagai ide (Khoirunnisa & Habibah, 2020; van Laar dkk., 2018). Dengan cara ini, mahasiswa belajar untuk berpikir secara kritis dan reflektif tentang materi pelajaran serta isu-isu yang lebih luas dalam pendidikan dan ilmu pengetahuan.

Peran dosen dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis juga sangat penting. Dosen harus menjadi fasilitator yang mengarahkan mahasiswa untuk berpikir kritis melalui pertanyaan-pertanyaan terbuka dan tantangan intelektual. Memberikan umpan balik yang konstruktif juga penting untuk membantu mahasiswa memahami kekuatan dan kelemahan dalam pemikiran mereka. Dengan memberikan contoh nyata dari praktik ilmiah dan menunjukkan bagaimana berpikir kritis diterapkan dalam penelitian dan pemecahan masalah ilmiah, dosen dapat menginspirasi mahasiswa untuk mengadopsi pendekatan berpikir kritis dalam studi dan kehidupan profesional mereka (van Laar dkk., 2018).

Indikator keterampilan berpikir kritis menurut Ennis mencakup berbagai aspek penting yang dapat digunakan sebagai panduan dalam penilaian dan pengembangan keterampilan ini. Beberapa indikator utama

termasuk: (1) Kemampuan menilai deduksi; (2) Kemampuan menilai asumsi; (3) Kemampuan menilai ketepatan interpretasi; (4) Kemampuan menilai kesimpulan sederhana dari informasi; (5) Kemampuan menilai kebenaran hipotesis; (6) Kemampuan menilai argumen ((Ennis, 1993). Dengan menggunakan indikator-indikator ini, dosen dan mahasiswa dapat lebih fokus dalam mengembangkan dan mengevaluasi keterampilan berpikir kritis mereka.

Tabel 2.8. Indikator Keterampilan Berpikir Kritis.

No	Indikator	Deskripsi
1	Kemampuan menilai deduksi	Kemampuan ini melibatkan penilaian apakah suatu argumen logis mengikuti secara valid dari premis yang diberikan. Dalam menilai deduksi, seseorang harus menentukan apakah kesimpulan yang ditarik adalah konsekuensi yang logis dan tak terhindarkan dari premis-premis tersebut. Kemampuan menilai deduksi memerlukan pemahaman mendalam tentang struktur logis dari argumen dan memastikan bahwa tidak ada kesalahan logika yang terjadi.
2	Kemampuan menilai asumsi	Kemampuan ini mengacu pada identifikasi dan evaluasi asumsi yang mendasari suatu argumen atau klaim. Asumsi adalah sesuatu yang diterima sebagai benar tanpa bukti dalam argumen. Menilai asumsi berarti menentukan apakah asumsi tersebut masuk akal, relevan, dan tidak bias.
3	Kemampuan menilai ketepatan interpretasi	Kemampuan ini mencakup penilaian terhadap cara informasi atau data diinterpretasikan untuk mendukung suatu kesimpulan. Menilai interpretasi melibatkan pemeriksaan apakah interpretasi tersebut didasarkan pada bukti yang kuat dan apakah ada cara lain untuk menginterpretasikan data yang sama.
4	Kemampuan menilai kesimpulan sederhana dari informasi	Kemampuan ini melibatkan penilaian kesimpulan yang ditarik langsung dari data atau informasi yang disajikan. Ini termasuk kemampuan untuk menilai apakah kesimpulan tersebut didukung secara memadai oleh bukti yang ada dan apakah ada generalisasi yang berlebihan.
5	Kemampuan menilai kebenaran hipotesis	Kemampuan ini mencakup penilaian terhadap apakah hipotesis yang diajukan masuk akal dan didukung oleh bukti yang relevan. Menilai hipotesis melibatkan pemeriksaan apakah ada data yang mendukung atau membantah hipotesis tersebut dan apakah hipotesis tersebut dapat diuji.
6	Kemampuan menilai argumen	Kemampuan ini melibatkan penilaian terhadap keseluruhan argumen, termasuk kekuatan dan kelemahan dari setiap elemen yang membentuk argumen tersebut. Ini mencakup evaluasi premis, kesimpulan, dan hubungan logis di antara keduanya. Menilai argumen juga melibatkan penilaian terhadap keandalan dan validitas bukti yang digunakan, serta kemungkinan adanya bias atau asumsi yang tidak terlihat.

Penilaian keterampilan berpikir kritis perlu diintegrasikan dalam kurikulum pendidikan calon guru IPA. Penilaian tidak hanya harus berfokus pada penguasaan konten, tetapi juga pada kemampuan

mahasiswa untuk berpikir kritis dan menerapkan pengetahuan mereka dalam konteks nyata (Beneke, 2021). Misalnya, tugas-tugas seperti proyek penelitian, analisis studi kasus, dan refleksi kritis tentang pengalaman belajar dapat digunakan untuk menilai sejauh mana mahasiswa mengembangkan keterampilan berpikir kritis mereka. Dengan cara ini, pendidikan calon guru IPA dapat memastikan bahwa lulusannya tidak hanya memiliki pengetahuan yang mendalam tentang ilmu pengetahuan, tetapi juga keterampilan berpikir kritis yang diperlukan untuk mengajar dan mempersiapkan siswa mereka menghadapi tantangan masa depan (Akour & Alenezi, 2022).

b. Keterampilan Berpikir Kreatif

Keterampilan berpikir kreatif adalah kemampuan yang dimiliki seseorang untuk menghasilkan ide-ide baru, orisinal, dan bermanfaat dalam upaya memecahkan masalah atau menciptakan sesuatu yang belum pernah ada sebelumnya (Handayani et al. 2022; Ola W. A. Gafour and Walid A. S. Gafour 2020; Tang, Vezzani, and Eriksson 2020). Berpikir kreatif tidak hanya terbatas pada seni, seperti menggambar atau menulis, tetapi juga memiliki peran yang sangat penting dalam berbagai bidang lainnya. Dalam bidang sains, berpikir kreatif memungkinkan ilmuwan untuk merancang eksperimen yang inovatif dan menemukan penemuan-penemuan baru. Dalam teknologi, kreativitas adalah kunci dalam pengembangan produk-produk baru dan peningkatan sistem yang ada. Di dunia pendidikan, keterampilan berpikir kreatif membantu guru dan siswa dalam mengembangkan metode pengajaran dan pembelajaran yang lebih efektif dan menarik. Di bidang bisnis, kemampuan ini sangat penting untuk mengembangkan strategi pemasaran yang unik dan solusi bisnis yang inovatif untuk tetap kompetitif di pasar.

Kemampuan berpikir kreatif terdiri dari beberapa aspek penting, yaitu *fluency*, *flexibility*, dan *originality* (Almeida et al. 2008; Torrance 2013). Kemampuan berpikir lancar (*fluency*) mengacu pada kelancaran seseorang dalam menghasilkan banyak ide dalam waktu singkat, menunjukkan produktivitas dalam berpikir (The Alberta Teachers'

Association, (2014). Kemampuan berpikir fleksibel (*flexibility*) adalah kemampuan untuk melihat suatu masalah dari berbagai perspektif yang berbeda, memungkinkan seseorang untuk menemukan solusi yang lebih beragam dan adaptif (Torrance, 2013). Kemampuan berpikir orisinal (*originality*) menggambarkan keunikan dari ide-ide yang dihasilkan, yaitu ide yang tidak biasa dan inovatif, yang membedakan satu individu dari yang lain (Diedrich et al. 2015). Sementara itu, kemampuan elaborasi adalah kemampuan untuk mengembangkan ide-ide tersebut secara rinci dan menyeluruh, sehingga dapat diimplementasikan dengan baik (Almeida et al. 2008).

Tabel 2.9. Indikator Keterampilan Berpikir Kreatif.

Indikator	Deskripsi
Berpikir Lancar (<i>Fluency</i>)	Berpikir lancar adalah kemampuan untuk menghasilkan banyak ide dalam waktu singkat. Individu yang memiliki kemampuan berpikir lancar dapat dengan cepat memunculkan berbagai solusi atau gagasan ketika dihadapkan pada suatu masalah. Kelancaran berpikir ini menunjukkan produktivitas dalam pemikiran dan kemampuan untuk tidak terhambat oleh hambatan mental atau emosional.
Berpikir luwes (<i>Flexibility</i>)	Berpikir luwes adalah kemampuan untuk melihat suatu masalah dari berbagai perspektif yang berbeda dan mengubah pendekatan atau strategi yang digunakan untuk memecahkan masalah tersebut. Individu dengan kemampuan berpikir luwes dapat dengan mudah beralih dari satu kategori pemikiran ke kategori lainnya, menyesuaikan diri dengan situasi baru, dan menemukan cara alternatif untuk mencapai tujuan.
Berpikir original (<i>Originality</i>)	Berpikir original adalah kemampuan untuk menghasilkan ide-ide yang unik, baru, dan berbeda dari yang sudah ada. Keaslian berpikir ini mencerminkan kreativitas yang mendalam, di mana individu mampu melihat hal-hal dari sudut pandang yang tidak biasa dan menciptakan sesuatu yang benar-benar baru. Kemampuan berpikir original sangat penting dalam inovasi dan pengembangan produk, seni, dan berbagai bidang lainnya di mana keunikan dan diferensiasi menjadi nilai tambah yang signifikan.
Elaborasi (<i>Elaboration</i>)	Elaborasi adalah kemampuan untuk mengembangkan ide-ide secara rinci dan memperluasnya dengan memberikan penjelasan tambahan, detail, atau ornamen. Individu dengan kemampuan elaborasi yang baik tidak hanya mampu menghasilkan ide-ide dasar tetapi juga mengembangkannya menjadi konsep yang lebih matang dan terperinci. Elaborasi penting dalam memastikan bahwa ide-ide tidak hanya berhenti pada tahap konseptual tetapi juga dapat diwujudkan dengan jelas dan konkret, meningkatkan kualitas dan implementabilitas dari solusi yang diusulkan.

Salah satu tokoh utama dalam pengembangan konsep berpikir kreatif adalah J.P. Guilford, seorang psikolog Amerika yang pada tahun 1950-an memperkenalkan teori tentang struktur intelektual yang mencakup

berbagai dimensi kemampuan kognitif, termasuk berpikir divergen. Berpikir divergen, menurut Guilford, adalah kemampuan untuk menghasilkan berbagai solusi yang berbeda untuk satu masalah, yang merupakan komponen penting dari kreativitas (Roberts et al. 2021). Guilford menyadari bahwa kreativitas tidak hanya bergantung pada satu jenis pemikiran tetapi melibatkan berbagai proses mental yang kompleks dan beragam. Melalui penelitiannya, ia mengidentifikasi berbagai faktor yang mempengaruhi kemampuan berpikir kreatif.

Selanjutnya, E. Paul Torrance, seorang psikolog pendidikan yang juga dikenal sebagai "Bapak Penelitian Kreativitas," mengembangkan *Torrance Tests of Creative Thinking* (TTCT) pada tahun 1966. TTCT menjadi alat ukur standar yang digunakan secara luas untuk menilai kreativitas individu. Tes ini dirancang untuk mengevaluasi empat aspek utama dari kreativitas: fluency (kelancaran dalam menghasilkan ide), flexibility (kemampuan untuk melihat berbagai perspektif), originality (keunikan ide), dan elaboration (pengembangan ide secara rinci) (Almeida et al. 2008). Torrance percaya bahwa kreativitas adalah keterampilan yang dapat diukur dan dikembangkan melalui pendidikan dan latihan yang tepat.

TTCT terdiri dari berbagai tugas verbal dan figural yang dirancang untuk merangsang pemikiran kreatif. Misalnya, dalam tugas verbal, peserta mungkin diminta untuk menyebutkan sebanyak mungkin penggunaan alternatif untuk suatu objek biasa, sementara dalam tugas figural, mereka mungkin diminta untuk melengkapi gambar yang belum selesai dengan cara yang orisinal dan kreatif. Hasil dari tes ini memberikan wawasan tentang sejauh mana individu mampu berpikir kreatif dalam berbagai konteks dan situasi.

Pengembangan teori dan alat ukur oleh Guilford dan Torrance telah memberikan kontribusi besar dalam pemahaman kita tentang kreativitas. Penelitian mereka telah membuka jalan bagi berbagai studi lanjutan yang mengeksplorasi cara-cara untuk mengembangkan dan memfasilitasi kreativitas dalam berbagai bidang, termasuk pendidikan, psikologi, dan

bisnis. Dengan alat ukur seperti TTCT, para pendidik dan peneliti dapat mengidentifikasi dan mengembangkan potensi kreatif pada individu sejak dini, membantu mereka mencapai kinerja optimal dalam kehidupan pribadi dan profesional mereka.

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) juga menekankan pentingnya kreativitas dalam pendidikan abad ke-21 sebagai salah satu kompetensi kunci yang harus dimiliki oleh siswa untuk menghadapi tantangan masa depan yang semakin kompleks dan dinamis (Akour & Alenezi, 2022). OECD mengidentifikasi keterampilan berpikir kreatif sebagai komponen esensial dalam kerangka kompetensi global yang mencakup pengetahuan, keterampilan, sikap, dan nilai-nilai yang diperlukan untuk sukses dalam kehidupan pribadi, profesional, dan sosial (Thornhill-Miller et al. 2023). Menurut OECD, kreativitas adalah kemampuan untuk melibatkan imajinasi dalam menghasilkan ide-ide baru dan menerapkannya dalam berbagai konteks untuk menciptakan solusi inovatif (Romanides et al. 1997; Thompson 2018). Ini tidak hanya melibatkan pemikiran di luar kebiasaan, tetapi juga kemampuan untuk menghubungkan dan menyusun ulang informasi yang ada dengan cara yang tidak konvensional. Kreativitas memungkinkan individu untuk melihat masalah dari berbagai sudut pandang dan menemukan cara-cara baru untuk mengatasi tantangan.

OECD menekankan bahwa untuk mengembangkan keterampilan berpikir kreatif, sistem pendidikan harus menyediakan lingkungan yang mendukung eksplorasi, eksperimen, dan inovasi. Ini mencakup kurikulum yang fleksibel, metode pengajaran yang interaktif, serta evaluasi yang menilai proses kreatif selain hasil akhir. Pendidikan harus mendorong siswa untuk mengambil risiko intelektual, mengajukan pertanyaan kritis, dan bekerja secara kolaboratif dengan orang lain untuk memecahkan masalah. Selain itu, OECD juga menyoroti pentingnya integrasi teknologi dalam pendidikan untuk mendukung pengembangan keterampilan kreatif. Teknologi dapat digunakan sebagai alat untuk memfasilitasi pembelajaran yang kreatif, memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi ide-ide baru dan

menerapkan pengetahuan mereka dalam proyek-proyek yang menantang. Ini termasuk penggunaan alat digital, platform kolaboratif, dan sumber daya online yang memungkinkan pembelajaran yang lebih interaktif dan personal (Li, Kim, and Palkar 2022; Nikolopoulou 2018).

Dengan demikian, OECD berpendapat bahwa mengembangkan kreativitas di kalangan siswa bukan hanya tanggung jawab sekolah, tetapi juga memerlukan kolaborasi dengan komunitas, industri, dan pembuat kebijakan. Ini penting untuk memastikan bahwa generasi muda siap untuk menghadapi dan mengatasi tantangan global seperti perubahan iklim, ketidakesetaraan sosial, dan revolusi industri 4.0. Dengan menanamkan keterampilan berpikir kreatif, kita dapat membekali siswa dengan alat yang mereka butuhkan untuk menjadi pemecah masalah yang inovatif dan pemimpin masa depan yang adaptif (Segundo Marcos et al. 2020).

Mengembangkan keterampilan berpikir kreatif dalam pendidikan memerlukan pendekatan yang berbeda dari metode pengajaran tradisional. Salah satu pendekatan adalah memberikan kebebasan kepada siswa untuk mengeksplorasi berbagai solusi untuk suatu masalah, serta mendorong mereka untuk berpikir di luar batasan yang ada. Guru perlu menciptakan lingkungan yang mendukung eksperimen dan toleransi terhadap kegagalan sebagai bagian dari proses belajar. Calon guru IPA perlu dibekali dengan keterampilan berpikir kreatif agar dapat menginspirasi siswa mereka di masa depan (Simon dkk., 2006; Weinstein dkk., 2018) Salah satu cara untuk melatih keterampilan ini adalah melalui penerapan proyek-proyek berbasis penelitian yang memerlukan pemikiran *out-of-the-box*. Misalnya, meminta siswa calon guru IPA untuk mengembangkan eksperimen unik atau inovatif yang dapat digunakan untuk mengajarkan konsep-konsep ilmiah di kelas. Proyek-proyek seperti ini tidak hanya mendorong kreativitas tetapi juga membangun pemahaman yang lebih dalam tentang materi pelajaran melalui penerapan praktis.

Metode pengajaran yang efektif dalam mengembangkan kreativitas mencakup berbagai strategi seperti pembelajaran berbasis proyek, diskusi kelompok, dan permainan peran (Fiteriani et al. 2021; Radovanović et al.

2020; Rusiana, Nuraeningsih, and Hajimia 2023). Pembelajaran berbasis proyek menantang siswa untuk bekerja dalam tim dan menemukan solusi kreatif untuk masalah nyata. Melalui proyek ini, siswa belajar untuk berkolaborasi, berbagi ide, dan mengembangkan keterampilan manajemen proyek yang penting. Diskusi kelompok memungkinkan pertukaran ide yang beragam, memberikan siswa kesempatan untuk mendengar perspektif yang berbeda dan memperkaya pemahaman mereka tentang suatu topik. Permainan peran membantu siswa melihat situasi dari berbagai perspektif, mengembangkan empati, dan meningkatkan keterampilan komunikasi interpersonal (Rusiana et al. 2023).

Dalam pembelajaran berbasis proyek, guru berperan sebagai fasilitator yang membantu siswa mengidentifikasi masalah, merancang solusi, dan mengevaluasi hasil. Proses ini mendorong siswa untuk berpikir kritis dan kreatif, karena mereka harus memecahkan masalah yang kompleks dan seringkali tidak memiliki jawaban yang jelas. Selain itu, proyek-proyek ini biasanya bersifat multidisiplin, mengintegrasikan berbagai bidang studi yang mendorong siswa untuk melihat hubungan antara konsep-konsep yang berbeda.

Diskusi kelompok adalah metode lain yang efektif untuk mengembangkan kreativitas (Gusmiyati dkk., 2021; Ilyas dkk., 2022; Putri dkk., 2022). Dalam diskusi kelompok, siswa didorong untuk mengajukan pertanyaan, memberikan pendapat, dan mendengarkan ide-ide orang lain. Ini membantu mereka belajar bagaimana mengartikulasikan pikiran mereka, mempertimbangkan perspektif yang berbeda, dan mengembangkan keterampilan berpikir kritis. Guru dapat memfasilitasi diskusi ini dengan mengajukan pertanyaan terbuka yang mendorong pemikiran mendalam dan memandu siswa dalam mengeksplorasi berbagai aspek dari topik yang dibahas.

Permainan peran adalah strategi pengajaran yang melibatkan siswa dalam situasi simulasi di mana mereka harus berperan sebagai karakter tertentu dan menghadapi masalah atau situasi yang realistis (Tishana et al., 2023). Melalui permainan peran, siswa belajar untuk melihat masalah dari

perspektif yang berbeda, mengembangkan empati, dan meningkatkan keterampilan komunikasi mereka. Permainan peran juga memberikan kesempatan bagi siswa untuk berlatih keterampilan pemecahan masalah dan membuat keputusan dalam konteks yang aman dan terkendali.

Dengan menggabungkan berbagai metode pengajaran ini, guru dapat menciptakan lingkungan belajar yang dinamis dan kreatif yang mendorong siswa untuk mengembangkan keterampilan berpikir kreatif mereka. Ini tidak hanya akan membantu mereka dalam studi akademis mereka tetapi juga mempersiapkan mereka untuk menjadi pemecah masalah yang inovatif dan berpikir kritis di masa depan (Sofyan dkk., 2024).

Mahasiswa yang mempunyai kemampuan berpikir kreatif memiliki kemampuan dalam menciptakan ruang yang leluasa dalam bereksperimen dan mengambil resiko dengan perspektif baru (Erwin and Mohammed 2022; Van Hooijdonk et al. 2023; Novak 2013). Pembelajaran yang mengandung unsur berpikir kreatif berarti melibatkan mahasiswa belajar, menghasilkan gagasan-gagasan baru, mengidentifikasi alternatif, berpikir di luar kebiasaan sampai menerapkan solusi yang tidak biasa. Berpikir kreatif sangat erat kaitannya dengan berpikir alternatif. Kemampuan ini menjadi kemampuan puncak dalam taksonomi Bloom.

c. Kolaborasi

Kolaborasi adalah proses kerja sama antara dua atau lebih individu atau kelompok untuk mencapai tujuan yang sama (Laal dkk., 2014). Dalam kolaborasi, anggota bekerja bersama-sama untuk mengatasi masalah, menyelesaikan tugas, atau mencapai hasil yang diinginkan. Proses ini dapat melibatkan komunikasi, pengambilan keputusan, pembagian tugas, dan pengelolaan sumber daya. Kolaborasi dapat terjadi dalam berbagai bentuk, termasuk: 1) Kelompok kerja: dimana anggota bekerja sama dalam suatu kelompok untuk mencapai tujuan kolektif; 2) Proyek: dimana anggota bekerja sama dalam suatu proyek untuk mencapai tujuan yang ditentukan; 3) Partisipasi: dimana anggota bekerja sama dalam suatu aktivitas untuk mencapai tujuan yang ditentukan; 4) Organisasi: dimana anggota bekerja sama dalam suatu organisasi untuk mencapai tujuan yang

ditentukan. Kolaborasi memerlukan komunikasi yang efektif, pengelolaan sumber daya yang baik, pembagian tugas yang adil, dan pengambilan keputusan yang partisipatif. Kolaborasi dapat meningkatkan kinerja, meningkatkan kualitas hasil, dan menciptakan solusi yang lebih baik dibandingkan dengan kerja sendiri. Namun, kolaborasi juga dapat menimbulkan masalah seperti konflik, ketidaksetujuan, dan kesulitan dalam mencapai konsensus.

Kolaborasi dalam pembelajaran adalah suatu cara belajar yang menggunakan interaksi sosial dan kerja sama antara mahasiswa untuk mencapai tujuan belajar yang ditetapkan. Dengan kolaborasi, mahasiswa dapat belajar dari teman-teman mereka, mengembangkan keterampilan sosial dan pemecahan masalah, serta meningkatkan motivasi dan hasil belajar. Ada beberapa metode kolaborasi yang dapat digunakan dalam pembelajaran, seperti (S. Lu & Smiles, 2022): 1) Pembelajaran Kelompok: Mahasiswa dibagi dalam kelompok-kelompok kecil yang bekerja sama untuk menyelesaikan tugas atau proyek tertentu; 2) Diskusi Kelompok: Mahasiswa duduk dalam kelompok-kelompok kecil atau secara berpasangan untuk berdiskusi tentang topik tertentu; 3) *Brainstorming*: Mahasiswa bekerja sama untuk menghasilkan ide-ide baru dan mengevaluasi ide-ide yang ada; 4) Pembelajaran Kooperatif: Mahasiswa bekerja sama dalam kelompok-kelompok kecil untuk menyelesaikan tugas atau proyek tertentu, dengan setiap anggota kelompok bertanggung jawab atas kesuksesan kelompok; 5) Pembelajaran Berbasis Proyek: Mahasiswa bekerja sama dalam kelompok-kelompok kecil atau secara individu untuk menyelesaikan proyek yang mencakup berbagai aspek dari materi yang diajarkan.

Tabel 2.10. Indikator Kolaborasi (Adaptasi Griffin & Care, 2015).

No	Indikator	Deskripsi
1.	Kontribusi (<i>Contribution</i>)	Kontribusi merujuk pada sumbangan individu dalam suatu tim atau proyek, baik berupa ide, usaha, atau hasil kerja. Ini mencakup partisipasi aktif dalam diskusi, memberikan masukan yang konstruktif, serta mengambil tanggung jawab dalam menyelesaikan tugas. Kontribusi yang efektif membantu mencapai tujuan bersama dan memastikan semua anggota tim merasa dihargai dan termotivasi. Individu yang memberikan kontribusi yang signifikan biasanya menunjukkan komitmen tinggi, inisiatif, dan kepemimpinan.

No	Indikator	Deskripsi
2.	Manajemen waktu (<i>Time Management</i>)	Manajemen waktu adalah kemampuan untuk merencanakan, mengorganisir, dan mengendalikan penggunaan waktu secara efisien. Ini mencakup pengaturan prioritas tugas, pembuatan jadwal, serta alokasi waktu yang tepat untuk setiap aktivitas. Manajemen waktu yang baik memungkinkan seseorang untuk menyelesaikan pekerjaan tepat waktu, mengurangi stres, dan meningkatkan produktivitas. Keterampilan ini sangat penting dalam lingkungan yang dinamis di mana tenggat waktu ketat harus dipenuhi.
3.	Pemecahan masalah (<i>Problem Solving</i>)	Pemecahan masalah adalah proses sistematis untuk menemukan solusi atas masalah yang dihadapi. Ini melibatkan identifikasi masalah, analisis penyebab, pencarian berbagai alternatif solusi, dan implementasi solusi yang dipilih. Keterampilan ini memerlukan pemikiran kritis, kreativitas, dan kemampuan untuk mengambil keputusan. Pemecahan masalah yang efektif membantu mengatasi hambatan dan mencapai tujuan dengan cara yang efisien dan inovatif.
4.	Kerja tim (<i>Team work</i>)	Kerja tim adalah kemampuan untuk bekerja sama dengan orang lain menuju pencapaian tujuan bersama. Ini mencakup komunikasi yang efektif, kolaborasi, kepercayaan, dan saling menghormati di antara anggota tim. Kerja tim yang baik memungkinkan pemanfaatan berbagai keterampilan dan perspektif individu untuk menghasilkan hasil yang lebih baik dibandingkan kerja individu. Keberhasilan dalam kerja tim sering kali ditandai oleh sinergi dan solidaritas antar anggota.
5.	Teknik investigasi (<i>Investigation Technique</i>)	Teknik investigasi adalah metode dan prosedur yang digunakan untuk mengumpulkan dan menganalisis informasi guna memahami suatu masalah atau situasi. Ini melibatkan pengumpulan data, observasi, wawancara, dan analisis dokumen. Teknik investigasi yang baik memerlukan ketelitian, obyektivitas, dan keterampilan analitis. Penerapan teknik investigasi yang tepat membantu dalam mendapatkan gambaran yang akurat dan mendalam tentang isu yang diteliti, yang pada akhirnya mendukung pengambilan keputusan yang berdasarkan bukti.

Implementasi kolaborasi dalam pembelajaran untuk mahasiswa calon guru IPA merupakan strategi penting yang bertujuan untuk mempersiapkan mereka menjadi pendidik yang efektif dan inovatif (Anagün, 2018; Astuti dkk., 2019) Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah pembelajaran berbasis proyek, di mana mahasiswa bekerja dalam kelompok untuk menyelesaikan proyek yang kompleks dan bermakna. Proyek-proyek ini bisa berupa penelitian ilmiah, eksperimen, atau pengembangan alat pembelajaran. Misalnya, kelompok mahasiswa dapat diminta untuk merancang dan mengimplementasikan eksperimen yang menunjukkan prinsip-prinsip fisika atau kimia. Melalui kerja sama dalam proyek ini, mahasiswa belajar untuk membagi tugas,

mengintegrasikan berbagai perspektif, dan menghasilkan produk akhir yang komprehensif.

Diskusi kelompok juga merupakan metode yang efektif untuk mendorong mahasiswa berkolaborasi dan berbagi ide (van Laar dkk., 2018). Dalam diskusi ini, mahasiswa dapat dibagi menjadi kelompok-kelompok kecil dan diberikan topik atau masalah tertentu untuk didiskusikan. Mereka dapat membahas pendekatan terbaik untuk mengajarkan konsep tertentu kepada siswa sekolah menengah atau mengevaluasi metode pengajaran yang berbeda. Diskusi kelompok memungkinkan mahasiswa untuk mendengar berbagai pandangan dan argumen, memperluas pemahaman mereka tentang topik yang dibahas (Anagün, 2018).

Selain itu, pembelajaran kooperatif adalah pendekatan di mana mahasiswa bekerja sama dalam kelompok kecil untuk mencapai tujuan belajar bersama. Setiap anggota kelompok bertanggung jawab atas bagian tertentu dari tugas dan harus memastikan bahwa seluruh kelompok memahami materi. Contohnya, dalam kelas biologi, mahasiswa dapat bekerja dalam kelompok untuk mempelajari ekosistem tertentu, di mana masing-masing anggota kelompok mempelajari satu aspek dari ekosistem tersebut (seperti flora, fauna, interaksi lingkungan) dan kemudian mengajarkan kembali kepada anggota kelompok lainnya.

Melibatkan mahasiswa dalam penelitian kolaboratif juga merupakan cara yang baik untuk mempromosikan kolaborasi dan pengembangan keterampilan penelitian (Anagün, 2018; Peacock & Grande, 2016). Mahasiswa dapat bekerja sama dalam proyek penelitian yang relevan dengan kurikulum IPA, seperti studi lingkungan lokal atau pengembangan teknologi ramah lingkungan. Proses penelitian ini mencakup perencanaan, pengumpulan data, analisis, dan presentasi hasil. Kolaborasi dalam penelitian membantu mahasiswa mengembangkan keterampilan analitis, kritis, dan kerja tim.

Simulasi dan permainan peran memungkinkan mahasiswa untuk bekerja sama dalam situasi yang mensimulasikan dunia nyata. Misalnya,

dalam kelas ekologi, mahasiswa dapat bermain peran sebagai ahli lingkungan, pemerintah, dan masyarakat dalam sebuah simulasi pengelolaan sumber daya alam. Mereka harus bekerja sama untuk menemukan solusi yang berkelanjutan untuk masalah lingkungan yang kompleks. Metode ini membantu mahasiswa memahami berbagai perspektif dan kepentingan yang terlibat dalam masalah ilmiah dan sosial.

Penggunaan teknologi dan platform kolaboratif *online* dapat mendukung pembelajaran kolaboratif, terutama dalam situasi pembelajaran jarak jauh (Peacock & Grande, 2016). Alat seperti zoom, canva, dan google docs memungkinkan mahasiswa untuk berkomunikasi, berbagi dokumen, dan mengelola proyek secara efisien. Platform ini memfasilitasi kolaborasi yang lebih fleksibel dan aksesibilitas yang lebih tinggi, memungkinkan mahasiswa untuk bekerja sama meskipun berada di lokasi yang berbeda.

d. Komunikasi

Keterampilan komunikasi adalah kemampuan seseorang untuk menyampaikan informasi, ide, perasaan, dan pendapat kepada orang lain dengan jelas dan efektif. Keterampilan komunikasi dapat digunakan dalam berbagai situasi, termasuk komunikasi verbal dan nonverbal, komunikasi lisan dan tertulis, dan komunikasi formal dan informal (Khambayat, 2017; R. Rahman dkk., 2019).

Keterampilan komunikasi terdiri dari beberapa elemen, di antaranya (Khambayat, 2017; Pattiweal, 2016) : 1) Kemampuan untuk menyampaikan informasi dengan jelas: Mampu menyampaikan informasi dengan baik, tanpa kebingungan atau kesalahan; 2) Kemampuan untuk mendengarkan aktif: Mampu mendengarkan dengan seksama dan memahami pesan yang diterima dari orang lain; 3) Kemampuan untuk mengevaluasi audiens: Mampu mengevaluasi audiensnya dan menyesuaikan komunikasinya sesuai dengan kebutuhan audiens; 4) Kemampuan untuk berkomunikasi secara efektif dalam situasi yang berbeda: Mampu menyesuaikan cara berkomunikasi sesuai dengan situasi yang berbeda, seperti komunikasi formal atau informal, komunikasi

lisan atau tertulis, dan komunikasi dengan individu atau kelompok; 5) Kemampuan untuk menangani konflik: Mampu mengatasi konflik yang muncul dalam komunikasi dan mencari solusi yang sesuai; 6) Kemampuan untuk mengembangkan komunikasi interpersonal: Mampu mengembangkan hubungan yang baik dengan orang lain melalui komunikasi yang efektif. Keterampilan komunikasi dapat dikembangkan melalui berbagai metode, seperti latihan, pengalaman, dan pendidikan. Keterampilan komunikasi yang baik sangat penting untuk kesuksesan dalam berbagai bidang, termasuk pekerjaan, keluarga, dan hubungan sosial.

Kemampuan komunikasi adalah salah satu kompetensi yang penting dalam pembelajaran. Melalui komunikasi, peserta didik dapat menyampaikan ide-ide dan pertanyaan mereka kepada pendidik dan teman sekelas, dan pendidik dapat memberikan feedback dan memberikan instruksi yang jelas. Dalam pembelajaran, komunikasi efektif dapat membantu peserta didik untuk (Pattiweal, 2016): 1) Memahami materi pelajaran dengan lebih baik: Peserta didik dapat bertanya kepada pendidik dan teman sekelas tentang topik yang tidak dimengerti, sehingga dapat memperjelas konsep yang sulit; 2) Mengembangkan kemampuan berpikir kritis: Melalui diskusi kelompok dan debat, peserta didik dapat belajar untuk mengevaluasi ide-ide dan mengembangkan pandangan yang kritis; 3) Mengembangkan kemampuan sosial: Pembelajaran yang mengutamakan komunikasi akan membantu peserta didik untuk belajar bekerja sama dengan teman sekelas dan belajar untuk menghormati pandangan orang lain; 4) Meningkatkan kepercayaan diri: Peserta didik yang diberi kesempatan untuk berbicara di depan kelas akan belajar untuk mengatakan pendapat mereka dengan jelas dan percaya diri. Pendidik dapat meningkatkan komunikasi dalam pembelajaran dengan menyediakan situasi yang memungkinkan peserta didik untuk berbicara dan bekerja sama, dan dengan memberikan waktu dan dukungan yang cukup untuk peserta didik untuk berkomunikasi dengan teman sekelas. Pendidik juga dapat meningkatkan komunikasi dengan memberikan

instruksi yang jelas dan membuat materi pelajaran yang mudah dimengerti.

Tabel 2.11. Indikator Komunikasi.

No	Dimensi	Deskripsi
1.	Melakukan kontak mata (<i>Making eye contact</i>)	Melakukan kontak mata adalah tindakan menatap mata lawan bicara secara langsung selama berkomunikasi. Kontak mata yang baik menunjukkan perhatian, kepercayaan diri, dan ketulusan. Ini membantu membangun hubungan yang lebih kuat, memperjelas pesan yang disampaikan, dan menunjukkan bahwa seseorang benar-benar mendengarkan dan menghargai apa yang dikatakan oleh orang lain. Dalam komunikasi, kontak mata yang konsisten dan tepat sangat penting untuk menciptakan interaksi yang efektif dan bermakna.
2.	Menunjukkan antusiasme (<i>Showing enthusiasm</i>)	Menunjukkan antusiasme adalah cara menyampaikan energi positif dan minat yang tinggi terhadap suatu topik atau aktivitas. Ini bisa ditunjukkan melalui ekspresi wajah, intonasi suara, dan bahasa tubuh yang dinamis. Antusiasme yang tulus dapat menular, meningkatkan motivasi dan partisipasi orang lain. Dalam konteks kerja atau presentasi, menunjukkan antusiasme dapat membuat pesan lebih menarik dan meyakinkan, serta membantu membangun hubungan yang positif dengan audiens.
3.	Menggunakan gerak tubuh (<i>Using gestures</i>)	Menggunakan gerak tubuh adalah penggunaan tangan, lengan, dan ekspresi tubuh lainnya untuk mengekspresikan ide atau perasaan selama komunikasi. Gerak tubuh yang tepat dapat memperkuat pesan verbal, membantu menjelaskan konsep yang kompleks, dan menjaga perhatian audiens. Namun, gerak tubuh yang berlebihan atau tidak relevan bisa mengalihkan perhatian dan mengurangi efektivitas komunikasi. Oleh karena itu, penggunaan gerak tubuh yang bijaksana dan sesuai sangat penting untuk mendukung komunikasi yang jelas dan persuasif.
4.	Berbicara dengan suara keras (<i>Speaking loudly</i>)	Berbicara dengan suara keras adalah kemampuan mengatur volume suara agar dapat didengar dengan jelas oleh audiens. Suara yang keras dan jelas menunjukkan kepercayaan diri dan membantu memastikan bahwa pesan yang disampaikan dapat diterima dengan baik, terutama dalam lingkungan yang bising atau di depan kelompok besar. Penting untuk menyesuaikan volume suara agar tidak terlalu keras sehingga terdengar agresif, tetapi cukup untuk mencapai semua pendengar tanpa perlu mengulang informasi.
5.	Memilih kalimat yang sesuai (<i>Choosing suitable sentences</i>)	Memilih kalimat yang sesuai adalah kemampuan menyusun kata dan kalimat dengan cara yang tepat untuk konteks dan audiens tertentu. Ini melibatkan penggunaan bahasa yang jelas, tepat, dan mudah dipahami, serta pemilihan kata-kata yang sopan dan relevan dengan topik yang dibahas. Kalimat yang dipilih dengan baik dapat membuat komunikasi lebih efektif, meningkatkan pemahaman, dan menghindari kesalahpahaman. Penggunaan kalimat yang sesuai juga membantu dalam membangun hubungan yang baik dan menunjukkan profesionalisme dalam berkomunikasi.

8. Pembelajaran Berdiferensiasi

Pembelajaran berdiferensiasi adalah metode pembelajaran di mana dosen menyesuaikan metode, materi, dan evaluasi untuk memenuhi

kebutuhan belajar yang berbeda dari setiap peserta didik dalam kelas (Bohannon, 2016). Pembelajaran berdiferensiasi dilakukan dengan mengidentifikasi perbedaan individu dalam kelas dan memberikan pengalaman belajar yang sesuai dengan tingkat kemampuan, gaya belajar, minat, dan kebutuhan khusus peserta didik. Tujuan dari pembelajaran berdiferensiasi adalah untuk memastikan bahwa setiap peserta didik dapat mencapai potensi maksimalnya dalam belajar. Pada awalnya, pendekatan pembelajaran yang digunakan adalah pendekatan "*one size fits all*" di mana dosen menyajikan materi pelajaran dengan cara yang sama untuk semua peserta. Namun, para dosen mulai menyadari bahwa tidak semua peserta didik belajar dengan cara yang sama dan bahwa pendekatan ini tidak efektif untuk semua peserta. Pada tahun 1960-an, Howard Gardner mengembangkan teori *Multiple Intelligences* yang menyatakan bahwa seseorang memiliki beberapa jenis kecerdasan yang berbeda. Hal inilah yang menjadi dasar dari pendekatan pembelajaran berdiferensiasi.

Beberapa prinsip utama dari pembelajaran berdiferensiasi adalah dosen harus menganggap bahwa setiap peserta didik unik dan berbeda satu sama lain (Bohannon, 2016). Setiap peserta memiliki kemampuan, gaya belajar, minat, dan kebutuhan yang berbeda, sehingga perlu diakui dan dihargai dalam proses pembelajaran. Dosen harus menyesuaikan metode, materi, dan evaluasi untuk memenuhi kebutuhan belajar yang berbeda. Pembelajaran berdiferensiasi menempatkan peserta didik sebagai pembelajar aktif yang terlibat dalam pemecahan masalah, investigasi, dan eksplorasi. Tujuan pembelajaran harus jelas dan dapat dicapai oleh semua peserta, dengan tingkat yang sesuai dengan kemampuan mereka. Evaluasi harus sesuai dengan tujuan pembelajaran, mengukur kemajuan peserta didik, dan memberikan umpan balik yang bermanfaat.

Tabel 2.12. Komponen Pembelajaran Berdiferensiasi (Adaptasi dari Marlina, 2019).

Komponen	Deskripsi
Konten (Isi)	Diferensiasi konten berfokus pada penyesuaian materi yang diajarkan untuk memenuhi kebutuhan belajar dari setiap individu: (1) Menyediakan beberapa sumber belajar seperti buku teks, video, artikel, bahkan <i>podcast</i> yang sesuai dengan minat peserta didik; (2) Diferensiasi tingkat kesulitan dalam materi yang diajarkan, sehingga peserta didik dapat memilih tingkat yang sesuai dengan kemampuan mereka.

Komponen	Deskripsi
Proses	Diferensiasi proses berfokus pada penyesuaian metode yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan belajar yang berbeda dari setiap peserta didik: (1) Menyediakan beberapa jenis metode belajar yang berbeda, seperti pemecahan masalah, investigasi, atau eksplorasi, yang sesuai dengan gaya belajar peserta didik; (2) Menyediakan beberapa jenis bimbingan yang berbeda, seperti individu, kelompok, atau konseling, yang sesuai dengan kebutuhan; (3) Menyediakan beberapa jenis tugas dan proyek yang berbeda, seperti penelitian, presentasi, atau pembuatan produk, yang sesuai dengan minat peserta.
Produk	Diferensiasi produk berfokus pada penyesuaian evaluasi maupun hasil yang diperoleh setiap peserta didik: (1) Menyediakan beberapa jenis tugas dan proyek yang berbeda, seperti penelitian, presentasi, atau pembuatan produk, yang sesuai dengan minat peserta; (2) Menyediakan beberapa jenis evaluasi yang berbeda, seperti tes, proyek, atau presentasi, yang sesuai dengan kemampuan peserta; (3) Menyediakan beberapa jenis umpan balik yang berbeda, seperti verbal, tertulis, atau non-verbal, yang sesuai dengan kebutuhan; (4) Menyediakan beberapa level standar yang berbeda, sehingga peserta didik dapat mencapai tingkat yang sesuai dengan kemampuan mereka.
Lingkungan belajar	Diferensiasi lingkungan belajar berfokus pada penyesuaian lingkungan belajar untuk memenuhi kebutuhan belajar yang berbeda dari setiap peserta didik: (1) Menyediakan beberapa jenis ruang belajar, seperti ruang belajar tradisional, ruang belajar yang didesain untuk pembelajaran mandiri, atau ruang belajar yang didesain untuk pembelajaran kelompok, termasuk ruang belajar daring dan luring; (2) Menyediakan beberapa jenis peralatan belajar yang berbeda, seperti perangkat teknologi, perpustakaan, atau laboratorium; (3) Menciptakan lingkungan yang nyaman dan aman sehingga peserta didik dapat belajar dengan lebih baik.

D. Karakteristik Model Pembelajaran

Model pembelajaran merupakan kerangka konseptual yang digunakan sebagai pedoman dalam merencanakan dan melaksanakan pembelajaran yang dapat digunakan untuk membantu mahasiswa mendapatkan dan penguasaan informasi, ide, keterampilan, nilai, cara berpikir, dan makna dari ekspresi yang mereka miliki (Joyce & Weil, 2003). Model pembelajaran mengarahkan pendidik untuk mendesain pembelajaran dalam membantu peserta didik mencapai tujuan pembelajarannya. Bentuk operasional dari model pembelajaran adalah perangkat pembelajaran.

Model pembelajaran dikategorikan sebagai model pembelajaran yang berkualitas ketika memiliki 5 (lima) komponen utama, yang terdiri atas: 1) sintaks, 2) sistem sosial, 3) prinsip reaksi, 4) sistem pendukung, dan 5) dampak instruksional dan dampak pengiring (Joyce & Weil, 2003). Untuk mencapai tujuan pembelajaran, minimal harus memenuhi empat karakteristik dari model

pembelajaran yang dapat digunakan yaitu, 1) rasional teoritis yang logis dari perancangannya, 2) tujuan pembelajaran dari model yang dikembangkan, 3) tingkah laku mengajar yang diperlukan agar pembelajaran dapat terlaksana, dan 4) lingkungan belajar yang diperlukan untuk mencapai tujuan pembelajaran (Arends, 2012; Sunyono, 2020).

Pengembangan model pembelajaran yang baik harus memenuhi tiga aspek, yaitu validitas, kepraktisan dan keefektifan. Validitas model dapat diuji dengan melakukan uji validitas isi dan validitas konstruk. Kepraktisan menunjukkan bahwa model secara realistik dapat digunakan di mana model tersebut telah dirancang dan dikembangkan. Keefektifan merujuk pada penggunaan model tersebut menghasilkan dampak yang diinginkan. Mengacu pada penjelasan di atas, model pembelajaran yang akan dikembangkan dalam penelitian ini mengacu pada pola yang digunakan sebagai pedoman dalam merancang dan melaksanakan pembelajaran yang memenuhi unsur kevalidan, kepraktisan dan keefektifan.

Model pembelajaran kolaboratif dalam kerangka pedagogi kritis diambil dari dua kata utama, kolaboratif dan kritis. Kolaboratif menekankan pada kerja sama dan partisipasi aktif dari peserta didik dalam proses pembelajaran, sementara kritis menekankan pada kemampuan peserta didik untuk mengevaluasi dan menganalisis informasi yang diterima. Sebagaimana yang telah dijabarkan di kajian teori, kata “kritis” diadopsi dari pedagogi kritis (*critical pedagogy*), sementara kata “kolaborasi” diambil dari teori *Online Collaborative Learning* (OCL).

Model pembelajaran yang akan dikembangkan berfokus untuk menciptakan ekosistem pembelajaran yang memungkinkan individu atau kelompok dapat saling berdiskusi, bertukar ide dan informasi, serta berkolaborasi menciptakan solusi yang tepat dalam menyelesaikan permasalahan yang dihadapi saat ini maupun di masa depan dengan cara-cara kritis (Giroux, 2020; Harasim, 2017). Sebagaimana tujuan yang diharapkan dalam penelitian ini, model ini diharapkan dapat membangun keterampilan abad 21 calon guru IPA, sebagaimana tujuan utama dari penelitian ini. Oleh karena itu, karakteristik dari pembelajaran yang dikembangkan yaitu membangun

ekosistem kolaboratif dalam kerangka pedagogi kritis. Adapun sintaks yang akan dikembangkan lahir dari dua kerangka teori utama, pedagogi kritis dan *Online Collaborative Learning* (OCL).

E. Penelitian Relevan

Beberapa penelitian menunjukkan keterampilan abad 21 calon guru dalam kondisi yang memprihatinkan, diantaranya rendahnya tingkat literasi digital (Pratama dkk., 2019), rendahnya keterampilan komunikasi dan tingginya individualisme pada calon guru sehingga menimbulkan permasalahan yang kompleks (Khoirunnisa & Habibah, 2020), belum ada upaya pemerataan keterampilan 4C di daerah tertinggal (Khoiri dkk., 2021), serta belum tercapainya penguasaan ICT (Orús dkk., 2020). Beberapa upaya pembelajaran telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut diantaranya membangun pembelajaran yang berbasis masalah atau proyek dan melibatkan penggunaan teknologi (A. A. Rahman dkk., 2015; Sudargo & Asiah, 2010; Wahono dkk., 2020), serta menciptakan proses belajar yang membangun keterampilan 4C (Astuti dkk., 2019; Selman, 2020; Suharto dkk., 2020).

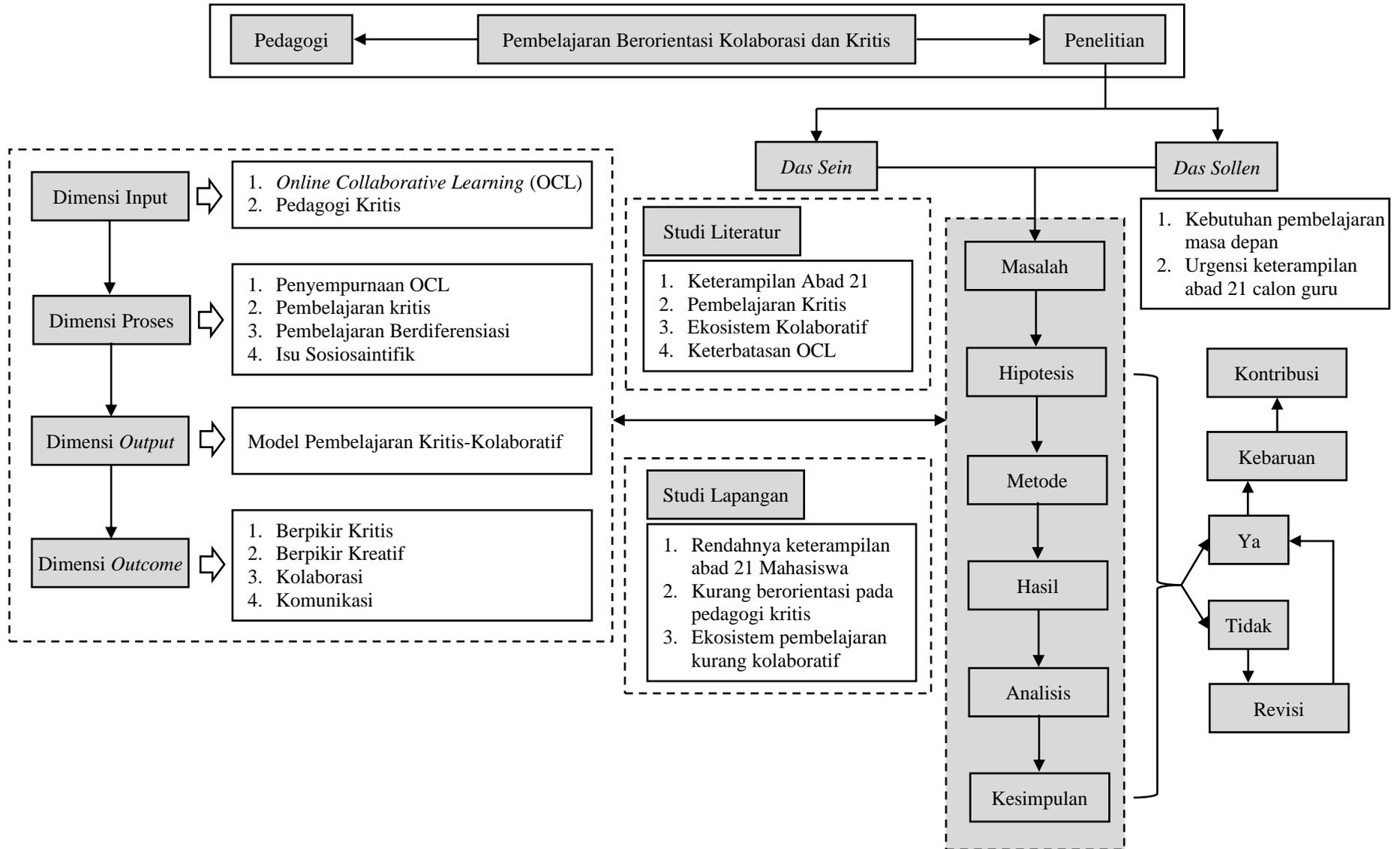
Selanjutnya, beberapa penelitian terkait dengan penerapan pedagogi kritis diantaranya diterapkan pada calon guru olahraga dan kesehatan (Alfrey & O'Connor, 2020; Philpot, 2015; Shelley, 2018) dan mahasiswa ilmu-ilmu sosial, seni dan bahasa (Sardabi et al., 2018; Teo, 2019). Pedagogi kritis juga mengalami perkembangan strategi yang semakin variatif, diantaranya literasi kritis (Cho, 2020), dialog kritis dan konstruktif (Boone dkk., 2019; Bryant dkk., 2015), pengalaman kerja sosial (Archer-Kuhn dkk., 2020; Boone dkk., 2019), *problem posing* (Nelson & Chen, 2022), *critical making* (Hughes dkk., 2019), *inquiry-based learning* (Archer-Kuhn dkk., 2020; Sacramento, 2019), pembelajaran kolaboratif (Brooks dkk., 2022), hingga ekopedagogi (Misiaszek, 2020; Norat dkk., 2016).

Beberapa penelitian yang berkaitan dengan pengembangan model pembelajaran yang telah dilakukan diantaranya *Project Based Learning Online* yang dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif (Sulaiman, 2011), *Investigation Based Scientific Colaborative (IBSC)* yang dapat meningkatkan kemampuan kolaborasi dan komunikasi (Suharti, 2019), serta

Dialogue Reflective-Oriented Problem Based Learning (DROPBL) yang mampu melatih pemecahan masalah dan berpikir kritis (Nurjannah, 2020). Akan tetapi, peneliti belum menemukan adanya riset terkait dengan pengembangan model yang menerapkan pedagogi kritis terutama dalam ekosistem kolaboratif. Oleh karena itu, penelitian dan pengembangan tentang model pembelajaran kolaboratif dalam kerangka pedagogi kritis ini sangat penting untuk dilakukan agar dapat mengisi dan menyempurnakan riset-riset terdahulu, terutama dalam membangun keterampilan abad 21 calon guru dan menggunakannya untuk menyelesaikan isu sosiosaintifik. Karena untuk mewujudkan pendidikan yang mampu menjawab tantangan masa depan diperlukan pembelajaran yang transformatif dan inovatif (Murtadho, 2020), menumbuhkan kesadaran kritis (Loshkareva, E., Luksha, P., Ninenko, I., Smagin, D., & Sudakov, 2021), serta diupayakan dalam ekosistem yang kolaboratif (Harasim, 2017; Spencer-Keyse dkk., 2020).

F. Kerangka Pikir Penelitian

Berdasarkan kajian teori dan literatur serta analisis kebutuhan, maka penelitian dan pengembangan model pembelajaran sebagai upaya untuk menyelesaikan problematika yang telah diuraikan menjadi penting untuk dilakukan. Kerangka pikir penelitian tersaji dalam Gambar 2.6.

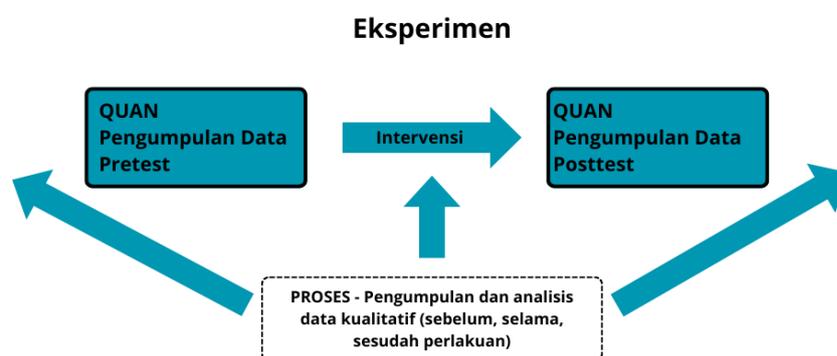


Gambar 2.6. Kerangka Pikir Penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

A. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menghasilkan model pembelajaran yang valid, praktis, dan efektif. Untuk mencapai tujuan ini, metode penelitian campuran (*mixed methods*) dengan *embedded design* digunakan sebagai pendekatan yang komprehensif (Creswell & Creswell, 2023). Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih mendalam dan menyeluruh mengenai kevalidan, kepraktisan dan keefektifan model pembelajaran yang dikembangkan (Creswell & Clark, 2007; Edmonds & Kennedy, 2017). Dalam konteks ini, Model Pembelajaran Kritis-Kolaboratif diharapkan mampu menjadi solusi yang inovatif dalam membangun keterampilan abad 21 bagi calon guru, khususnya dalam menghadapi isu-isu sosiosaintifik.

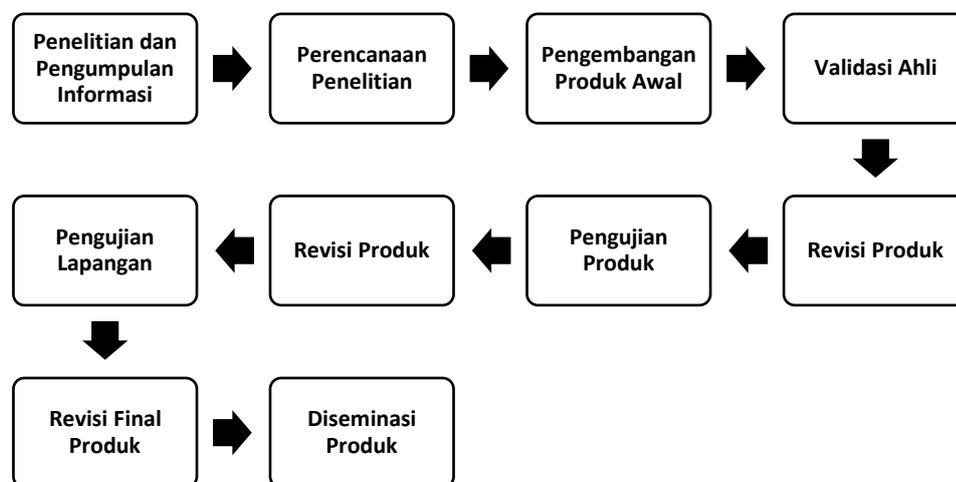


Gambar 3.1. Pendekatan Penelitian *Embedded Design*

B. Desain Penelitian

Pengembangan model pembelajaran menggunakan desain *Research and Development* (R&D) (Borg dan Gall, 2003). Menurut Borg and Gall (2003),

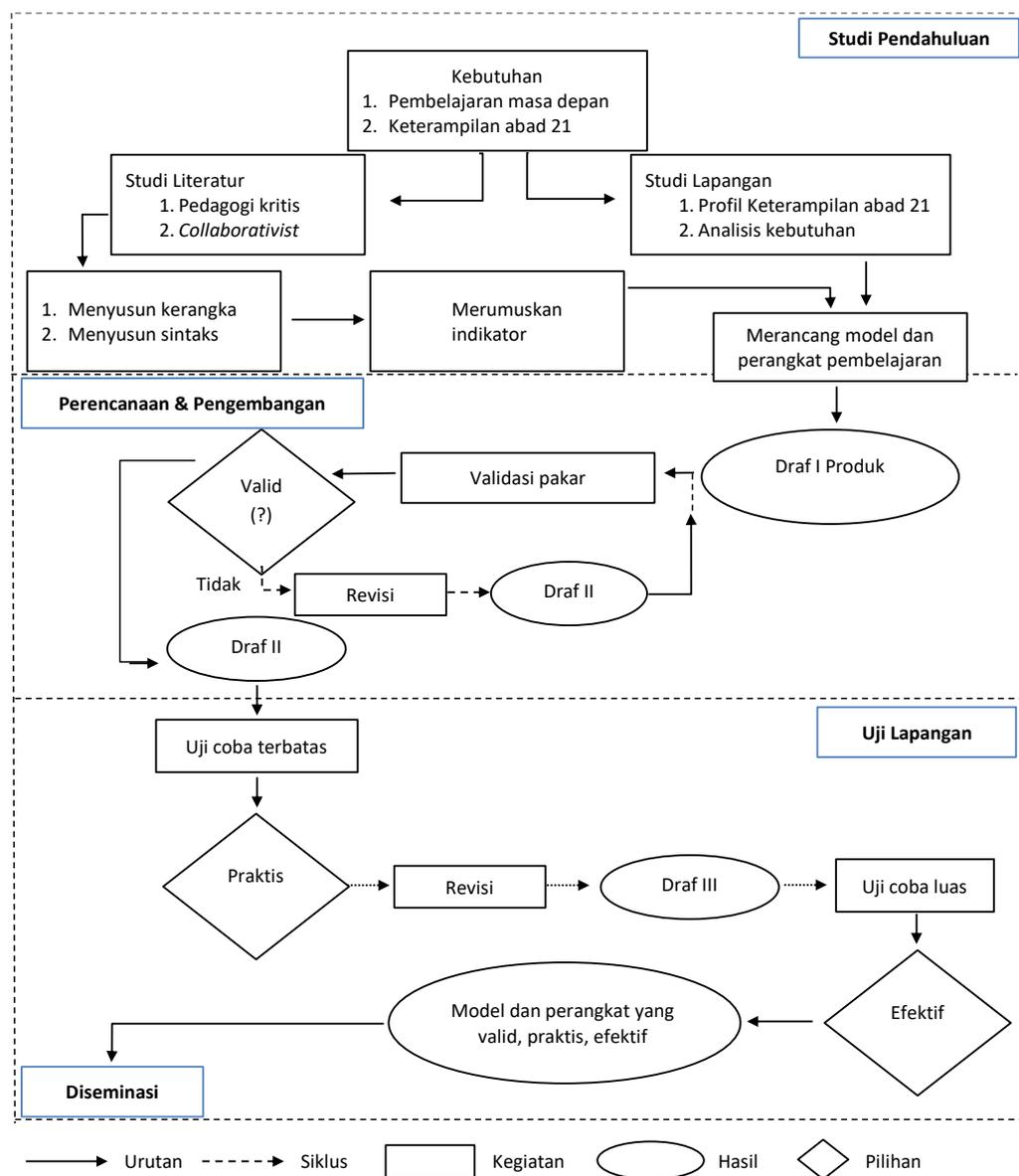
terdapat 10 (sepuluh) tahapan pengembangan, yang terdiri dari (1) penelitian dan pengumpulan informasi, (2) perencanaan penelitian, (3) pengembangan produk awal, (4) validasi ahli, (5) revisi produk, (6) pengujian produk, (7) revisi produk, (8) pengujian lapangan, (9) revisi final produk, dan (10) diseminasi.



Gambar 3.2. Penelitian dan Pengembangan Model Borg & Gall

Tahapan pertama dimulai dari penelitian dan pengumpulan informasi, yang melibatkan studi literatur dan analisis kebutuhan untuk memahami konteks dan kebutuhan yang mendasari pengembangan produk. Tahapan kedua adalah perencanaan penelitian, di mana peneliti merumuskan tujuan, menetapkan desain penelitian, dan mengembangkan rencana kerja yang rinci. Pada tahapan ketiga, pengembangan produk awal dilakukan dengan menciptakan prototipe berdasarkan informasi dan perencanaan yang telah dikumpulkan. Selanjutnya, pada tahapan keempat, dilakukan validasi awal yang melibatkan evaluasi produk oleh ahli atau pengguna potensial untuk mendapatkan umpan balik dan mengidentifikasi kelemahan produk. Berdasarkan umpan balik ini, revisi produk dilakukan pada tahapan kelima untuk memperbaiki dan menyempurnakan prototipe awal. Pengujian produk, yang merupakan tahapan keenam, melibatkan uji coba produk dalam skala kecil untuk menilai fungsionalitas dan efektivitasnya. Hasil dari pengujian ini digunakan untuk melakukan revisi produk lebih lanjut pada tahapan ketujuh. Tahapan kedelapan adalah pengujian lapangan, di mana produk diuji dalam konteks yang lebih luas atau dalam situasi nyata untuk mengukur keberhasilannya dalam kondisi penggunaan yang

sesungguhnya. Berdasarkan hasil pengujian lapangan, revisi final produk dilakukan pada tahapan kesembilan untuk memastikan bahwa produk sudah optimal dan siap untuk diseminasi. Tahapan terakhir, yaitu diseminasi, melibatkan penyebaran produk kepada pengguna yang lebih luas melalui publikasi, pelatihan, dan distribusi, sehingga produk dapat digunakan secara efektif oleh target audiens yang lebih besar. Berdasarkan kebutuhan penelitian, sepuluh tahapan kemudian disusun dalam empat fase utama, yaitu studi pendahuluan, perencanaan dan pengembangan, uji lapangan, serta diseminasi (Sunnyono, 2014). Gambar 3.2 menunjukkan alur penelitian secara lebih rinci.



Gambar 3.3. Alur Penelitian (Adaptasi Sunnyono, 2014)

C. Waktu, Tempat dan Subyek Penelitian

1. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 2 tahun 2 bulan, mulai dari bulan Mei 2022 hingga Juni 2024. Tahap studi pendahuluan dimulai dari bulan Mei hingga Desember 2022. Selanjutnya tahap penyusunan dan pengembangan model pembelajaran CCLM, buku model, perangkat pembelajaran dan instrumen berlangsung selama 7 bulan, mulai dari Januari hingga Juli 2023. Tahap selanjutnya adalah proses validasi dan ujicoba instrumen yang berlangsung selama kurang lebih lima bulan, yaitu bulan Agustus hingga Desember 2023. Terakhir, adalah tahap implementasi yang dilaksanakan pada periode perkuliahan genap, yaitu Februari hingga Juni 2024.

2. Tempat Penelitian

Tempat penelitian dilakukan di tiga program studi pada dua perguruan tinggi yang berbeda, yaitu Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Islam Negeri (UIN) Raden Intan Lampung, Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Lampung, dan Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Islam Negeri (UIN) Raden Intan Lampung. Keterjangkauan, jumlah subyek yang mencukupi, serta relevansi dengan topik penelitian menjadi pertimbangan utama ketiga program studi ini dipilih sebagai tempat penelitian.

3. Subyek Penelitian

Subyek penelitian melibatkan mahasiswa yang mengambil mata kuliah yang mengandung tema atau isu sosiosaintifik, yaitu Fisika Lingkungan, Biodiversitas, dan Pencemaran Lingkungan. Berdasarkan Tabel 3.1, total 121 mahasiswa calon guru yang dilibatkan dalam penelitian ini. Sebanyak 3 kelas menjadi kelas eksperimen dengan total 94 mahasiswa dan satu kelas sebagai kelas kontrol dengan 27 orang mahasiswa. Mahasiswa yang dipilih dalam penelitian ini adalah mahasiswa semester VI (enam) dimana mereka sudah menempuh teori lebih dari 100 SKS di program studi mereka masing-masing. Mahasiswa Pendidikan Fisika dan Biologi dipilih sebagai sampel untuk memberikan gambaran implementasi model CCLM pada isu sosiosaintifik.

Tabel 3.1. Distribusi Subyek Penelitian.

Program Studi	Mata Kuliah	Dosen Pengampu	Semester/ Kelas	Jumlah Mahasiswa		Total	
				Perempuan	Laki-Laki		
Kelas Eksperimen							
Pendidikan UIN Raden Lampung	Fisika Intan	Fisika Lingkungan	Mukarramah Mustari, M.Pd	VI	21	5	26
Pendidikan Universitas Lampung	Biologi	Biodiversitas	Nadya Meriza, M.Pd	VI/B	35	3	38
Pendidikan UIN Raden Lampung	Biologi Intan	Pencemaran Lingkungan	Suci Wulan Pawhestri, M.Si	VI/B	28	2	30
Kelas Kontrol							
Pendidikan UIN Raden Lampung	Biologi Intan	Pencemaran Lingkungan	Laila Puspita, M.Pd	VI/D	24	3	27
Total					108	13	121

D. Prosedur Penelitian

1. Studi Pendahuluan

Tujuan tahap ini adalah untuk mengidentifikasi dan menganalisis permasalahan berdasarkan hasil kajian literatur maupun studi lapangan terkait dengan tuntutan guru masa depan, ekosistem pembelajaran, hingga profil keterampilan abad 21 calon guru di Indonesia.

a. Studi Literatur

Studi literatur adalah langkah penting dalam penelitian yang bertujuan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis penelitian yang sudah ada terkait dengan topik tertentu (Sugiyono, 2017). Langkah pertama dalam studi literatur adalah menentukan topik penelitian dan ruang lingkup studi literatur. Peneliti merumuskan pertanyaan penelitian yang jelas dan spesifik serta menentukan batasan-batasan topik yang akan ditinjau. Selanjutnya dilakukan identifikasi sumber-sumber informasi yang relevan, seperti buku, jurnal, artikel, laporan, dan sumber-sumber digital lainnya.

Pencarian literatur biasanya dilakukan melalui database akademik seperti Google Scholar, PubMed, Scopus, dan lain-lain. Kata kunci yang relevan digunakan untuk menemukan literatur yang sesuai dengan topik penelitian. Setelah mengumpulkan literatur yang relevan, peneliti

mengevaluasi dan memilih studi-studi yang paling relevan dengan topik penelitian. Kriteria inklusi dan eksklusi ditetapkan untuk menyaring literatur yang tidak relevan atau tidak memenuhi standar kualitas tertentu. Peneliti membaca dan menganalisis literatur yang dipilih dengan cermat. Proses ini melibatkan pencatatan informasi penting seperti tujuan penelitian, metodologi, temuan, dan kesimpulan dari setiap studi. Peneliti juga mengidentifikasi tema-tema utama, tren, dan kesenjangan dalam penelitian yang ada.

Selanjutnya, peneliti mensintesis informasi yang telah dikumpulkan dan dianalisis. Ini melibatkan pengorganisasian temuan dari berbagai studi ke dalam tema atau kategori yang relevan. Peneliti juga membandingkan dan mengontraskan temuan dari studi yang berbeda untuk mengidentifikasi pola, hubungan, dan perbedaan. Setelah melakukan sintesis dan analisis, peneliti menyusun review literatur yang terstruktur. Review literatur biasanya mencakup pendahuluan yang menjelaskan topik dan tujuan studi, tinjauan literatur yang menguraikan temuan-temuan utama, dan diskusi yang mengevaluasi temuan serta mengidentifikasi kesenjangan penelitian dan rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut.

b. Studi Lapangan

Studi lapangan adalah metode penelitian yang melibatkan pengumpulan data langsung dari lokasi atau subjek yang diteliti untuk mendapatkan pemahaman yang mendalam tentang fenomena tertentu (Sugiyono, 2017). Prosedurnya dimulai dengan perencanaan yang matang, di mana peneliti merumuskan tujuan penelitian, mengembangkan pertanyaan penelitian, dan menentukan metode pengumpulan data yang sesuai seperti observasi, wawancara, atau survei (Arikunto, 2021). Selanjutnya, peneliti memilih lokasi dan subjek penelitian dengan menetapkan kriteria inklusi dan eksklusi. Setelah itu, peneliti melakukan pengumpulan data di lapangan dengan mengikuti prosedur yang telah ditetapkan, memastikan untuk mencatat data secara rinci dan sistematis. Analisis data dilakukan segera setelah pengumpulan untuk mengidentifikasi pola dan hubungan yang relevan.

2. Tahap Perencanaan dan Pengembangan Produk

a. Penyusunan Draf Produk

Berdasarkan kajian literatur dan temuan hasil studi lapangan, peneliti kemudian melakukan identifikasi karakteristik produk yang akan dikembangkan. Peneliti merancang bentuk awal produk berupa draf produk Model Pembelajaran Kritis-Kolaboratif yang dikembangkan berdasarkan teori-teori belajar yang mendukung. Selain model pembelajaran, peneliti juga mengembangkan perangkat pendukung model, seperti Rencana Pembelajaran Semester (RPS) dan Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) sebagai bentuk operasional untuk mendukung implementasi model. Selain itu, peneliti juga menyusun instrumen untuk mengukur validitas model, instrumen untuk mengukur kepraktisan model, serta instrumen untuk mengukur keefektifan model pembelajaran yang dikembangkan.

b. Validasi Produk

Seluruh produk yang dirancang selanjutnya divalidasi oleh para ahli. Validasi produk difokuskan pada validasi isi dan validasi konstruk untuk mengukur kualitas produk model pembelajaran yang dikembangkan. Pengembangan produk mengacu pada karakteristik maupun indikator dari masing-masing variabel atau aspek yang dikembangkan. Adapun produk yang divalidasi yaitu 1) buku model pembelajaran, 2) rencana pengajaran semester (RPS), 3) lembar kerja mahasiswa (LKM), 4) instrumen tes berpikir kritis, 5) instrumen tes berpikir kreatif, 6) instrumen kemampuan kolaborasi, 7) instrumen kemampuan komunikasi, 8) lembar keterlaksanaan model, 9) lembar observasi dan catatan lapangan, 10) lembar kemajuan belajar, dan 11) kuisioner respon terhadap implementasi model pembelajaran CCLM. Dalam penelitian ini, ada sepuluh validator ahli yang dilibatkan dalam proses validasi. Lima validator untuk menilai produk model pembelajaran, dan lima validator lainnya untuk instrumen penelitian.

Tabel 3.2. Daftar Validator Model Pembelajaran CCLM.

No	Nama	Instansi	Bidang Keahlian
1	Prof. Dr. Sarwanto, M.Si	Universitas Sebelas Maret	Pembelajaran IPA
2	Prof. Dr. Yuberti, M.Pd	Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung	Teknologi Pembelajaran
3	Prof. Dr. Agus Pahrudin, M.Pd	Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung	Pengembangan Kurikulum
4	Dr. Achmad Samsudin, M.Pd	Universitas Pendidikan Indonesia	Pengembangan Pembelajaran Fisika
5	Soeharto, Ph.D	Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)	Riset dan Asesmen Pendidikan IPA

Tabel 3.3. Daftar Validator Instrumen Penelitian.

No	Nama	Instansi	Bidang Keahlian
1	Dr. Muhammad Nur Hudha, M.Pd	Universitas Sebelas Maret	Pengembangan Instrumen
2	Dr. Viyanti, M.Pd	Universitas Lampung	Pendidikan Fisika
3	R Ahmad Zaky El Islami, Ph.D	Universitas Sultan Ageng Tirtayasa	Pendidikan IPA/STEM
4	Nukhbatul Bidayati Haka M.Pd	Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung	Pendidikan Biologi
5	Suci Wulan Pawhestri, M.Si	Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung	Biologi Lingkungan dan Tim Pengembangan Kampus Berkelanjutan dan Berwawasan Lingkungan (TPKBBL)

3. Tahap Pengujian

a. Uji Coba Terbatas

Uji coba terbatas difokuskan untuk menguji substansi isi, fleksibilitas serta kepraktisan produk model pembelajaran CCLM saat diimplementasikan di kelas. Uji coba ini melibatkan 15 orang mahasiswa calon guru dan 3 Dosen Pengampu Mata Kuliah dalam bentuk Forum Grup Diskusi (FGD). Uji coba terbatas menggunakan pengumpulan data kualitatif dan kuantitatif. Data selanjutnya dianalisis secara deskriptif kualitatif untuk menilai kepraktisan model pembelajaran CCLM saat diterapkan. Selanjutnya, model pembelajaran CCLM dipersiapkan untuk dilakukan pengujian yang lebih luas.

b. Uji Coba Luas

Uji coba luas mempunyai dua tujuan, yaitu untuk membangun keterampilan abad 21 calon guru IPA dan menyimpulkan apakah model

pembelajaran CCLM yang dikembangkan lebih efektif dalam membangun keterampilan abad 21 calon guru IPA dibandingkan dengan model pembelajaran konvensional. Desain yang digunakan dalam uji coba luas yaitu desain *non-equivalent control group design* yang digambarkan sebagai berikut (Fraenkel dkk, 2012; Sugiyono, 2017).

Eksperimen 1	O1	X	O2
Eksperimen 2	O1	X	O2
Eksperimen 3	O1	X	O2
Kontrol	O1	C	O2

Gambar 3.4. Desain Penelitian untuk Uji Coba Luas

Keterangan:

- O1 = tes awal (*pretest*) untuk kelas eksperimen dan kontrol
- X = Kelompok eksperimen diberikan perlakuan model pembelajaran CCLM
- O2 = Test akhir (*posttest*) untuk kelas eksperimen dan kontrol
- C = Kelompok kontrol diberikan pembelajaran konvensional

Uji coba luas dilakukan menggunakan empat kelas, tiga kelas eksperimen diberikan perlakuan berupa Model Pembelajaran CCLM yang telah dikembangkan. Sementara itu, ada satu kelas kontrol menggunakan pembelajaran yang biasa digunakan di Rencana Program Semester (RPS) yang ada. Kelas eksperimen 1 (Eksp. 1) berasal dari Program Studi (Prodi) Pendidikan Biologi Universitas Lampung, Eksperimen 2 (Eksp. 2) dari Prodi Pendidikan Fisika UIN Raden Intan Lampung, Eksperimen 3 (Eksp. 3) dari Pendidikan Biologi UIN Raden Intan Lampung. Adapun kelas kontrol berasal dari Prodi Pendidikan Biologi UIN Raden Intan Lampung. Nilai tes awal (*pretest*), tes akhir (*posttest*) dari keterampilan berpikir kritis dan kreatif serta kemampuan kolaborasi dan komunikasi selama proses pembelajaran dihitung dan dianalisis untuk melihat efektifitas model pembelajaran berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan. Sementara itu, untuk melihat kepraktisan dari model pembelajaran dapat dilihat dari keterlaksanaan model pembelajaran dan respon dari mahasiswa calon guru terhadap penerapan model pembelajaran CCLM.

4. Diseminasi Produk

Model pembelajaran CCLM yang final diperoleh setelah melewati tahap revisi berdasarkan hasil uji coba luas yang telah dilakukan. Model pembelajaran ini melewati serangkaian proses validasi, ujicoba, hingga revisi berkali-kali sampai didapatkan hasil yang terbukti valid, praktis dan efektif dalam membangun keterampilan abad 21 calon guru IPA. Selanjutnya, model pembelajaran CCLM dapat langsung digunakan atau didiseminasikan sebagai alternatif pembelajaran untuk membangun keterampilan abad 21 calon guru IPA. Tahap diseminasi dilakukan dengan proses seminar dan publikasi ilmiah.

E. Teknik Pengumpulan Data

1. Data Analisis Kebutuhan

Pada tahap studi pendahuluan dilakukan studi literatur dan studi lapangan. Pada studi literatur dilakukan teknik pengumpulan data literatur melalui perangkat lunak Publish or Perish (PoP) untuk mengumpulkan jurnal ilmiah yang berhubungan dengan tema penelitian. Setelah *database* terkumpul selanjutnya dilakukan penelusuran satu persatu artikel yang relevan dan memenuhi syarat untuk dianalisis. Studi bibliometrik dan *systematic literature review* (SLR) digunakan untuk memilih 100 artikel yang akan dianalisis. 100 artikel kemudian ditelaah satu persatu dan dipetakan melalui Vosviewer untuk melihat keterhubungan dan kebaruan.

Studi lapangan dilakukan untuk mengetahui kebutuhan calon guru terhadap pembelajaran. Peneliti menyebarkan survei secara daring melalui jejaring grup WhatsApp dan bantuan aplikasi Google Form terkait dengan tantangan dan kebutuhan pembelajaran di masa depan. Periode pengisian dimulai dari bulan Mei hingga Agustus 2022 dengan sasaran responden mahasiswa calon guru di jurusan IPA (Fisika, Biologi, dan Kimia) di Indonesia. Selama periode pengisian tersebut, diperoleh 884 mahasiswa calon guru yang mengisi survey yang berasal dari 16 Perguruan Tinggi di Indonesia, baik negeri dan swasta.

2. Data Validitas Produk

Data validitas produk model pembelajaran Kritis-Kolaboratif pada tahap uji coba produk awal diperoleh melalui uji validasi isi dan konstruk. Sepuluh orang validator ahli dipilih untuk memberikan penilaian terhadap kelayakan produk model, perangkat, dan instrumen yang dikembangkan. Validasi model pembelajaran dikembangkan peneliti dengan mengacu pada karakteristik komponen model pembelajaran meliputi aspek 1) teori pendukung, 2) sintaks, 3) sistem sosial, 4) prinsip reaksi 5) sistem pendukung, serta 6) dampak instruksional dan dampak pengiring. Selain memvalidasi model, validator juga memvalidasi perangkat pembelajaran yang terdiri dari Rancangan Program Semester (RPS) dan Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) yang dikembangkan berdasarkan model pembelajaran CCLM. Skala pemeringkatan Likert digunakan dalam penilaian ini. Setiap validator memberikan respon dari setiap pernyataan yang diberikan dengan pilihan lima skala sikap, yaitu sangat tidak setuju, tidak setuju, netral, setuju, hingga sangat setuju.

3. Data Kepraktisan Produk

Data kepraktisan model pembelajaran Kritis-Kolaboratif dalam penelitian ini diperoleh dari data keterlaksanaan model dan respon calon guru dan dosen mitra terhadap pembelajaran. Data kepraktisan model diambil saat diterapkan uji coba terbatas. Instrumen keterlaksanaan model berbentuk lembar observasi yang diisi oleh mahasiswa calon guru dan dosen mitra yang ditunjuk untuk mengamati setiap tahapan pembelajaran dari model yang dikembangkan. Instrumen respon calon guru berbentuk kuisioner dengan menggunakan skala pemeringkatan Likert dan diberikan setelah pembelajaran. Setiap responden memberikan respon dari setiap pernyataan dengan pilihan lima skala sikap, yaitu sangat tidak setuju, tidak setuju, netral, setuju, hingga sangat setuju terhadap setiap langkah pembelajaran yang telah dilaksanakan.

4. Data Keefektifan Produk

Data keefektifan produk digunakan untuk mengetahui penerapan model pembelajaran CCLM terhadap keterampilan abad 21 calon guru IPA. Keefektifan model pembelajaran Kritis-Kolaboratif dalam penelitian ini dilihat dari aktivitas kolaborasi dan komunikasi serta tes kemampuan berpikir kritis dan kreatif. Data keterampilan kolaborasi dan komunikasi diperoleh dari lembar observasi yang diperoleh dari pengamatan selama proses pembelajaran. Sedangkan data kemampuan berpikir kritis dan kreatif diperoleh dari tes yang terdiri atas tes awal (*pretest*) dan tes akhir (*posttest*). Tes awal dilakukan sebelum pembelajaran dimulai, sedangkan tes akhir dilakukan setelah diterapkannya model pembelajaran Kritis-Kreatif untuk kelas eksperimen dan model pembelajaran konvensional untuk kelas kontrol. Bentuk tes esai digunakan baik untuk tes kemampuan berpikir kritis maupun kreatif. Masing-masing tes terdiri dari 6 pertanyaan yang diturunkan berdasarkan indikator masing-masing keterampilan. Tes dilakukan saat uji coba luas, pada kelas eksperimen dan kontrol.

Tabel 3.4. Relasi Antara Data, Teknik Pengumpulan dan Instrumen.

No	Data Penelitian	Teknik Pengumpulan Data	Instrumen Penelitian
1	Validitasi buku model dan perangkat pembelajaran	Angket	Lembar Validasi
2	Data hasil observasi implementasi model pembelajaran	Observasi	Lembar Keterlaksanaan Model
3	Catatan atau komentar Validator dan Dosen Mitra	Observasi dan Telaah Dokumen	Lembar Observasi dan Catatan Lapangan
4	Catatan Lapangan Peneliti	Observasi	Lembar Observasi dan Catatan Lapangan
5	Dokumen (RPS, Materi dan LKM)	Telaah Dokumen	Lembar Analisis Dokumen
6	Dokumentasi Digital (tangkap layar diskusi daring, postingan karya)	Dokumentasi	Lembar Observasi dan Catatan Lapangan
7	Skor Tes Berpikir Kritis	Tes	Instrumen Kemampuan Berpikir Kritis
8	Skor Tes Berpikir Kreatif	Tes	Instrumen Kemampuan Berpikir Kreatif
9	Skor Kemampuan Kolaborasi	Kuisisioner	Instrumen Kemampuan Kolaborasi
10	Skor Kemampuan Komunikasi	Kuisisioner	Instrumen Kemampuan Komunikasi
11	Transkrip Wawancara	Wawancara Mendalam	Lembar Wawancara

No	Data Penelitian	Teknik Pengumpulan Data	Instrumen Penelitian
12	Respon Penerapan Pembelajaran CCLM	Angket	Lembar Kuisisioner Respon

F. Teknik Analisis Data

Aktivitas analisis data dalam penelitian dan pengembangan ini dijelaskan dalam tiga tahap, yaitu tahap studi pendahuluan, tahap pengembangan, dan tahap uji coba lapangan.

1. Tahap Studi Pendahuluan

Pada tahap studi pendahuluan data diperoleh dari hasil studi literatur dan studi lapangan. Pada studi literatur data berupa *database* artikel jurnal yang kemudian dipelajari, dipetakan dan dianalisis secara dideskripsikan secara kuantitatif. Selanjutnya, data lapangan yang diperoleh berupa persentase profil dan kebutuhan responden terhadap pembelajaran alternatif dan keterampilan abad 21. Data tersebut kemudian dianalisis dan diinterpretasikan secara kuantitatif. Oleh karena itu, pada tahap studi pendahuluan analisis yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif.

2. Tahap Pengembangan

a. Validitas dan Reliabilitas Buku Model

Buku model yang sudah dikembangkan selanjutnya divalidasi menggunakan lembar validasi isi dan konstruk model dan perangkat pembelajaran. Data yang diperoleh dari lembar validasi yang telah diisi oleh validator kemudian dianalisis dengan tahapan (1) klasifikasi data, (2) tabulasi, (3) memberikan skor berdasarkan skala Likert (Tabel 3.5.), (4) mengolah jumlah skor validasi, dan (5) menghitung validitas produk.

$$\text{Persentase Validasi (V)} = \frac{\text{Jumlah Skor Respon}}{\text{Jumlah Skor Maksimal}} \times 100 \%$$

Tabel 3.5. Kriteria Kualitas Produk (Adaptasi Arikunto, 2009).

Skor	Kriteria
5	Sangat Baik
4	Baik
3	Cukup Baik
2	Kurang Baik
1	Tidak Baik

Tabel 3.6. Kriteria Validitas Produk (Adaptasi Arikunto, 2009).

Skor	Kriteria
$80 < V \leq 100$	Sangat Valid
$60 < V \leq 80$	Valid
$40 < V \leq 60$	Cukup Valid
$20 < V \leq 40$	Kurang Valid
$0 \leq V \leq 20$	Sangat Kurang Valid

b. Validitas dan Reliabilitas Instrumen

Perangkat instrumen yang telah dikembangkan divalidasi oleh 5 orang ahli. Terdapat delapan perangkat instrumen yang divalidasi, terdiri dari 4 instrumen tes dan 4 instrumen non tes. Khusus instrumen tes, selain dilakukan validasi terhadap isi juga dilakukan ujicoba instrumen terlebih dahulu sebelum diimplementasikan dalam pembelajaran. Berikut hasil validitas isi dari perangkat instrumen penelitian.

Tabel 3.7. Hasil Validasi Perangkat Instrumen Penelitian.

No	Perangkat	Kriteria	Butir	Σs	V	Kategori
1	Lembar Observasi dan Catatan Lapangan	Kejelasan	1	17	0,85	Sangat Tinggi
		Kemudahan	2	17	0,85	Sangat Tinggi
		Kelengkapan	3	18	0,90	Sangat Tinggi
		Akurasi	4	16	0,80	Tinggi
		Fleksibilitas	5	18	0,90	Sangat Tinggi
2	Instrumen Berpikir Kritis	Kejelasan	1	15	0,75	Tinggi
		Kemudahan	2	17	0,85	Sangat Tinggi
		Kelengkapan	3	17	0,85	Sangat Tinggi
		Akurasi	4	15	0,75	Tinggi
		Fleksibilitas	5	17	0,85	Sangat Tinggi
3	Instrumen Berpikir Kreatif	Kejelasan	1	18	0,90	Sangat Tinggi
		Kemudahan	2	17	0,85	Sangat Tinggi
		Kelengkapan	3	18	0,90	Sangat Tinggi
		Akurasi	4	15	0,75	Tinggi
		Fleksibilitas	5	19	0,95	Sangat Tinggi
4	Instrumen Kolaborasi	Kejelasan	1	17	0,85	Sangat Tinggi
		Kemudahan	2	17	0,85	Sangat Tinggi
		Kelengkapan	3	18	0,90	Sangat Tinggi
		Akurasi	4	17	0,85	Sangat Tinggi
		Fleksibilitas	5	18	0,90	Sangat Tinggi
5	Instrumen Komunikasi	Kejelasan	1	19	0,95	Sangat Tinggi
		Kemudahan	2	18	0,90	Sangat Tinggi
		Kelengkapan	3	17	0,85	Sangat Tinggi
		Akurasi	4	18	0,90	Sangat Tinggi
		Fleksibilitas	5	17	0,85	Sangat Tinggi
6	Lembar Keterlaksanaan Model	Kejelasan	1	17	0,85	Sangat Tinggi
		Kemudahan	2	17	0,85	Sangat Tinggi
		Kelengkapan	3	18	0,90	Sangat Tinggi
		Akurasi	4	17	0,85	Sangat Tinggi
		Fleksibilitas	5	18	0,90	Sangat Tinggi
7	Lembar Wawancara	Kejelasan	1	19	0,95	Sangat Tinggi
		Kemudahan	2	18	0,90	Sangat Tinggi
		Kelengkapan	3	19	0,95	Sangat Tinggi

No	Perangkat	Kriteria	Butir	Σs	V	Kategori
8	Angket Kuisisioner	Akurasi	4	16	0,80	Tinggi
		Fleksibilitas	5	19	0,95	Sangat Tinggi
		Kejelasan	1	18	0,90	Sangat Tinggi
		Kemudahan	2	19	0,95	Sangat Tinggi
		Kelengkapan	3	19	0,95	Sangat Tinggi
		Akurasi	4	18	0,90	Sangat Tinggi
		Fleksibilitas	5	19	0,95	Sangat Tinggi

Selanjutnya, instrumen penelitian diuji menggunakan perhitungan *Alpha Cronbach's* untuk mengukur reliabilitasnya. Dengan menggunakan program SPSS versi 25, diperoleh nilai reliabilitas dari instrumen penelitian sebagai berikut.

Tabel 3.8. Hasil Uji Reliabilitas Perangkat Pembelajaran.

Alpha Cronbach's	N	r_{tabel} (5%)	Interpretasi	Kesimpulan
0,906	40	0.312	$R_{\text{hitung}} > R_{\text{tabel}}$ (0,906 > 0,312)	Reliabel

c. Hasil Uji Coba Instrumen

Sebelum digunakan dalam penelitian, instrumen berpikir kritis, berpikir kreatif, kolaborasi dan komunikasi dilakukan uji coba terlebih dahulu. Proses ujicoba dalam penelitian ini dilakukan selama satu semester agar dapat menjangkau jumlah responden yang besar. Ujicoba instrumen dilakukan secara luring dan daring. Uji coba luring diberikan pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika, Pendidikan Biologi di UIN Raden Intan Lampung dan Universitas Lampung. Sedangkan uji coba yang dilakukan secara daring menggunakan bantuan *Google Form* yang disebarluaskan melalui jejaring grup *WhatsApp*.

Berdasarkan hasil pengisian, diperoleh responden sebanyak 522 mahasiswa yang mengerjakan instrumen penelitian. Data dari uji coba tersebut kemudian dianalisis menggunakan Pemodelan Rasch untuk memvalidasi sifat psikometris instrumen (Sumintono & Widhiarso, 2015). Untuk mengonfirmasi validitas skala ini, parameter item dan *person* yang dihasilkan dinilai menggunakan *infit* dan *outfit MNSQ*. Nilai *infit* dan *outfit MNSQ* menunjukkan bahwa item dan *person* memenuhi kriteria validitas fit. Karena ukuran sampel uji coba ini cukup besar, lebih dari 500 mahasiswa, *infit* dan *outfit z-standardized (ZSTD)* dapat diabaikan sebagai

ambang batas untuk kriteria validitas fit (Chan et al., 2021; Sumintono & Widhiarso, 2015). Nilai pemisahan untuk item dan *person* harus lebih besar dari 2 *logits* untuk mengonfirmasi adanya lebih dari dua kelompok berbeda dalam hal kemampuan individu dan tingkat kesulitan item. Berikut ini hasil analisis data uji coba dari instrumen berpikir kritis, berpikir kreatif, kolaborasi dan komunikasi yang diolah menggunakan aplikasi Winsteps 4.6.0.

Tabel 3.9. Ringkasan Statistik Berdasarkan Parameter Rasch untuk Instrumen Berpikir Kritis.

<i>Psychometrics Attribute</i>	<i>Person</i>	<i>Item</i>
N	518	6
Mean Measure	1.94	0.00
Standard Deviation (SD)	1.63	0.22
Standard Error (SE)	0.07	0.10
Mean Outfit ZSTD	-0.01	-0.41
Mean Outfit MNSQ	0.99	0.99
Separation	2.32	3.21
Strata	3	4
Reliability	0.84	0.91
Cronbach's Alpha	0.84	0.91

Hasil analisis instrumen berpikir kritis menunjukkan bahwa instrumen ini memiliki reliabilitas yang baik, dengan nilai reliabilitas person sebesar 0.84 dan reliabilitas item sebesar 0.91, yang mengindikasikan konsistensi kuat dalam pengukuran antar responden dan butir soal. Nilai Cronbach's Alpha yang sama, yakni 0.84 untuk person dan 0.91 untuk item, mendukung konsistensi ini. Dari sisi validitas, instrumen ini memiliki performa yang baik dengan separation person sebesar 2.32 dan separation item sebesar 3.21, yang menandakan kemampuan instrumen dalam membedakan tingkat berpikir kritis individu serta tingkat kesulitan butir soal. Strata person dan item masing-masing sebesar 3 dan 4 juga memperjelas klasifikasi kemampuan berpikir kritis dan kesulitan soal. Kesesuaian model dengan data terkonfirmasi melalui nilai Outfit MNSQ rata-rata sebesar 0.99 dan Outfit ZSTD yang mendekati 0, yaitu -0.01 untuk person dan -0.41 untuk item, menunjukkan bahwa data sesuai dengan model Rasch. Berdasarkan analisis ini, instrumen berpikir kritis memiliki kualitas psikometrik yang baik, menjadikannya alat yang andal

dan valid untuk mengukur kemampuan berpikir kritis mahasiswa calon guru.

Tabel 3.10. Ringkasan Statistik Berdasarkan Parameter Rasch untuk Instrumen Berpikir Kreatif.

<i>Psychometrics Attribute</i>	<i>Person</i>	<i>Item</i>
N	520	6
Mean Measure	1.04	0.00
Standard Deviation (SD)	2.22	0.25
Standard Error (SE)	0.10	0.11
Mean Outfit ZSTD	-0.03	-0.21
Mean Outfit MNSQ	0.99	0.99
Separation	2.65	3.04
Strata	3.53	4.05
Reliability	0.88	0.90
Cronbach's Alpha	0.90	0.91

Hasil analisis instrumen berpikir kreatif menunjukkan reliabilitas yang baik, dengan nilai reliabilitas person 0.88 dan reliabilitas item 0.90, yang menunjukkan konsistensi kuat antar responden dan butir soal. Nilai Cronbach's Alpha sebesar 0.90 untuk person dan 0.91 untuk item mendukung konsistensi ini. Validitas instrumen juga baik, dengan separation person 2.65 dan separation item 3.04, yang menunjukkan kemampuan membedakan tingkat berpikir kreatif individu dan kesulitan butir soal. Strata person 3.53 dan strata item 4.05 memperjelas klasifikasi kemampuan dan kesulitan soal. Model data sesuai dengan nilai rata-rata Outfit MNSQ 0.99 dan Outfit ZSTD mendekati 0 (-0.03 untuk person dan -0.21 untuk item), menunjukkan kesesuaian dengan model Rasch. Dengan demikian, instrumen berpikir kreatif ini memiliki kualitas psikometrik yang baik, menjadikannya alat yang andal dan valid untuk mengukur kemampuan berpikir kreatif mahasiswa calon guru.

Tabel 3.11. Ringkasan Statistik Berdasarkan Parameter Rasch untuk Instrumen Kolaborasi.

<i>Psychometrics Attribute</i>	<i>Person</i>	<i>Item</i>
N	522	20
Mean Measure	-2.56	0.00
Standard Deviation (SD)	1.76	0.41
Standard Error (SE)	0.08	0.09
Mean Outfit ZSTD	-0.06	-0.52
Mean Outfit MNSQ	0.94	0.94
Separation	3.85	5.17
Strata	5.13	7.23
Reliability	0.94	0.96
Cronbach's Alpha	0.95	0.97

Instrumen kolaborasi menunjukkan reliabilitas yang sangat baik dengan nilai reliabilitas person 0.94 dan reliabilitas item 0.96, serta nilai Cronbach's Alpha 0.95 untuk person dan 0.97 untuk item, mengindikasikan konsistensi yang kuat dalam pengukuran. Validitasnya juga sangat baik, dengan separation person 3.85 dan separation item 5.17 yang menunjukkan kemampuan tinggi dalam membedakan tingkat kolaborasi individu serta kesulitan butir soal. Strata person 5.13 dan strata item 7.23 memperjelas klasifikasi kemampuan kolaborasi dan kesulitan soal. Kesesuaian model dengan data terkonfirmasi melalui nilai rata-rata Outfit MNSQ 0.94 dan Outfit ZSTD mendekati 0 (-0.06 untuk person dan -0.52 untuk item), menunjukkan bahwa data sesuai dengan model Rasch. Dengan demikian, instrumen kolaborasi ini memiliki kualitas psikometrik yang sangat baik, menjadikannya alat yang andal dan valid untuk mengukur kemampuan kolaborasi mahasiswa calon guru.

Tabel 3.12. Ringkasan Statistik Berdasarkan Parameter Rasch untuk Instrumen Komunikasi.

<i>Psychometrics Attribute</i>	<i>Person</i>	<i>Item</i>
N	522	20
Mean Measure	-2.12	0.00
Standard Deviation (SD)	1.28	0.27
Standard Error (SE)	0.06	0.06
Mean Outfit ZSTD	-0.18	-0.32
Mean Outfit MNSQ	0.96	0.96
Separation	2.73	3.37
Strata	3.64	4.49
Reliability	0.90	0.92
Cronbach's Alpha	0.92	0.93

Instrumen komunikasi menunjukkan reliabilitas yang baik dengan nilai reliabilitas person 0.90 dan reliabilitas item 0.92, serta nilai Cronbach's Alpha 0.92 untuk person dan 0.93 untuk item, yang mengindikasikan konsistensi kuat dalam pengukuran. Validitasnya juga baik, dengan separation person 2.73 dan separation item 3.37, yang menunjukkan kemampuan memadai dalam membedakan tingkat kemampuan komunikasi individu dan kesulitan butir soal. Strata person 3.64 dan strata item 4.49 memperjelas klasifikasi kemampuan komunikasi dan kesulitan soal. Kesesuaian model dengan data terkonfirmasi melalui nilai rata-rata Outfit MNSQ 0.96 dan Outfit ZSTD mendekati 0 (-0.18

untuk person dan -0.32 untuk item), menunjukkan bahwa data sesuai dengan model Rasch. Dengan demikian, instrumen komunikasi ini memiliki kualitas psikometrik yang baik, menjadikannya alat yang andal dan valid untuk mengukur kemampuan komunikasi mahasiswa calon guru.

3. Tahap Uji Lapangan

a. Uji Coba Terbatas

Uji coba terbatas berfokus untuk menguji kepraktisan dari model dan perangkat model pembelajaran Kritis-Kolaboratif. Dalam penelitian ini, data kepraktisan diperoleh dari hasil FGD yang melibatkan 3 orang dosen mitra dan 15 orang mahasiswa calon guru. Uji coba terbatas bertujuan untuk menguji keterbacaan, kemudahan dan kepraktisan model CCLM sebelum diujicoba dalam skala luas. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif kualitatif dan kuantitatif. Hasil analisis digunakan sebagai bahan perbaikan produk sebelum diterapkan pada uji coba luas.

b. Uji Coba Luas

Uji coba kelompok lebih luas dianalisis menggunakan pendekatan kualitatif dan kuantitatif dengan desain penelitian *quasi experiment*. Uji coba luas berfokus untuk menguji keefektifan model pembelajaran Kritis-Kolaboratif yang telah dikembangkan dengan membandingkan hasil pada subjek penelitian eksperimen dan kelompok kontrol. Data keefektifan diperoleh dari analisis hasil keterampilan kolaborasi dan komunikasi serta hasil tes keterampilan berpikir kritis dan kreatif.

1) Analisis Keterlaksanaan Model

Data keterlaksanaan model diperoleh dari hasil observasi yang dilakukan oleh observer yang melakukan pengamatan selama proses pembelajaran. Selanjutnya, data dianalisis dengan langkah-langkah berikut.

- a) Menghitung jumlah skor yang diberikan observer untuk setiap indikator pengamatan, kemudian dihitung persentase ketercapaian dengan persamaan berikut.

$$\text{Keterlaksanaan Model (KM)} = \frac{\text{Jumlah Tahapan Pembelajaran yang Teramati}}{\text{Jumlah Seluruh Tahapan Pembelajaran}} \times 100 \%$$

b) Menafsirkan persentase keterlaksanaan model menggunakan kriteria berikut.

Tabel 3.13. Kriteria Keterlaksanaan Model Pembelajaran.

Persentase	Kriteria
$80,00 < KM \leq 100,00$	Sangat Baik
$60,00 < KM \leq 80,00$	Baik
$40,00 < KM \leq 60,00$	Cukup
$20,00 < KM \leq 40,00$	Kurang Baik
$0,00 \leq KM \leq 20,00$	Sangat Kurang Baik

(Adaptasi Arikunto, 2009)

Model pembelajaran dikatakan praktis apabila mendapatkan persentase keterlaksanaan dalam kategori cukup, baik, atau sangat baik. Apabila keterlaksanaan model pembelajaran masih masuk di bawah kategori cukup, maka model dianggap belum praktis dan harus mengalami perbaikan atau revisi dan dilakukan tahapan uji coba kembali.

2) Analisis Respon Calon Guru

Data respon calon guru diperoleh setelah model pembelajaran diterapkan. Instrumen respon berbentuk angket dengan menggunakan skala pemeringkatan Likert. Setiap responden memberikan respon dari setiap pernyataan dengan pilihan lima skala sikap, yaitu sangat tidak setuju, tidak setuju, netral, setuju, hingga sangat setuju. Selanjutnya dianalisis dengan langkah sebagai berikut.

a) Menghitung jumlah skor respon dari masing-masing indikator menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Persentase Respon (R)} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Diperoleh}}{\text{Jumlah Skor Maksimal}} \times 100 \%$$

b) Menghitung rerata dan menganalisis berdasarkan kriteria sebagai berikut.

Tabel 3.14. Kriteria Respon Calon Guru.

Persentase	Kriteria
$80,00 < R \leq 100,00$	Sangat Baik
$60,00 < R \leq 80,00$	Baik
$40,00 < R \leq 60,00$	Cukup Baik

Persentase	Kriteria
$20,00 < R \leq 40,00$	Kurang Baik
$0,00 \leq R \leq 20,00$	Tidak Baik

(Adaptasi Arikunto, 2009)

Model pembelajaran dikatakan praktis apabila mendapatkan respon dari pengguna (calon guru) dalam kategori cukup, baik, atau sangat baik. Apabila respon yang diperoleh masih masuk di bawah kategori cukup, maka model dianggap belum praktis dan harus mengalami perbaikan atau revisi dan dilakukan tahapan uji coba kembali.

3) Penskoran Keterampilan Kolaborasi dan Komunikasi

Data keterampilan kolaborasi dan komunikasi diperoleh dari lembar observasi yang diperoleh dari pengamatan selama proses pembelajaran. Data selanjutnya dihitung dan dianalisis dengan langkah sebagai berikut.

- a) Menghitung jumlah skor kolaborasi dan komunikasi yang diperoleh dari lembar pengamatan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Nilai Kolaborasi/Komunikasi} = \frac{\text{Jumlah Indikator yang Teramati}}{\text{Jumlah Seluruh Indikator}} \times 100 \%$$

4) Penskoran Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif

Instrumen penilaian keterampilan berpikir kritis dan kreatif digunakan untuk menilai secara kognitif keterampilan berpikir kritis dan kreatif. Instrumen ini berbentuk tes yang dikembangkan oleh peneliti dengan mengacu pada indikator dan rubrik keterampilan berpikir kritis dan kreatif. Analisis deskriptif yaitu menghitung rata-rata pretes dan postes.

$$\text{Nilai Berpikir Kritis dan Kreatif} = \frac{\text{Jumlah Skor yang Diperoleh}}{\text{Jumlah Skor Maksimal}} \times 100$$

5) Uji Normalitas Data Multivariat

Uji normalitas multivariat bertujuan untuk mengevaluasi apakah suatu kumpulan data mengikuti distribusi normal multivariat. Proses pengujian menggunakan SPSS 25 dimulai dengan perhitungan jarak

Mahalanobis untuk setiap observasi melalui analisis regresi. Setelah itu, probabilitas chi-square dihitung dengan mengurutkan jarak Mahalanobis dan menggunakan fungsi IDF.CHISQ. Langkah selanjutnya adalah membuat Q-Q plot antara jarak Mahalanobis kuadrat dan nilai chi-square yang dihitung, serta menguji korelasi di antara keduanya. Kriteria uji normalitas multivariat mencakup beberapa aspek. Secara visual, Q-Q plot harus mendekati garis diagonal lurus. Secara statistik, korelasi antara jarak Mahalanobis kuadrat dan nilai chi-square idealnya mendekati 1, dengan nilai di atas 0.990 menunjukkan data berdistribusi normal. Selain itu, sekitar 50% dari jarak Mahalanobis kuadrat seharusnya berada di bawah nilai median distribusi chi-square.

6) Uji Homogenitas Multivariat

Uji homogenitas multivariat bertujuan untuk mengevaluasi kesetaraan matriks kovarians antar kelompok, yang merupakan prasyarat penting dalam analisis multivariat. Pengujian ini dapat dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS versi 25, dengan fokus pada hasil uji Box's M. Box's M test mengukur apakah terdapat perbedaan signifikan antara matriks kovarians kelompok yang diuji. Interpretasi hasil uji Box's M didasarkan pada nilai signifikansi atau p-value yang dihasilkan. Jika p-value yang diperoleh lebih besar dari 0.05, maka asumsi homogenitas multivariat dianggap terpenuhi, yang berarti bahwa matriks kovarians antar kelompok tidak berbeda secara signifikan. Ini menunjukkan bahwa data memiliki kesetaraan dalam varians dan kovariansnya, sehingga analisis multivariat dapat dilanjutkan dengan asumsi tersebut. Sebaliknya, jika p-value kurang dari 0.05, asumsi homogenitas multivariat tidak terpenuhi. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat perbedaan signifikan dalam matriks kovarians antar kelompok, yang berarti bahwa data tidak memiliki kesetaraan dalam varians dan kovariansnya. Dalam kasus ini, peneliti mungkin perlu mempertimbangkan metode analisis alternatif yang

tidak memerlukan asumsi homogenitas multivariat, atau melakukan transformasi data untuk mencoba memenuhi asumsi tersebut.

7) Uji MANOVA

Uji MANOVA digunakan untuk menganalisis perbedaan keterampilan abad 21 mahasiswa calon guru terhadap isu sosiosaintifik, yang mencakup 4 keterampilan: berpikir kritis, berpikir kreatif, kolaborasi dan komunikasi antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Model MANOVA dinyatakan dalam persamaan $Y = XB + E$, di mana Y adalah matriks variabel dependen, X adalah matriks variabel independen, B adalah matriks koefisien, dan E adalah matriks *error*.

Tabel 3.15. Rancangan Faktorial Uji MANOVA.

Model Pembelajaran	Kelas Eksperimen 1	\bar{x} Berpikir Kritis
		\bar{x} Berpikir Kreatif
		\bar{x} Kolaborasi
		\bar{x} Komunikasi
	Kelas Eksperimen 2	\bar{x} Berpikir Kritis
		\bar{x} Berpikir Kreatif
		\bar{x} Kolaborasi
		\bar{x} Komunikasi
	Kelas Eksperimen 3	\bar{x} Berpikir Kritis
		\bar{x} Berpikir Kreatif
		\bar{x} Kolaborasi
		\bar{x} Komunikasi
Kelas Kontrol	\bar{x} Berpikir Kritis	
	\bar{x} Berpikir Kreatif	
	\bar{x} Kolaborasi	
	\bar{x} Komunikasi	

Interpretasi hasil uji MANOVA dapat dilakukan berdasarkan uji omnibus seperti Pillai's Trace, Wilks' Lambda, Hotelling's Trace, dan Roy's Largest Root untuk menentukan signifikansi keseluruhan efek. Jika hasilnya signifikan, analisis berlanjut ke uji univariat untuk menguji effect size pada setiap variabel dependen. Effect size diukur menggunakan Partial Eta Squared, dengan interpretasi nilai dalam rentang 0.01 (kecil), 0.06 (sedang), dan 0.14 (besar). Setelah analisis MANOVA utama menunjukkan hasil yang signifikan, uji post hoc MANOVA dilakukan untuk mengidentifikasi secara spesifik perbedaan antara kelompok-kelompok yang dibandingkan. Beberapa metode yang dapat digunakan dalam uji post hoc MANOVA antara lain uji Tukey

HSD, Bonferroni, Scheffe, dan Roy-Bargmann Stepdown Analysis. Proses uji post hoc ini melibatkan perbandingan setiap pasangan kelompok untuk setiap variabel dependen, sehingga dapat ditemukan secara spesifik kelompok mana yang memiliki perbedaan signifikan pada variabel tertentu.

8) Uji Keberlakuan Model Terhadap Gaya Belajar

Penerapan model pembelajaran CCLM yang diterapkan dalam penelitian ini mempertimbangkan gaya belajar sebagai aspek yang ditinjau. Kelompok gaya belajar yang sama dari tiga kelas eksperimen dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan cara menghitung rata-rata pretes, postes, dan N-gain. Skor gain yaitu perbandingan gain aktual dengan gain maksimum. Gain aktual yaitu selisih skor *posttest* terhadap skor *pretest*. Rumus *N-Gain* dan kriterianya adalah sebagai berikut.

$$N-Gain = \frac{\text{Nilai } posttest - \text{nilai } pretest}{\text{Skor maksimal ideal} - \text{nilai } pretest}$$

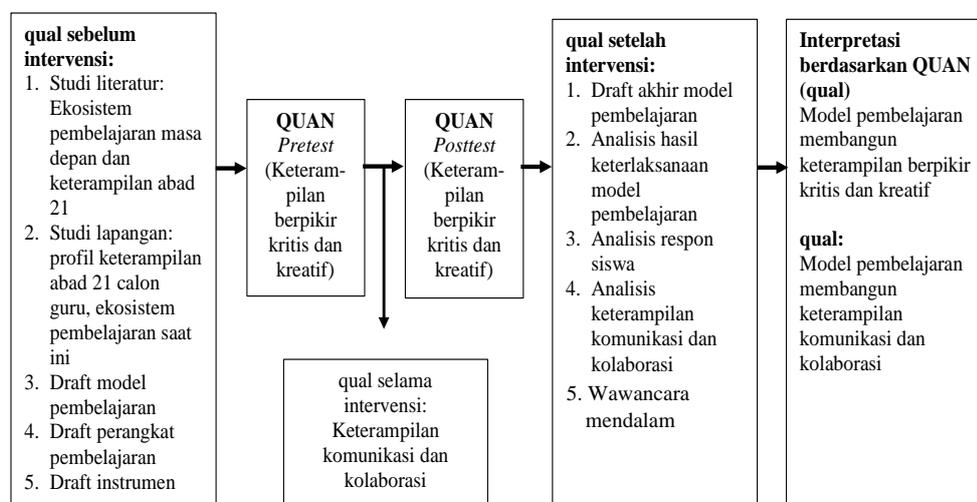
Nilai N-Gain selanjutnya diolah menggunakan SPSS untuk selanjutnya di uji MANOVA. Hasil uji kemudian diinterpretasikan jika tidak terdapat perbedaan signifikan pada setiap kelompok gaya belajar, maka dapat disimpulkan bahwa Model Pembelajaran CCLM dapat diberlakukan pada setiap gaya belajar apapun. Namun sebaliknya, jika terdapat perbedaan, maka penerapan model pembelajaran Kritis-Kolaboratif memerlukan peninjauan terhadap gaya belajar sebagai prasyarat yang harus diperhatikan.

Tabel 3.16. Rancangan Faktorial Uji MANOVA untuk Gaya Belajar.

Model Pembelajaran	Kelas Eksperimen 1	\bar{x} Berpikir Kritis
		\bar{x} Berpikir Kreatif
		\bar{x} Kolaborasi
		\bar{x} Komunikasi
	Kelas Eksperimen 2	\bar{x} Berpikir Kritis
		\bar{x} Berpikir Kreatif
		\bar{x} Kolaborasi
		\bar{x} Komunikasi
	Kelas Eksperimen 3	\bar{x} Berpikir Kritis
		\bar{x} Berpikir Kreatif
		\bar{x} Kolaborasi
		\bar{x} Komunikasi

4. Desain dan Interpretasi Data Kualitatif dan Kuantitatif

Sebagaimana telah dijelaskan pada bagian awal BAB III, penelitian campuran dengan *embedded design* digunakan untuk menjawab rumusan masalah dari penelitian ini. *Embedded design* adalah salah satu pendekatan di mana data kualitatif dan kuantitatif dikumpulkan secara bersamaan, tetapi salah satu metode menjadi dominan sementara metode lainnya digunakan sebagai pelengkap (Creswell & Creswell, 2023). Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat menjawab secara sistematis aspek kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan model pembelajaran yang dikembangkan. Berikut disajikan tabel tahapan dari *embedded design* dalam menguji kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan Model Pembelajaran Kritis-Kolaboratif.



Keterangan :
 qual : data kualitatif sebagai pendukung
 QUAN : data kuantitatif sebagai prioritas

Gambar 3.5. Alur *Embedded Design*

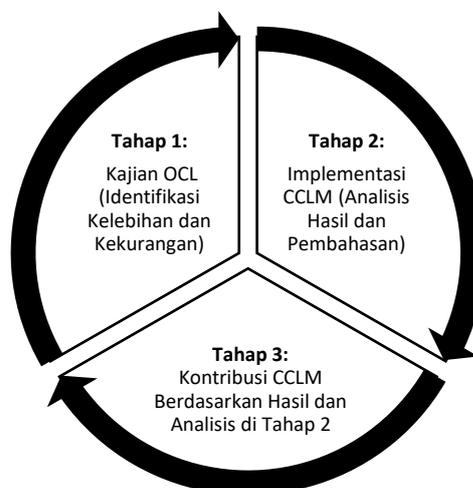
Tabel 3.17. Proses *Embedded Design* dalam Mejawab Rumusan Masalah.

Aspek	Data Kualitatif	Data Kuantitatif	Proses <i>Embedded</i>
Kevalidan	Catatan validasi dan hasil diskusi dengan ahli/validator yang mengeksplorasi kesesuaian antara produk buku model dengan teori dan kebutuhan di lapangan.	Hasil angket validasi menggunakan skala Likert, yang dinilai oleh ahli/validator untuk mengukur kelayakan isi dan konstruk dari komponen model berdasarkan indeks validitas.	Data kualitatif catatan validasi dan diskusi digunakan untuk memberikan konteks pada hasil kuantitatif dari angket validasi.

Aspek	Data Kualitatif	Data Kuantitatif	Proses <i>Embedded</i>
Kepraktisan	Observasi dan catatan lapangan hasil diskusi selama uji coba terbatas menggunakan panduan observasi.	Angket kepraktisan dengan skala Likert yang diisi oleh dosen dan mahasiswa untuk menilai kepraktisan dan keterlaksanaan model pembelajaran.	Data kualitatif dari observasi dan catatan lapangan hasil diskusi memberikan wawasan tentang konteks implementasi untuk melengkapi hasil angket kuantitatif.
Keefektifan	Catatan kemajuan belajar dan wawancara reflektif dengan dosen dan mahasiswa untuk mengeksplorasi dinamika, tantangan, dan faktor keberhasilan.	<i>Pretest</i> dan <i>posttest</i> menggunakan rubrik penilaian keterampilan abad 21 untuk mengukur peningkatan kemampuan calon guru IPA.	Data kualitatif dari catatan dan wawancara digunakan untuk menjelaskan hasil kuantitatif dari <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> .

G. Kontribusi Terhadap Pengembangan Teori OCL

Tujuan akhir dari penelitian ini berfokus pada bagaimana penerapan model *Critical-Collaborative Learning Model* (CCLM) secara konkret dapat memberikan kontribusi pada konsep *Online Collaborative Learning* (OCL) yang digagas Harasim (2017). Model CCLM, yang dirancang dengan mengedepankan prinsip-prinsip pedagogi kritis dalam kerangka kolaborasi tidak hanya diuji dari segi efektivitasnya dalam meningkatkan interaksi dan keterlibatan peserta didik, tetapi juga dilihat dari bagaimana elemen-elemen pedagogi kritis mampu mendorong pembelajaran yang lebih mendalam, reflektif, dan partisipatif. Untuk mencapai tujuan akhir penelitian, ada tiga tahapan yang dilakukan, yang digambarkan sebagai berikut.



Gambar 3.6. Tahapan Kontribusi Penelitian terhadap Pengembangan Teori

1. Tahap 1: Kajian literatur dan pengembangan konsep OCL. Pada tahap ini, penelitian dimulai dengan melakukan kajian literatur yang mendalam terkait OCL dan pedagogi kritis. Kajian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kelemahan yang ada dalam implementasi OCL saat ini, khususnya dalam hal kolaborasi yang efektif. Selain itu, kajian ini juga bertujuan untuk menyusun kerangka teoretis yang dapat digunakan sebagai dasar dalam mengembangkan model pembelajaran berbasis kolaborasi yang lebih matang dan efektif. Berdasarkan hasil kajian literatur, konsep model pembelajaran *Critical Collaborative Learning Model* (CCLM) dikembangkan sebagai model awal yang akan diuji dalam tahap berikutnya.
2. Tahap 2: Pengembangan dan Implementasi model pembelajaran CCLM dan analisis hasilnya. Pada tahap ini, model CCLM diimplementasikan dalam lingkungan pembelajaran dengan melibatkan mahasiswa dalam kegiatan kolaboratif yang dirancang berdasarkan prinsip-prinsip pedagogi kritis. Selama implementasi, data dikumpulkan melalui berbagai instrumen yang telah disiapkan. Analisis terhadap data yang dikumpulkan dilakukan untuk mengevaluasi kevalidan, kepraktisan, dan efektivitas model CCLM dalam membangun keterampilan abad 21 mahasiswa.
3. Tahap 3: Perbaiki konsep OCL berdasarkan hasil analisis dari implementasi model CCLM. Hasil analisis terhadap implementasi model CCLM dijadikan bahan untuk melengkapi konsep OCL. Upaya ini mencakup modifikasi pada elemen-elemen tertentu dari komponen OCL yang dianggap belum optimal, serta integrasi temuan-temuan baru yang dapat memperkuat efektivitas kolaborasi peserta didik. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada praktik OCL di masa yang akan datang.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengembangan dan pengujian yang telah dilakukan, penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan uji validitas isi dan konstruk, Model Pembelajaran Kritis-Kolaboratif (*Critical-Collaborative Learning Model/CCLM*) yang dikembangkan untuk membangun keterampilan abad 21 calon guru IPA dalam konteks isu sosiosaintifik dinyatakan sangat valid. Sintaks pembelajaran (Kolaborasi, Literasi, Diskusi, Kreasi, dan Aksi), prinsip reaksi, sistem pendukung, sistem sosial, dampak instruksional dan pengiring telah dikembangkan secara sistematis dengan mengacu pada berbagai landasan teori yang kuat dan relevan. Model CCLM dirancang dengan pendekatan konstruktivisme, konektivisme, pedagogi kritis, serta *Online Collaborative Learning (OCL)*, yang secara sinergis membangun lingkungan pembelajaran yang interaktif, reflektif, dan berbasis teknologi. Setiap tahap dalam sintaks pembelajaran dirancang untuk membangun keterampilan abad 21, seperti berpikir kritis, kreatif, komunikasi, dan kolaborasi, guna mempersiapkan mahasiswa calon guru dalam menghadapi tantangan pendidikan masa depan yang semakin kompleks.
2. Kepraktisan Model Pembelajaran CCLM ditunjukkan melalui hasil uji coba terbatas dan uji coba luas yang memperlihatkan kemudahan penerapan di kelas, baik dari segi alur pembelajaran maupun aktivitas yang dirancang. Dosen dan mahasiswa memberikan tanggapan positif karena model ini tidak hanya memfasilitasi interaksi yang efektif, tetapi juga relevan dengan kebutuhan pembelajaran kritis-kolaboratif, sehingga meningkatkan

keterampilan berpikir kritis, kreatif, kolaborasi dan komunikasi serta partisipasi mereka dalam proses belajar.

3. Keefektifan Model Pembelajaran CCLM diperoleh melalui hasil analisis kuantitatif (uji *pretest-posttest*) dan kualitatif (wawancara dan observasi) yang mengindikasikan peningkatan signifikan pada keterampilan berpikir kritis, berpikir kreatif, kolaborasi, dan komunikasi mahasiswa. Melalui Model Pembelajaran CCLM, mahasiswa calon guru IPA lebih efektif dalam memecahkan masalah sosiosaintifik.

B. Saran

Hasil penelitian ini memberikan beberapa saran agar model pembelajaran CCLM semakin meningkat kualitas implementasinya.

1. Pendidik (dosen atau guru) memerlukan penguatan kemampuan agar dapat mengimplementasikan Model Pembelajaran CCLM ini dengan baik. Sosialisasi dan pelatihan diperlukan agar membantu mereka mengenal, memahami, dan mendapatkan pengalaman yang memadai terhadap Model Pembelajaran CCLM.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk merangsang motivasi mahasiswa dalam melakukan literasi dan meningkatkan kesadaran berliterasi kritis sehingga mereka dapat menghasilkan ide dan karya yang lebih berdampak.
3. Penelitian ini perlu ditindaklanjuti dengan studi longitudinal untuk melacak bagaimana mahasiswa yang telah melalui pembelajaran dengan Model CCLM ini mengaplikasikan pengetahuan dan keterampilan abad 21 mereka dalam situasi nyata setelah lulus, serta dampaknya terhadap perilaku dan keputusan terkait dengan isu sosiosaintifik dalam jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdollahzadeh, H., & Narafshan, M. H. (2016). The practicality of critical pedagogy: A case study of Iranian EFL learners' motivation. *Studies in English Language* <https://doi.org/10.22158/selt.v4n2p196>
- Abdurrahman, A. (2023). *Integrated science curriculum in the unpredictable world*. In *Integrated education and learning* (pp. 181–199). Integrated Science, 13. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86448-8_9
- Ackermann, E. (2001). *Piaget's constructivism, Papert's constructionism: What's the difference?* (Vol. 5).
- Afandi, Sajidan, Akhyar, M., & Suryani, N. (2019). Development frameworks of the Indonesian partnership 21 st -century skills standards for prospective science teachers: A Delphi study. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(1), 89–100. <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i1.11647>
- Afriana, J., Permanasari, A., & Fitriani, A. (2016). Penerapan Project Based Learning Terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa Ditinjau dari Gender Implementation Project-Based Learning Integrated STEM to Improve Scientific Literacy Based on Gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 202–212. <https://doi.org/10.21831/jipi.v2i2.8561>
- Agdeppa, J. (2015). Critical Pedagogy-Based Instructional Materials: Effects on Language Proficiency, Social Awareness, and 21st Century Skills. *Advanced Science Letters*.
- Agonács, N., & Matos, J. F. (2017). Engagement driven massive and open online learning environment: A heutagogy-based MOOC (h-MOOC). Dalam P. P., M. A., & M. A. (Ed.), *16th European Conference on e-Learning* (hlm. 537–545). Academic Conferences Limited.
- Ahmed, A. (2016). A Critical Review of Constructivist Theory and the Emergence of Constructionism. *American Research Journal of Humanities and Social Sciences*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.21694/2378-7031.16018>
- Aizikovitsh-Udi, E., & Amit, M. (2011). Developing the skills of critical and creative thinking by probability teaching. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 15, 1087–1091. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.03.243>
- Aiken, L. R. (1985). Three Coefficients for Analyzing the Reliability and Validity of Ratings. *Educational and Psychological Measurement*, 45(1), 131-142. <https://doi.org/10.1177/0013164485451012>
- Akbar, A. (2021). Pentingnya kompetensi pedagogik guru. *JPG: Jurnal Pendidikan Guru*, 2(1), 23. <https://doi.org/10.32832/jpg.v2i1.4099>
- Akmam, A., Anshari, R., Jalinus, N., & Amran, A. (2019). Factors influencing the critical and creative thinking skills of college students in computational physics courses. Dalam Ramli, K. M., Alizar, S. R., P. D.H., Yohandri,

- Festiyed, & P. D. (Ed.), *3rd International Conference on Mathematics, Sciences, Education, and Technology, ICOMSET 2018* (Vol. 1317, Nomor 1). Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1317/1/012172>
- Akour, M., & Alenezi, M. (2022). Higher Education Future in the Era of Digital Transformation Mohammad Akour and Mamdouh Alenezi * Software. *Education Sciences*, 12(784), 1–13.
- Alfira, Dian Widya, Nurdin Noni, and Chairil Anwar Korompot. (2022). EFL Students' Critical Thinking Skills: The Perceptions of SMA IT Wahdah Islamiyah Makassar Teachers and Students. *Journal of Excellence in English Language Education*, 1(1), 38-60
- Alfrey, L., & O'Connor, J. (2020a). Critical Pedagogy and Curriculum Transformation in Secondary Health and Physical Education. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 25(3), 288–302. <https://doi.org/10.1080/17408989.2020.1741536>
- Alfrey, L., & O'Connor, J. (2020b). Critical Pedagogy and Curriculum Transformation in Secondary Health and Physical Education. Dalam *Physical Education and Sport Pedagogy* (Vol. 25, Nomor 3, hlm. 288–302).
- Algraini, S., & McIntyre-Mills, J. (2019). Education to Address Social and Environmental Challenges: A Critical Pedagogy Perspective on Saudi Public Education. *Democracy and Governance for Resourcing* https://doi.org/10.1007/978-3-030-04891-4_11
- Almeida, L. S., Prieto, L. P., Ferrando, M., Oliveira, E., & Ferrándiz, C. (2008). Torrance test of creative thinking: The question of its construct validity. *Thinking Skills and Creativity*, 3(1), 53–58. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2008.03.003>.
- Alvarez, S., M., Ferrero, A. M., & Ugidos, A. (2019). Time management: Skills to learn and put into practice. *Education + Training*, 61(5), 635–648. <https://doi.org/10.1108/ET-01-2018-0027>
- Anagün, S. S. (2018). Teachers' Perceptions about the Relationship between 21st Century Skills and Managing Constructivist Learning Environments. *International Journal of Instruction*, 11(4), 825–840.
- Anindyarini, A., F. Rokhman, M. Mulyani, and Andayani. (2018). Behavioristic Theory and Its Application in the Learning of Speech. *KnE Social Sciences*, 3(9) 522. <https://doi.org/10.18502/kss.v3i9.2714>.
- Anwar, N. P., & Ali, M. A. (2020). The effect of socio-scientific issue (SSI) based discussion: A student-centred approach to the teaching of argumentation. *SOTL in the South*, 4(2), 35–62. <https://doi.org/10.36615/sotls.v4i2.76>
- Archer-Kuhn, B., Lee, Y., Finessey, S., & Liu, J. (2020). Inquiry-based learning as a facilitator to student engagement in undergraduate and graduate social work programs. *Teaching & Learning Inquiry*, 8(1), 187–207. <https://doi.org/10.20343/teachlearninqu.8.1.13>
- Arends, R. (2012). *Learning to teach* (9th ed). McGraw-Hill.
- Arif, K. M. (2022). Revisiting Behaviourism Theory of Learning: An Outline with Islamic Education. *Tsaqafah*, 18(2), 291. <https://doi.org/10.21111/tsaqafah.v18i2.8554>.
- Arikunto, S. (2009). *Dasar-dasar evaluasi pendidikan*. Bumi Aksara.
- Arikunto, S. (2021). *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan Edisi 3*. Bumi Aksara.

- Astuti, A. P., Aziz, A., Sumarti, S. S., & Bharati, D. A. L. (2019). Preparing 21st century teachers: Implementation of 4C character's pre-service teacher through teaching practice. *Journal of Physics: Conference Series*, 1233(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1233/1/012109>
- Barajas, M., Frossard, F., & Trifonova, A. (2019). Strategies for Digital Creative Pedagogies in Today's Education. *Active Learning - Beyond the Future*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.80695>
- Barker, S., B. A., & Manning, M. R. (2024). Designing the collaborative organization: A framework for how collaborative work, relationships, and behaviors generate collaborative capacity. *The Journal of Applied Behavioral Science*, 60(1), 149–193. <https://doi.org/10.1177/00218863221106245a>
- Beneke, M. R. (2021). Mapping socio-spatial constructions of normalcy: whiteness and ability in teacher candidates' educational trajectories. *Whiteness and Education*, 6(1), 92–113. <https://doi.org/10.1080/23793406.2020.1803123>
- Biruny, D. H., & Salsabila, I. (2021). The application of a Humanistic approach to health care and education. *AMCA JOURNAL OF COMMUNITY DEVELOPMENT*, 1(1), 9–12. <https://doi.org/10.51773/ajcd.v1i1.22>
- Bitterman, M. E., V. M. LoLordo, J. Bruce Overmier, and Michael E. Rashotte. (1979). *Animal Learning*. Boston, MA: Springer US.
- Bogusevski, D., Muntean, C. H., & Muntean, G.-M. (2020). Teaching and learning physics using 3D virtual learning environment: A case study of combined virtual reality and virtual laboratory in secondary school. *Journal of Computers in Mathematics & Science Teaching*, 39(1), 5–18.
- Bohannon, J. B. (2016). *Differentiated Instruction: Inclusive Strategies for Secondary Science*.
- Boone, K., Roets, G., & Roose, R. (2019). Raising critical consciousness in the struggle against poverty: Breaking a culture of silence. *Critical Social Policy*, 39(3), 434–454. <https://doi.org/10.1177/0261018318820233>
- Borg, W. R., & Gall, M. D. (2003). *Educational research: An introduction* (hlm. 271). Longman Inc.
- Bosancic, B., & Matijevic, M. (2020). Information as a construction. *Journal of Librarianship and Information Science*, 52(2), 620–630. <https://doi.org/10.1177/0961000619841657>
- Brooks, S. D., Braun, S. M., & Prince, D. (2022). Critical Consciousness in High School Outdoor Experiential Environmental Education. *Journal of Experiential Education*, 45(4), 392–412. <https://doi.org/10.1177/10538259211068800>
- Bryant, L. C., Moss, G., & Boudreau, A. S. Z. (2015). Race Dialogues in Teacher Preparation: Beginning the Conversation. ... *Journal of Critical Pedagogy*. <http://152.13.18.25/index.php/ijcp/article/view/949>
- Černý, Michal. (2020). Connectivism in Phenomenological-Pragmatist Tradition. *E-Pedagogium*, 20(2), 7–24. Doi: 10.5507/epd.2020.017.
- Chan, S. W., Looi, C. K., & Sumintono, B. (2021). Assessing computational thinking abilities among Singapore secondary students: A Rasch model measurement analysis. *Journal of Computer Education*, 8(2), 213–236. <https://doi.org/10.1007/s40692-020-00177-2>

- Chen, J. (2024). Development of creative skills of future specialists in higher polytechnic colleges of the People's Republic of China. *Thinking Skills and Creativity*, 52, 101505. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2024.101505>
- Cho, B.-Y. (2020). Critical literacy learning with multiple digital sources. *The Institute for Education and Research Gyeongin National University of Education*, 3(2), 41–57. <https://doi.org/10.25020/JoE.2020.3.2.41>
- Chung, Y., Yoo, J., Kim, S.-W., Lee, H., & Zeidler, D. L. (2014). Enhancing students' communication skills in the science classroom through socioscientific issues. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(1), 1–27. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9557-6>
- Clark, K. (2018). Learning theories: Cognitivism. *Radiologic Technology*, 90, 176–179.
- Clarke, J. H., & Costa, A. L. (1990). *Patterns of Thinking: Integrating Learning Skills in Content Teaching*. Allyn & Bacon.
- Coghlan, D., & Brydon-Miller, M. (2014). *Constructivism*. SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.4135/9781446294406>
- Corbett, Frederique, and Elio Spinello. (2020). Connectivism and Leadership: Harnessing a Learning Theory for the Digital Age to Redefine Leadership in the Twenty-First Century. *Heliyon*, 6(1) e03250. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e03250.
- Costa, A. L. (1991). *The School as a Home for the Mind: A Collection of Articles* (1st edition). Corwin.
- Cowan, N. (2014). Working memory underpins cognitive development, learning, and education. *Educational Psychology Review*, 26(2), 197–223. <https://doi.org/10.1007/s10648-013-9246-y>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2023). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (Sixth edition, international student edition). Sage.
- Creswell, J. W., & Clark, V. L. P. (2007). *Designing and Conducting Mixed Methods Research*. SAGE.
- Dang, L. C., O'Neil, J. P., & Jagust, W. J. (2013). Genetic effects on behavior are mediated by neurotransmitters and large-scale neural networks. *NeuroImage*, 66, 203–214. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.10.090>
- Darling-Hammond, L., Flook, L., Cook-Harvey, C., Barron, B., & Osher, D. (2020). Implications for educational practice of the science of learning and development. *Applied Developmental Science*, 24(2), 97–140. <https://doi.org/10.1080/10888691.2018.1537791>
- Darmayanti, R., In'am, A., Eriyanti, R. W., & Effendi, M. M. (2024). Development of 4C skills and self-efficacy of high school students through "PIZZA" paper media in mathematics learning: A control-based experimental study. *SSRN*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.5010881>
- Dewi, T. K., & Hidayati, N. (2024). Model Program Magang Guru Industri untuk Meningkatkan Kompetensi dan Keterampilan Guru Pendidikan Vokasi. 13(4), 5243–5252.
- DiBlasi, T., and Louise Waters. (2017). Behaviorism. Pp. 1–18 in *Encyclopedia of Animal Cognition and Behavior*. Cham: Springer International Publishing.

- Diedrich, J., Benedek, M., Jauk, E., & Neubauer, A. C. (2015). Are creative ideas novel and useful? *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 9(1), 35–40. <https://doi.org/10.1037/a0038688>.
- Dos Santos, Bruna Colombo, and Marcus Bentes de Carvalho Neto. (2019). B. F. Skinner's Evolving Views of Punishment: I. 1930-1940. *Revista Mexicana de Analisis de La Conducta*, 45(2), 149–72. <https://doi.org/10.5514/rmac.v45.i2.75561>.
- Dragomir, I. A., & Niculescu, B.-O. (2020). Different approaches to developing writing skills. *Land Forces Academy Review*, 25(3), 201–206. <https://doi.org/10.2478/raft-2020-0024>
- Dunbar, N. E., Brooks, C. F., & Kubicka-Miller, T. (2006). Oral communication skills in higher education: Using a performance-based evaluation rubric to assess communication skills. *Innovative Higher Education*, 31(2), 115–128. <https://doi.org/10.1007/s10755-006-9012-x>
- Dziubaniuk, O., Ivanova-Gongne, M., & Nyholm, M. (2023). Learning and teaching sustainable business in the digital era: A connectivism theory approach. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20(1), 20. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00390-w>
- Edmonds, W. A., & Kennedy, T. D. (2017). *An applied guide to research designs: Quantitative, qualitative, and mixed methods* (Second Edition). SAGE.
- Ellitan, L. (2020). Competing in the era of industrial revolution 4.0 and society 5.0. *Jurnal Maksipreneur: Manajemen, Koperasi, dan Entrepreneurship*, 10(1), 1–12. <https://doi.org/10.30588/jmp.v10i1.657>
- Ennis, R. H. (1993). Critical thinking assessment. *Theory Into Practice*, 32(3), 179–186. <https://doi.org/10.1080/00405849309543594>
- Erwin, K., & Mohammed, S. (2022). Digital literacy skills instruction and increased skills proficiency. *International Journal of Technology in Education and Science*, 6(2), 323–332. <https://doi.org/10.46328/ijtes.364>.
- Facione, P. A. (2011). Critical Thinking: What It Is and Why It Counts. *Insight assessment, ISBN 13: 978-1-891557-07-1.*, 1–28.
- Fadilah, M., Ananda, S., Asri, N. A., Fitri, R., Alberida, H., & Ilhami*, A. (2022). Development of Socioscientific Case-Based Worksheet in Biology Topics for IX Grade Junior High School to Improve Communication-Collaboration Performance. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 10(3), 654–668. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v10i3.25162>
- Fairuz, T. (2021). *Assessment Instrument of Critical Thinking Skills for Student on Light Interaction with Organisms*. 4(1).
- Falloon, G. (2020). From digital literacy to digital competence: The teacher digital competency (TDC) framework. *Educational Technology Research and Development*, 68(5), 2449–2472. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09767-4>
- Fazio, X., Gallagher, T. L., & DeKlerk, C. (2022). Exploring Adolescents' Critical Reading of Socioscientific Topics Using Multimodal Texts. *International Journal of Science and Mathematics Education*. <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10280-8>
- Filgona, J., John Sakiyo, D. M. Gwany, and A. U. Okoronka. (2020). Motivation in Learning. *Asian Journal of Education and Social Studies* 16 – 37. <https://doi.org/10.9734/ajess/2020/v10i430273>.

- Fiteriani, I., Diani, R., Hamidah, A., & Anwar, C. (2021). Project-based learning through STEM approach: Is it effective to improve students' creative problem-solving ability and metacognitive skills in physics learning? *Journal of Physics: Conference Series*, 1796(1), 012058. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1796/1/012058>.
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). *How to Design and Evaluate Research in Education* (8th ed.). McGraw-Hill.
- Freire, P. (2000). *Pedagogy of the oppressed* (30th anniversary ed). Continuum.
- Frey, L. R., & Palmer, D. L. (2017). Communication activism pedagogy and research: Communication education scholarship to promote social justice. *Communication Education*. <https://doi.org/10.1080/03634523.2017.1290812>
- Gafour, W. (2021). Creative Thinking Skills-A Review Article. *Journal of Education and E-Learning*, 4 (5), 44-58.
- Galal, S. M., Carr-Lopez, S. M., Gomez, S., Van Duong, Mizoshiri, C., Ujihara, L., Tran, T. H., Patel, R. A., & Woelfel, J. A. (2014). A collaborative approach to combining service, teaching, and research. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 78(3), 1–7. <https://doi.org/10.5688/ajpe78358>
- Giroux, H. (2020). *Critical pedagogy*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-31395-1_19-1
- Given, L. (2008). *Social Constructionism*. SAGE Publications, Inc. <https://doi.org/10.4135/9781412963909>
- Good, T. (2008). *21st Century Education: A Reference Handbook*. SAGE Publications, Inc. <https://doi.org/10.4135/9781412964012>
- Guercio, John M. (2020). The Importance of a Deeper Knowledge of the History and Theoretical Foundations of Behaviorism and Behavior Therapy: Part 2—1960–1985. *Behavior Analysis: Research and Practice*, 20 (3), 174–95. <https://doi.org/10.1037/bar0000178>.
- Gunduz, N., & Hursen, C. (2015). Constructivism in Teaching and Learning: Content Analysis Evaluation. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 191(392), 526–533. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.640>
- Gusmiyati, G., Lian, B., & Fitria, H. (2021). Principal's supervision in improving teacher's performance. *Journal of Social Work and Science Education*, 2(1), 83–94. <https://doi.org/10.52690/jswse.v2i1.209>.
- Handayani, I. S., Zaini, M., Dharmono, D., & Wulandari, E. (2022). An analysis of biology students' creative thinking ability in ethnobotany course. *Biosfer: Jurnal Tadris Biologi*, 13(1), 13–20. <https://doi.org/10.24042/biosfer.v13i1.10931>.
- Harasim, L. M. (2017). *Learning theory and online technologies* (Second edition). Routledge, Taylor & Francis Group.
- Harshbarger, R. (2016). *Learning in the 21st Century: A Study Addressing Educational Trends and Implications*. University of Central Florida.
- Haryani, E., Coben, W. W., Pleasants, B. A.-S., & Fetters, M. K. (2021). Analysis of teachers' resources for integrating the skills of creativity and innovation, critical thinking and problem solving, collaboration, and communication in science classrooms. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 10(1), 92–102. <https://doi.org/10.15294/jpii.v10i1.27084>

- Hasibuan, A. T., & Prastowo, A. (2019). Konsep Pendidikan Abad 21: Kepemimpinan Dan Pengembangan Sumber Daya Manusia Sd/Mi. *MAGISTRA: Media Pengembangan Ilmu Pendidikan Dasar Dan Keislaman*, 10(1), 26–50. <https://doi.org/10.31942/mgs.v10i1.2714>
- Hendricks, G. P. (2019). Connectivism as a Learning Theory and Its Relation to Open Distance Education. *Progressio*, 41(1). <https://doi.org/10.25159/2663-5895/4773>.
- Heong, Y. M., Yunos, J. M., Othman, W., Hassan, R., Kiong, T. T., & Mohamad, M. M. (2012). The needs analysis of learning higher order thinking skills for generating ideas. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 59, 197–203. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.265>
- Herlo, D. (2017). Connectivism, a new learning theory? *In Proceedings of the International Conference* (pp. 330–337).
- Hernández-Ramos, J., Perna, J., Cáceres-Jensen, L., & Rodríguez-Becerra, J. (2021). The effects of using socio-scientific issues and technology in problem-based learning: A systematic review. *Education Sciences*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/educsci11100640>
- Hidayati, Y., & Sinaga, P. (2019). The profile of critical thinking skills students on science learning. *Journal of Physics: Conference Series 1402*, 044075–044075.
- Hoda, A. (2021). The Impact of a Program Based on Collaborativist Learning Theory on Developing EFL Critical Writing Skills and Interaction among Languages and Translation Students. *CDELTA Occasional Papers in the Development of English Education*, 75(1), 215–252.
- Hoodfar, H. (1992). Feminist Anthropology and Critical Pedagogy: The Anthropology of Classrooms' Excluded Voices. *Canadian Journal of Education / Revue canadienne de l'éducation*, 17(3), 303. <https://doi.org/10.2307/1495298>
- Hordvik, M., Haugen, A. L., Engebretsen, B., Møller, L., & Fletcher, T. (2021). A collaborative approach to teaching about teaching using models-based practice: Developing coherence in one PETE module. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 26(5), 433–447. <https://doi.org/10.1080/17408989.2020.1812558>
- Huang, C. J., & Chuang, Y. T. (2008). Supporting the development of collaborative problem-based learning environments with an intelligent diagnosis tool. *Expert Systems with Applications*, 35(3), 622–631. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2007.07.028>
- Hughes, J., Morrison, L., Mamolo, A., Laffier, J., & de Castell, S. (2019). Addressing bullying through critical making: Addressing bullying through critical making. *British Journal of Educational Technology*, 50(1), 309–325. <https://doi.org/10.1111/bjet.12714>
- Huitt, W. (1998). *Critical thinking: An overview*. Educational Psychology Interactive.
- Hung, N. M. (2014). Using Ideas from Connectivism for Designing New Learning Models in Vietnam. *International Journal of Information and Education Technology*, 76–82. <https://www.doi.org/10.7763/IJiet.2014>.
- Ilyas, E. L., Setyaningrum, N., & Sumarni, S. (2022). A model of inclusive education curriculum in Islamic education institutions: A case study in

- Banten Province, Indonesia. *Jurnal Pendidikan Agama Islam*, 19(2), 193–206. <https://doi.org/10.14421/jpai.2022.192-02>.
- Irshadi, F., & Ivanna, J. (2024). Meningkatkan Akses dan Kualitas Pendidikan di Palu, Sulawesi Tengah: Kebijakan Publik untuk Membangun SDM Unggul. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(2), 19921–19932. <https://www.jptam.org/index.php/jptam/article/view/15346%0Ahttps://www.jptam.org/index.php/jptam/article/download/15346/11603>
- Irwandani, I., Suyatna, A., Haenilah, E. Y., & Maulina, D. (2024). Readiness of Indonesian pre-service science teachers for society 5.0. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 18(2), 391-402. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v18i2.21343>.
- Jariah, S. A., & Aminatun, T. (2022). Implementation of the Socio-scientific Issues Approach with the Investigative Group Learning Model to Improve Students' Critical Thinking Skills on Environmental Change Materials. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(3), 1042–1048. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i3.1197>
- Jarrah, A. M., Khasawneh, O. M., & Wardat, Y. (2020). Implementing pragmatism and John Dewey's educational philosophy in Emirati elementary schools: Case of mathematics and science teachers. *International Journal of Education Economics and Development*, 11(1), 58. <https://doi.org/10.1504/IJEED.2020.104287>
- Jayadih, Rubini, B., & Suhardi, E. (2024). *Strategi & Peningkatan Kualitas Layanan Guru: Transformasi Melalui Kepemimpinan, Teknologi, Kreativitas dan Entrepreneurship*. Jakad Media. https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=s2cQEQAQBAJ&oi=fnd&pg=PA3&dq=Guru+di+Indonesia+perlu+dilibatkan+dalam+kegiatan+berbasis+praktik+seperti+pelatihan+lapangan,+magang,+atau+komunitas+belajar+&ots=DkyAeJBHPI&sig=kKws7K3MjwTAMVyHu7Uqc_hdHH4&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Jensen, E., & McConchie, L. (2020). *Brain-Based Learning: Teaching the Way Students Really Learn*. Third Edition (Revised Edition). Dalam *Corwin*. SAGE Publications.
- Jia, Q. (2010). A Brief Study on the Implication of Constructivism Teaching Theory on Classroom Teaching Reform in Basic Education. *International Education Studies*, 3(2), 197–199.
- Jovanović, A., & Milosavljević, A. (2022). Usabilidad en aplicaciones móviles. *Informes Científicos Técnicos. Electronics (Switzerland)*, 11(3).
- Joyce, B., & Weil, M. (2003). *Models of Teaching* (5 ed.). Prentice Hall.
- Jucan, M. S., & Jucan, C. N. (2014). The Power of Science Communication. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 149, 461–466. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.08.288>
- Jufriadi, A., Huda, C., Dul Aji, S., Pratiwi, H. Y., & Ayu, H. D. (2022). Analisis keterampilan abad 21 melalui implementasi kurikulum merdeka belajar kampus merdeka. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 7(1), 39–53. <https://doi.org/10.24832/jpnk.v7i1.2482>
- Jung, H. (2019). The Evolution of Social Constructivism in Political Science: Past to Present. *SAGE Open*, 9(1), 215824401983270. <https://doi.org/10.1177/2158244019832703>

- Kathleen, S. (2016). Student collaboration and school educational technology: Technology integration practices in the classroom. *i-manager's Journal on School Educational Technology*, 11(4), 53–53. <https://doi.org/10.26634/jsch.11.4.6012>
- Khambayat, S. R. (2017). Developing Effective Communication Skills In Students. *Scholarly Research Journal for Interdisciplinary Studies*, 4(37). <https://doi.org/10.21922/srjis.v4i37.10829>
- Khoiri, A., Evalina, Komariah, N., Utami, R. T., Paramarta, V., Siswandi, Janudin, & Sunarsi, D. (2021). 4Cs Analysis of 21st Century Skills-Based School Areas. *Journal of Physics: Conference Series*, 1764(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1764/1/012142>
- Khoirunnisa, E., & Habibah, E. (2020). Profil Keterampilan Abad 21 (21ST Century Soft Skills) Pada Mahasiswa. *Iktisyaf: Jurnal Ilmu Dakwah dan Tasawuf*, 2(2), 55–68. <https://doi.org/10.53401/iktsf.v2i2.20>
- Kopish, M., & Marques, W. (2020). Leveraging Technology to Promote Global Citizenship in Teacher Education in the United States and Brazil. *Research in Social Sciences and Technology*, 5(1), 45–69. <https://doi.org/10.46303/ressat.05.01.3>
- Kop, Rita, and Adrian H. (2008). Connectivism: Learning Theory of the Future or Vestige of the Past? *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 9(3). <https://doi.org/10.19173/irrodl.v9i3.523>
- Laal, M., Khattami-Kermanshahi, Z., & Laal, M. (2014). Teaching and Education; Collaborative Style. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 116, 4057–4061. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.890>
- Lemrow, E. M. (2014). *Créolization, critical pedagogy, and cosmopolitanism: Enacting 21st century student identities and literacy practices in a college skills class*. <https://search.proquest.com/openview/c2cd90f3b8886dfe9177fedfd595a2b7/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750>
- Lestari, A. C., & Annizar, A. M. (2020). Proses Berpikir Kritis Siswa dalam Menyelesaikan Masalah PISA Ditinjau dari Kemampuan Berpikir Komputasi. *Jurnal Kiprah*, 8(1), 46–55. <https://doi.org/10.31629/kiprah.v8i1.2063>
- Liang, M., Juliana, Mendoza, N. B., & Lim, C. P. (2023). *Localizing Teacher Professional Development at Scale Enabled by Professional Learning Communities: A Study of Teacher Learning Centers in Indonesia BT - International Handbook on Education Development in the Asia-Pacific* (W. O. Lee, P. Brown, A. L. Goodwin, & A. Green (eds.); pp. 1107–1123). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-6887-7_136
- Li, Y., Kim, M., & Palkar, J. (2022). Using emerging technologies to promote creativity in education: A systematic review. *International Journal of Educational Research Open*, 3, 100177. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2022.100177>
- Lince, R. (2016). Creative Thinking Ability to Increase Student Mathematical of Junior High School by Applying Models Numbered Heads Together. *Journal of Education and Practice*, 7(6), 206–212.

- London, Manuel, Valerie I. Sessa, and Loren A. Shelley. (2023). Developing Self-Awareness: Learning Processes for Self- and Interpersonal Growth. *Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior*, 10 (1), 261. <https://doi.org/10.1146/annurev-orgpsych-120920-044531>.
- Loshkareva, E., Luksha, P. ., Ninenko, I. ., Smagin, D. ., & Sudakov, D. (2021). *Skills of the Future: How to Thrive in the Complex New World*. http://www.globaledufutures.org/images/people/GEF_Skillsofthefuture_report.pdf
- Lu, S. H., & Smiles, R. (2022). The role of collaborative learning in the online education. *International Journal of Economics, Business and Management Research*, 06(06), 125–137. <https://doi.org/10.51505/IJEBMR.2022.6608>
- Mahn, H., & John-Steiner, V. (2012). Vygotsky and sociocultural approaches to teaching and learning. In *Handbook of psychology* (2nd ed.). Wiley.
- Mailizar, M., & Fan, L. (2020). Indonesian teachers' knowledge of ICT and the use of ICT in secondary mathematics teaching. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(1), 1–13. <https://doi.org/10.29333/ejmste/110352>
- Marlina, M. (2019). *Panduan Pelaksanaan Model Pembelajaran Berdiferensiasi di Sekolah Inklusif* (1 ed.). Universitas Negeri Padang.
- Maslow, A. H. (2019). Some Educational Implications of the Humanistic Psychologies. *HARVARD EDUCATIONAL REVIEW*, 38(4), 685–697.
- Massa, S. (2014). The Development of Critical Thinking in Primary School: The Role of Teachers' Beliefs. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 141, 387–392. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.05.068>
- McCaleb, S. P. (2013). *Building communities of learners: A collaboration among teachers, students, families, and community*. taylorfrancis.com. <https://doi.org/10.4324/9781315045610>
- Mclaren, P. (2002). Contesting Capital: Critical Pedagogy and Globalism A Response to Michael Apple. *Current Issues in Comparative Education*, 1(2), 27–34.
- Medina, E. (2006). Designing Freedom, Regulating a Nation: Socialist Cybernetics in Allende's Chile. *Journal of Latin American Studies*, 38(3), 571–606. <https://doi.org/10.1017/S0022216X06001179>
- Mendoza, B. I. U. (2017). History of science, what is it and whatever for? *Revista Odontológica Mexicana*, 21(2), e78–e79. <https://doi.org/10.1016/j.rodex.2017.05.010>
- Misiaszek, G. W. (2020). Ecopedagogy: Teaching critical literacies of 'development', 'sustainability', and 'sustainable development.' *Teaching in Higher Education*, 25(5), 615–632. <https://doi.org/10.1080/13562517.2019.1586668>
- Monaliza, R. putri &, & Miterianifa. (2023). Penggunaan Isu Sosiosaintifik Dalam Pembelajaran IPA: Review Literatur The Use of Socioscientific Issues In Science Learning : Review Literature. *Journal of Natural Sciences*, 4(2), 103–111. <https://doi.org/10.34007/jonas.v4i2.401>
- Monchinski, T. (2011). *Engaged Pedagogy, Enraged Pedagogy: Reconciling Politics, Emotion, Religion, and Science for Critical Pedagogy*. Sense Publishers.

- Montoya, M. S. R., Andrade-Vargas, L., Rivera-Rogel, D., & Portuguez-Castro, M. (2021). Trends for the future of education programs for professional development. *Sustainability (Switzerland)*, *13*(13), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su13137244>
- Moore, J. (2010). Behaviorism and the Stages of Scientific Activity. *The Behavior Analyst*, *33*(1), 47–63. <https://doi.org/10.1007/BF03392203>.
- Mothe, Josiane, and Gilles, S. (2011). Is a Relevant Piece of Information a Valid One? *Teaching Critical Evaluation of Online Information.*” Pp. 153–68 in.
- Muhajirah. (2020). Basic of Learning Theory (Behaviorism, Cognitivism, Constructivism, And Humanism). *International Journal Of Asian Education*, *1*(1), 37–42. <https://doi.org/10.46966/ijae.v1i1.23>.
- Müller, A. M., Röpke, R., Konert, J., & Bellhäuser, H. (2024). Investigating group formation: An experiment on the distribution of extraversion in educational settings. *Acta Psychologica*, *242*, 104111. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2023.104111>
- Murtadho, A. (2020). Mengembangkan Kompetensi Guru Dalam Perspektif Pedagogi Kritis (Telaah atas UU RI No. 14 tahun 2005 Tentang Guru dan Dosen serta PP RI No. 74 tentang Guru). *Al-Idarah: Jurnal Kependidikan Islam*, *10*(2), 135–156.
- Narayan, R., Rodriguez, C., Araujo, J., Shaqlaih, A., & Moss, G. (2013). Constructivism—Constructivist learning theory. Dalam *The handbook of educational theories*. (hlm. 169–183). IAP Information Age Publishing.
- Nasir, M., Mahmudinata, A. A., Ulya, M., & Firdaus, F. A. (2023). Strategi pemberdayaan sekolah sebagai upaya peningkatan manajemen pendidikan. *Journal Of International Multidisciplinary Research*, *1*(2), 799–816. <https://journal.banjaresepacific.com/index.php/jimr/article/view/120>
- Nelson, C. E. (1994). Critical thinking and collaborative learning. *New Directions for Teaching and Learning*, *1994*(59), 45–58. <https://doi.org/10.1002/tl.37219945907>
- Nelson, N., & Chen, J. (2022). Freire’s problem-posing model: Critical pedagogy and young learners. *ELT Journal*, ccac017. <https://doi.org/10.1093/elt/ccac017>
- Niswati, F. I., & Sayekti, I. C. (2020). Analisis Kompetensi Pedagogik Calon Guru Sekolah Dasar Dalam Mata Kuliah Microteaching. *Profesi Pendidikan Dasar*, *1*(1), 1–14. <https://doi.org/10.23917/ppd.v1i1.9128>
- Nikolopoulou, K. (2018). Creativity and ICT: Theoretical approaches and perspectives in school education. In *Research on e-Learning and ICT in Education* (pp. 87–100). Springer International Publishing.
- Nevin, John A., & Randolph C. Grace. (2000). Behavioral Momentum and the Law of Effect. *Behavioral and Brain Sciences*, *23*(1). <https://doi.org/10.1017/S0140525X00002405>.
- Norat, M. de los Á. V., Herrería, A. F., & Rodríguez, F. M. M. (2016). Ecopedagogy: A Movement between Critical Dialogue and Complexity: Proposal for a Categories System. *Journal of Education for Sustainable Development*, *10*(1), 178–195. <https://doi.org/10.1177/0973408215625552>
- Novak, J. D. (2013). Meaningful Learning Is the Foundation for Creativity. *Revista Qurriculum*, *26*, 27–38.

- Nugroho, K. Y., Fitri, D., Constructivist, W., & Nugroho, K. Y. (2017). Constructivist Learning Paradigm as the Basis on Learning Model Development. *Journal of Education and Learning*, 409, 410–415. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v11i4.6852>
- Nurhayati, N., Suhandi, A., Muslim, M., & Kaniawati, I. (2024). Systematic review of problem-based learning research to develop 4C skills in science education. *AIP Conference Proceedings*, 3116(1), 070008. <https://doi.org/10.1063/5.0210708>
- Nurjannah, N. (2020). *Pengembangan Perkuliahan Fisika Dasar menggunakan Dialogue Reflective-Oriented Problem based Learning (DROPBL) untuk Meningkatkan Keterampilan Pemecahan Masalah dan Berpikir Kritis Mahasiswa Calon Guru*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- O'Connor, M. C. (1998). Chapter 2: Can We Trace the “Efficacy of Social Constructivism”? *Review of Research in Education*, 23(1), 25–71. <https://doi.org/10.3102/0091732X023001025>
- OECD. (2019). PISA 2021 creative thinking framework. *Oecd*, 53(9), 1689–1699.
- Oerter, R. (1999). The measurement of cognitive structures: A constructivist approach. *Social Science Information*, 38(4), 659–681. <https://doi.org/10.1177/053901899038004008>
- Ormerod, R. J. (2021). Pragmatism in professional practice. *Systems Research and Behavioral Science*, 38(6), 797–816. <https://doi.org/10.1002/sres.2739>
- Orús, M. L., Latorre-Coscolluela, C., Vázquez-Toledo, S., & Sierra-Sánchez, V. (2020). The technological challenge facing higher education professors: Perceptions of ICT tools for developing 21st Century skills. *Sustainability (Switzerland)*, 12(13). <https://doi.org/10.3390/su12135339>
- Overskeid, G. (2018). Do We Need the Environment to Explain Operant Behavior? *Frontiers in Psychology*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00373>.
- Oyarzun, B., & Martin, F. (2023). A systematic review of research on online learner collaboration from 2012-21: Collaboration technologies, design, facilitation, and outcomes. *Online Learning*, 27(1), 71-106. <https://doi.org/10.24059/olj.v27i1.3407>
- Pada, I., & Korban, S. (2017). Konsep pendekatan behavior dalam menangani perilaku indisipliner pada siswa korban perceraian. *Konseli: Jurnal Bimbingan dan Konseling*, 04(1), 1–12.
- Palincsar, A. S. (1998). Social constructivist perspectives on teaching and learning. *Annual review of psychology*, 49, 345–375.
- Pambudi, F. S., & Diawati, C. (t.t.). *Pengaruh Isu Sosiosaintifik untuk Meningkatkan Literasi Kimia pada Materi Elektrolit dan Non-Elektrolit*. 12.
- Pande, M., & Bharathi, S. V. (2020). Theoretical foundations of design thinking – A constructivism learning approach to design thinking. *Thinking Skills and Creativity*, 36(100637).
- Panthi, B. N. (2023). The critical in critical pedagogy: The interface between challenges and opportunities. *Journal of Tilottama*, 1(1), 24–35. <https://doi.org/10.3126/jtilottama.v1i1.64513>
- Papathanasiou, I., Christos K., Evangelos F., Katerina K., and Lambrini K. (2014). Critical Thinking: The Development of an Essential Skill for Nursing Students. *Acta Informatica Medica*, 22(4), 283. <https://doi.org/10.5455/aim.2014.22.283-286>.

- Pardede, P. (2020). Integrating the 4Cs into EFL Integrated Skills Learning. *JET (Journal of English Teaching)*, 6(1), 71–85. <https://doi.org/10.33541/jet.v6i1.190>
- Partnership for 21st century Skill. (2009). *21st Century Skills Map*. www.21stcenturyskills.org.
- Pattiweal, A. S. (2016). Addressing 21st Century Communication Skills: Some Emerging Issues from Eil Pedagogy & Intercultural Communicative Competence. *IJEE (Indonesian Journal of English Education)*, 3(2), 158–170. <https://doi.org/10.15408/ijee.v3i2.3164>
- Peacock, J. G., & Grande, J. P. (2016). An online app platform enhances collaborative medical student group learning and classroom management. *Medical Teacher*, 38(2), 174–180. <https://doi.org/10.3109/0142159X.2015.1020290>
- Peavy, R. V. (1969). Cybernetic Educational Design: An Example. *The Journal of Educational Thought (JET) / Revue de la Pensée Éducative*, 3(1), 15–19.
- Peppler, K. (2017). *The SAGE Encyclopedia of Out-of-School Learning*. SAGE Publications, Inc. <https://doi.org/10.4135/9781483385198>
- Pratama, W. A., Hartini, S., & Misbah, M. (2019). Analisis literasi digital siswa melalui penerapan e-learning berbasis schoology. *Jurnal Inovasi Dan Pembelajaran Fisika*, 6(1), 9–13. <https://doi.org/10.36706/jipf.v6i1.10398>
- Purwati, R., Hobri, & Fatahillah, A. (2016). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa dalam Menyelesaikan Masalah Persamaan Kuadrat pada Pembelajaran Model Creative Problem Solving. *Kadikma*, 7(1), 84–93.
- Puspa, C. I. S., Rahayu, D. N. O., & Parhan, M. (2023). Transformasi Pendidikan Abad 21 dalam Merealisasikan Sumber Daya Manusia Unggul Menuju Indonesia Emas 2045. *Jurnal Basicedu*, 7(5), 3309–3321. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v7i5.5030>
- Putri, Ayu Aprilia, and Suparno. (2020). Recognize Geometry Shapes through Computer Learning in Early Math Skills. *JPUD - Jurnal Pendidikan Usia Dini*, 14 (1), 43–57. <https://doi.org/10.21009/JPUD.141.04>.
- Putri, N. S., Juandi, D., & Jupri, A. (2022). Pengaruh model pembelajaran kooperatif tipe think-talk-write terhadap kemampuan komunikasi matematis siswa: Studi meta-analisis. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 6(1), 771–785. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v6i1.1264>.
- Radovanović, D., Holst, C., Belur, S. B., Srivastava, R., Hounbonon, G. V., Le Quentrec, E., Miliza, J., Winkler, A. S., & Noll, J. (2020). Digital literacy key performance indicators for sustainable development. *Social Inclusion*, 8(2), 151–167. <https://doi.org/10.17645/si.v8i2.2587>.
- Rahman, A. A., Zaid, N. M., Abdullah, Z., Mohamed, H., & Aris, B. (2015). Emerging project based learning in flipped classroom: Technology used to increase students' engagement. *2015 3rd International Conference on Information and Communication Technology, June*, 212–215. <https://doi.org/10.1109/ICoICT.2015.7231424>
- Rahman, R., Sopandi, W., Widya, R. N., & Yugafiati, R. (2019). Literacy in The Context of Communication Skills for The 21st Century Teacher Education in Primary School Students. *International Journal of Science and Applied Science: Conference Series*, 3(1), 101. <https://doi.org/10.20961/ijssascs.v3i1.32462>

- Roberts, A. M., Sternberg, R. J., Runco, M. A., Acar, S., Ward, T. B., Kolomyts, Y., & Kaufman, J. C. (2021). Creativity and cognition, divergent thinking, and intelligence. In *Creativity* (pp. 102–127). Cambridge University Press.
- Romanides, D. K., Krashen, S. D., Ulgen, F. R., Sukardi, D. K., Ruzaik, F., & Rahmafitria, F. (1997). *Creativity and innovation in entrepreneurship*. University of Ilorin.
- Rusiana, R., Nuraeningsih, N., & Hajimia, H. (2023). Students' perception of project-based learning implementation in teaching English to young learners class. *KREDO: Jurnal Ilmiah Bahasa dan Sastra*, 7(1), 160–172. <https://doi.org/10.24176/kredo.v7i1.10507>
- Sabatino, D. A. (1968). The Information Processing Behaviors Associated with Learning Disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 1(8), 440–450. <https://doi.org/10.1177/002221946800100802>
- Sacramento, J. (2019). Critical Collective Consciousness: Ethnic Studies Teachers and Professional Development. *Equity & Excellence in Education*, 52(2–3), 167–184. <https://doi.org/10.1080/10665684.2019.1647806>
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2004). The Morality of Socioscientific Issues: Construal and Resolution of Genetic Engineering Dilemmas. *Science Education*, 88(1), 4–27. <https://doi.org/10.1002/sce.10101>
- Salkind, N. (2005). *Encyclopedia of Human Development*. SAGE Publications, Inc. <https://doi.org/10.4135/9781412952484>
- Sanchez, J. M. P., Picardal, M. T., Fernandez, S. R., & Caturza, R. R. A. (2024). Socio-Scientific Issues in Focus: A Meta-analytical Review of Strategies and Outcomes in Climate Change Science Education. *Science Education International*, 35(2), 119–132. <https://doi.org/10.33828/sei.v35.i2.6>
- Saputra, M. D., Joyoatmojo, S., Wardani, D. K., & Sangka, K. B. (2019). Developing Critical-Thinking Skills through the Collaboration of Jigsaw Model with Problem-Based Learning Model. *International Journal of Instruction*, 12(1), 1077–1094. <https://doi.org/10.29333/iji.2019.12169a>
- Sardabi, N., Biria, R., & Golestan, A. A. (2018). Reshaping Teacher Professional Identity through Critical Pedagogy-Informed Teacher Education. *International Journal of instruction*.
- Sawyer, R. K. (2022). Teaching creative thinking: How design professors externalize their creative thinking in studio classroom talk. *Mind, Culture, and Activity*, 29 (1). <https://doi.org/10.1080/10749039.2021.1893337>.
- Segundo Marcos, R. I., López Fernández, V., Daza González, M. T., & Phillips-Silver, J. (2020). Promoting children's creative thinking through reading and writing in a cooperative learning classroom. *Thinking Skills and Creativity*, 36, 100663. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100663>.
- Selman, Y. F. (2020). Evaluation of the implementation of 4c skills in Indonesian subject at senior high schools. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 9(2), 244–257.
- Serrano, M. M. (2018). Critical Pedagogy and assessment in higher education: The ideal of 'authenticity' in learning. *Active Learning in Higher Education*, 19(1), 9–21. <https://doi.org/10.1177/1469787417723244>
- Shabani, K. (2016). Applications of Vygotsky's sociocultural approach for teachers' professional development (B. F. Ewing, Ed.). *Cogent Education*, 3(1), 1252177. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2016.1252177>

- Shaturaev, J. (2021). Indonesia: Superior policies and management for better education (community development through education). *Архив Научных Исследований*, 1(1), 1–10. <https://www.researchgate.net/publication/357271101>
- Shrivasta, A. (2018). Using connectivism theory and technology for knowledge creation in cross-cultural communication. *Research in Learning Technology*, 26(1063519), 1–16. <https://doi.org/10.25304/rlt.v26.2061>.
- Simamora, I. Y., Jannah, N. A., Hakim, F., & Diki, I. (2024). Revitalisasi pembangunan dalam pendidikan melalui komunikasi efektif. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(1), 4921–4927.
- Simon, S., Erduran, S., & Osborne, J. (2006). Learning to teach argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 28(2–3), 235–260. <https://doi.org/10.1080/09500690500336957>.
- Skidmore, D., & Murakami, K. (2016). Dialogic pedagogy: An introduction. *Dialogic pedagogy: The importance of ...* <https://doi.org/10.21832/9781783096220>
- Sofyan, D., Khatimah, H., & Yuniarti, H. (2024). Pendampingan calon guru penggerak dalam meningkatkan kreativitas dan inovasi dalam pembelajaran pada guru sekolah dasar dan menengah di Kota Bima. *Jurnal Penelitian, Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat*, 1(1), 1–8. <https://rumahjournal.yayasanassyifa.com/index.php/jp3m/article/view/18a>
- Solso, R. L., Maclin, O. H., MacLin, M. K., & MacLin, O. H. (2013). *Cognitive Psychology* (8th ed). Pearson Education UK. <https://public.ebookcentral.proquest.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=5138812>
- Somsen, G. (2022). Afterword: Science popularization, dictatorships, and democracies. *History of Science*, 60(3), 430–435. <https://doi.org/10.1177/00732753211073422>
- Spencer-Keyse, J., Luksha, P., & Cubista, J. (2020). *Learning Ecosystems: An Emerging Praxis For The Future Of Education*. <https://learningecosystems2020.globaledufutures.org/>
- Staddon, J. E. R., & Bueno, J. L. O. (1991). On models, behaviorism and the neural basis of learning. *Psychological Science*, 2(1), 3–11. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1991.tb00086.x>
- Strapasson, B. A. (2020). An Updated Bibliography of John B. Watson. *Perspectives on Behavior Science*, 43(2), 431–44. <https://doi.org/10.1007/s40614-020-00252-0>.
- Styles, K., & Linda. (2003). The relationship between critical pedagogy and assessment in teacher education. *Radical Pedagogy*, 5, 1–19.
- Sudargo, F., & Asiah, S. (2010). Kemampuan pedagogik calon guru dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan keterampilan proses siswa melalui pembelajaran berbasis praktikum. *Jurnal Pengajaran IPA*, 15(1), 4–12.
- Sugiyono. (2017). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif dan R&D* (hlm. 334). Alfabeta.

- Suharti, P. (2019). *Model Pembelajaran Investigation Based Scientific Colaborative (IBSC) untuk Melatihkan Keterampilan Komunikasi dan Kolaborasi Siswa*. Universitas Negeri Surabaya.
- Suharto, V. T., Waraulia, A. M., & Hermayani, T. (2020). The implementation of innovative learning models and based hots scientific approach on lesson plan of Indonesian language at schools. *Journal of Physics: Conference Series*, 1464(1), 012023. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1464/1/012023>
- Suhendi, A. (2018). Constructivist Learning Theory: The Contribution to Foreign Language Learning and Teaching. *KnE Social Sciences*, 2018, 87–95. <https://doi.org/10.18502/kss.v3i4.1921>
- Sulaiman, F. (2011). *The Effectiveness of Problem-Based Learning (PBL) Online on Students' Creative and Critical Thinking in Physics at Tertiary Level in Malaysia*. University of Waikato.
- Sulaiman, J., & Ismail, S. N. (2020). Teacher Competence and 21st Century Skills in Transformation Schools 2025 (TS25). *Universal Journal of Educational Research*, 8(8), 3536–3544. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.080829>
- Sulistiyowati, S., Abdurrahman, A., & Jalmo, T. (2018). The Effect of STEM-Based Worksheet on Students' Science Literacy. *Tadris: Jurnal Keguruan dan Ilmu Tarbiyah*, 3(1), 89–96. <https://doi.org/10.24042/tadris.v3i1.2141>
- Sumarni, W., & Kadarwati, S. (2020). Ethno-Stem Project-Based Learning: Its Impact to Critical and Creative Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(1), 11–21. <https://doi.org/10.15294/jpii.v9i1.21754>
- Sumartini, T. S. (2019). Kemampuan Berpikir Kreatif Mahasiswa melalui Pembelajaran Mood , Understanding , Recall , Detect , Elaborate , and Review Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 8(1), 13–24.
- Sumintono, B., & Widhiarso, W. (2015). Aplikasi pemodelan Rasch pada asesmen pendidikan. Bandung: Trim Komunikata.
- Sunyono. (2020). Model pembelajaran multiple representasi (2nd Ed.). Graha Ilmu.
- Sunyono. (2014). *Model Pembelajaran Kimia Berbasis Multipel Representasi dalam Membangun Model Mental Mahasiswa pada Mata Kuliah Kimia Dasar* (Disertasi, Program S3 Pendidikan Sains, Program Pascasarjana Universitas Negeri Surabaya, tidak dipublikasikan).
- Sunyono & Meristin, A. (2018). The effect of multiple representation-based learning (MRL) to increase students' understanding of chemical bonding concepts. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(4), 399-406. <https://doi.org/10.15294/jpii.v7i4.16219>
- Sutarman, Sunendar, D., & Mulyati, Y. (2019). Investigating cooperative learning model based on interpersonal intelligence on language learners skill to write article. *International Journal of Instruction*, 12(4), 201–218. <https://doi.org/10.29333/iji.2019.12413a>
- Swanson, H. L. (1987). Information Processing Theory and Learning Disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 20(3), 155–166. <https://doi.org/10.1177/002221948702000303>
- Swartz, R. J., & Parks, S. (1994). *Infusing the Teaching of Critical and Creative Thinking into Content Instruction: A Lesson Design Handbook for the Elementary Grades*. Critical Thinking Press and Software, P.

- Tang, T., Vezzani, V., & Eriksson, V. (2020). Developing critical thinking, collective creativity skills and problem-solving through playful design jams. *Thinking Skills and Creativity*, 37, 100696. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100696>.
- Teo, P. (2019). Teaching for the 21st century: A case for dialogic pedagogy. *Learning, Culture and Social Interaction*, 21(March), 170–178. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2019.03.009>
- Thompson-Bramwell, Belinda, and Nicole Mauzard. (2022). The Use of Conditioning in Behavior Modification. *East African Journal of Education and Social Sciences*, 3 (3), 107. <https://doi.org/10.4314/eajess.v3i3.184>.
- Thompson, N. A. (2018). Imagination and creativity in organizations. *Organization Studies*, 39(2–3), 229–250. <https://doi.org/10.1177/0170840617736939>.
- Thornhill-Miller, B., Camarda, A., Mercier, M., Burkhardt, J. M., Morisseau, T., Bourgeois-Bougrine, S., Vinchon, F., El Hayek, S., Augereau-Landais, M., Mourey, F., Feybesse, C., Sundquist, D., & Lubart, T. (2023). Creativity, critical thinking, communication, and collaboration: Assessment, certification, and promotion of 21st-century skills for the future of work and education. *Journal of Intelligence*, 11(3), 54. <https://doi.org/10.3390/jintelligence11030054>.
- Tishana, A., Alvendri, D., Pratama, A. J., Jalinus, N., & Abdullah, R. (2023). Filsafat konstruktivisme dalam mengembangkan calon pendidik pada implementasi merdeka belajar di sekolah kejuruan. *Journal on Education*, 5(2), 1855–1867. <https://doi.org/10.31004/joe.v5i2.826>
- Torrance, T. F. (2013). The Orthodox Church in Great Britain. *Participato: The Journal of the T.F Torrance Theological Fellowship*, 333–339.
- Trianggono, M. M. (2017). Analisis kausalitas pemahaman konsep dengan kemampuan berpikir kreatif siswa pada pemecahan masalah fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Keilmuan (JPFK)*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.25273/jpfk.v3i1.874>
- Tudge, J. R. H., & Winterhoff, P. A. (1993). Vygotsky, Piaget, and Bandura: Perspectives on the relations between the social world and cognitive development. *Human Development*, 36(2), 61–81. <https://doi.org/10.1159/000277297>
- Turan, U., Yahya F., & Canan Y. (2019). Critical Thinking as a Qualified Decision Making Tool. *Journal of History Culture and Art Research* 8(4). <https://doi.org/10.7596/taksad.v8i4.2316>.
- UNESCO. (2020). *Education for sustainable development: A roadmap*. <https://doi.org/10.54675/YFRE1448>
- van Hooijdonk, M., Mainhard, T., Kroesbergen, E. H., & Van Tartwijk, J. (2023). Creative problem solving in primary school students. *Learning and Instruction*, 88, 101823. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2023.101823>
- van Laar, E., van Deursen, A. J. A. M., van Dijk, J. A. G. M., & de Haan, J. (2018). 21st-century digital skills instrument aimed at working professionals: Conceptual development and empirical validation. *Telematics and Informatics*, 35(8), 2184–2200. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.08.006>
- Varadwaj, K., & Varadwaj, J. (2022). Mediation of spiritual intelligence between psychological capital and academic behaviours of college students.

- Canadian Journal of Educational and Social Studies*, 2(3), 1–22. <https://doi.org/10.53103/cjess.v2i3.40>
- Vavrus, M. (2007). Culturally Responsive Teaching. Dalam *21st Century Education: A Reference Handbook* (hlm. 17). Sage Reference.
- Viehmann, C., Fernández Cárdenas, J. M., & Reynaga Peña, C. G. (2024). The use of socioscientific issues in science lessons: A scoping review. *Sustainability (Switzerland)*, 16(14). <https://doi.org/10.3390/su16145827>
- Vithanapathirana, M., & Nettikumara, L. (2020). Improving secondary science instruction through content and language integrated learning (CLIL) in Sri Lanka. *International Online Journal of Education and Teaching*, 7(1), 141–148.
- Voke, H. (2007). *"Pedagogy of the Oppressed" Civic Engagement and Education*. Georgetown University.
- Vukić, Đ., Martinčić-Ipšić, S., & Meštrović, A. (2020). Structural analysis of factual, conceptual, procedural, and metacognitive knowledge in a multidimensional knowledge network. *Complexity*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/9407162>
- Wahono, B., Lin, P. L., & Chang, C. Y. (2020). Evidence of STEM enactment effectiveness in Asian student learning outcomes. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00236-1>
- Wahyu Septiningrum, A., & Fauziah, H. N. (2021). Investigasi kebiasaan berpikir analitis melalui pengembangan instrumen penilaian berbasis isu sosiosaintifik. *Jurnal Tadris IPA Indonesia*, 1(3), 269–281. <https://doi.org/10.21154/jtii.v1i3.156>
- Warman, W., Suryaningsi, S., & Mulawarman, W. G. (2021). Overcoming obstacles in implementing 2013 curriculum policy. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 16(3), 967–980. <https://doi.org/10.18844/cjes.v16i3.5770>
- Wiener, N. (1989). *The Human Use of Human Beings: Cybernetics and Society*. Free Associations Book.
- Weinstein, Y., Madan, C. R., & Sumeracki, M. A. (2018). Teaching the science of learning. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 3(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s41235-017-0087-y>.
- Wit, H. de, & Altbach, P. G. (2021). Internationalization in higher education: Global trends and recommendations for its future. *Policy Reviews in Higher Education*, 5(1), 28–46. <https://doi.org/10.1080/23322969.2020.1820898>
- Zhou, M., College, D. S., Brown, D., & College, D. S. (2015). *Educational Learning Theories: 2nd Edition Educational Learning Theories*.
- Zhu, L., & Atompag, S. M. (2023). The application of the constructivism theory in enhancing classroom teaching. *Journal of Contemporary Educational Research*, 7(12), 209–213. <https://doi.org/10.26689/jcer.v7i12.5792>