

MODEL CERIA UNTUK PEMBELAJARAN FISIKA

DISERTASI

Oleh

**AGUNG SEDAYU
NPM 2133031009**



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

MODEL CERIA UNTUK PEMBELAJARAN FISIKA

Oleh

AGUNG SEDAYU

Disertasi

**Sebagai salah satu Syarat untuk Mencapai Gelar
DOKTOR PENDIDIKAN**

Pada

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



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

PERNYATAAN ORISINALITAS DAN PUBLIKASI DISERTASI

Saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Disertasi yang berjudul “MODEL CERIA UNTUK PEMBELAJARAN FISIKA” 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 disebutkan dalam sumber acuan serta daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam karya ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan (Permendiknas No 17 Tahun 2010).
2. Publikasi sebagian atau keseluruhan isi Disertasi * pada jurnal atau forum ilmiah lain harus seijin dan menyertakan tim pembimbing sebagai author dan FKIP UNILA sebagai institusinya. Apabila dalam waktu sekurang-kurangnya satu semester (enam bulan sejak pengesahan Disertasi*) saya tidak melakukan publikasi dari sebagian atau keseluruhan Disertasi* ini, Program Studi Doktor Pendidikan, FKIP UNILA berhak mempublikasikan pada jurnal ilmiah yang diterbitkan oleh Program Studi Doktor Pendidikan, FKIP UNILA. Apabila saya melakukan pelanggaran dari ketentuan publikasi ini, maka saya bersedia mendapatkan sanksi akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 19 September 2025
Yang membuat pernyataan,



Agung Sedayu
NPM 2133031009

MODEL CERIA UNTUK PEMBELAJARAN FISIKA

DISERTASI

Oleh

Agung Sedayu

NPM 2133031009

Komisi Pembimbing

Nama

Tanda Tangan

Promotor

Prof. Dr. Herpratiwi, M.Pd.

NIP. 196409141987122001

Co-Promotor I

Dr. Dwi Yulianti, M.Pd.

NIP. 196707221992032001

Co-Promotor II

Dr. I Wayan Distrik, M.Si.

NIP. 196312161991021001

Telah dinyatakan memenuhi syarat pada tanggal 6 Agustus 2025

Mengetahui,

Ketua Program Studi Doktor Pendidikan,

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

NIP. 19670521 200012 1 001

MODEL CERIA UNTUK PEMBELAJARAN FISIKA

DISERTASI

Oleh

Agung Sedayu
NPM 2133031009

Tim Penguji

Jabatan

Nama

Tanda Tangan

Ketua

Dr. Riswandi, M.Pd.
NIP. 197608082009121001

Sekretaris

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

Anggota

Dra. Umi Chotimah, M.Pd., Ph.D.
NIP. 196312211989112001

Dr. Joko Sutrisno AB, M.Pd.
NIP. 196310201989031001

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

Prof. Dr. Herpratiwi, M.Pd.
NIP. 196409141987122001

Dr. Dwi Yulianti, M.Pd.
NIP. 196707221992032001

Dr. I Wayan Distrik, M.Si.
NIP. 196312161991021001

Telah dipertahankan di depan penguji pada sidang tertutup dan dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 20 Agustus 2025



Dekan FKIP Universitas Lampung

Ketua Program Studi Doktor Pendidikan,

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

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

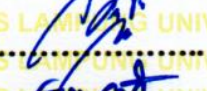
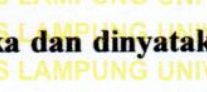
MODEL CERIA UNTUK PEMBELAJARAN FISIKA

DISERTASI

Oleh

Agung Sedayu
NPM 2133031009

Tim Penguji

Jabatan	Nama	Tanda Tangan
Ketua	Prof. Dr. Ayi Ahadiat, S.E., M.B.A. NIP. 196503071991031001	
Sekretaris	Prof. Hasan Hariri, S.Pd., M.B.A., Ph.D. NIP. 196705212000121001	
Anggota	Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd. NIP. 198708042014041001	
	Dra. Umi Chotimah, M.Pd., Ph.D. NIP. 196312211989112001	
	Dr. Joko Sutrisno AB, M.Pd. NIP. 196310201989031001	
	Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si. NIP 196008211985031004	
	Prof. Dr. Herpratiwi, M.Pd. NIP. 196409141987122001	
	Dr. Dwi Yulianti, M.Pd. NIP. 196707221992032001	
	Dr. I Wayan Distrik, M.Si. NIP. 196312161991021001	

Telah dipertahankan di depan penguji pada sidang terbuka dan dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 19 September 2025

Dekan FKIP Universitas Lampung

Direktur Pascasarjana,


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


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

Tanggal lulus ujian disertasi 19 September 2025

RIWAYAT HIDUP

Agung Sedayu lahir di Jakarta pada tanggal 1 Januari 1981. Penulis merupakan putra dari pasangan Ibu Ngatinem dan Bapak Kasman. Riwayat pendidikan promovendus dimulai dengan menempuh studi Sarjana (S1) di Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Lampung, dan berhasil meraih gelar sarjana pada tahun 2003. Penulis memperoleh beasiswa dari Direktorat Pembinaan SMK – Ditjen PMPTK untuk melanjutkan pendidikan Magister (S2) di Program Studi Teknologi Informasi, STEI - Institut Teknologi Bandung, dan lulus pada tahun 2007. Sebagai bentuk komitmen dalam pengembangan keilmuan di bidang pendidikan, pada tahun 2021 penulis memulai studi jenjang Doktoral (S3) di Program Studi Doktor Pendidikan, Universitas Lampung.

Penulis mengawali karir di Lembaga Penjaminan Mutu Pendidikan (LPMP) Provinsi Lampung pada tahun 2003 sampai dengan 2022. Saat ini, penulis menjabat sebagai tenaga fungsional Pengembang Teknologi Pembelajaran (PTP) Ahli Muda di Balai Guru dan Tenaga Kependidikan (BGTK) Provinsi Lampung 2022 - sekarang.

Penulis telah menghasilkan sejumlah keluaran akademik, di antaranya sebuah buku model ber-ISBN, publikasi artikel di jurnal bereputasi SINTA 2 dan Scopus Q1. Dengan capaian tersebut, penulis berharap dapat memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang pendidikan dan pembelajaran berbasis inovasi.

MOTTO

“Ilmu itu kehidupan hati dari kebodohan, cahaya penglihatan dari kegelapan.”

Ali bin Abi Thalib

“Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi sesamanya.”

Abdullah bin Umar

ABSTRAK

MODEL CERIA UNTUK PEMBELAJARAN FISIKA

Oleh

AGUNG SEDAYU

Keterampilan berpikir kreatif merupakan kemampuan esensial dalam pendidikan abad ke-21, khususnya dalam memahami konsep kompleks seperti dinamika rotasi dalam fisika. Penelitian ini bertujuan mengembangkan serta menguji kevalidan, kepraktisan dan keefektifan Model CERIA untuk meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa SMA. Penelitian ini menggunakan pendekatan *mixed methods* dengan model penelitian dan pengembangan (R&D). Model CERIA secara signifikan efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa. Aspek *originality* menunjukkan peningkatan paling dominan sebesar 42%, diikuti oleh *elaboration* sebesar 37%, sementara aspek *fluency* dan *flexibility* meningkat masing-masing sebesar 25%-30%. Model CERIA mendorong siswa lebih terlibat aktif dalam diskusi, elaborasi konsep, dan proses pembangunan ide melalui pemanfaatan OER. Selain itu, hasil penelitian menunjukkan bahwa model CERIA efektif diterapkan di lokasi urban, suburban, dan rural, dengan efektivitas yang konsisten di seluruh lokasi. Model CERIA terbukti valid, praktis dan efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa.

Kata Kunci: Model CERIA, berpikir kreatif, OER, pembelajaran fisika

ABSTRACT

THE CERIA MODEL for PHYSICS EDUCATION

By

AGUNG SEDAYU

Creative thinking skill is one of essential competencies in 21st-century education, especially in understanding complex concepts such as rotational dynamics in physics. This study aimed to develop and to test the validity, practicality, and effectiveness of the CERIA Learning Model in enhancing high school students' creative thinking skill. A mixed methods approach with a research and development (R&D) model was employed. The findings indicated that the CERIA Model was significantly effective in improving students' creative thinking skill. The originality aspect showed the most dominant increase of 42%, followed by elaboration at 37%, while the fluency and flexibility aspects increased by 25%-30%. The CERIA Learning Model encouraged students to be more actively involved in discussions, conceptual elaboration, and the ideation process through the utilization of Open Educational Resources (OER). Furthermore, the results showed that the CERIA model was effectively applied in urban, suburban, and rural locations, with consistent effectiveness across all areas. The CERIA Model has proven to be valid, practical, and effective in enhancing students' creative thinking skill.

Keywords: CERIA Model, creative thinking, OER, physics education

KEBARUAN (NOVELTY)

Penelitian disertasi dengan judul “MODEL CERIA UNTUK PEMBELAJARAN FISIKA” menghasilkan kebaruan sebagai berikut:

1. Kebaruan Praksiologis :
 - a. Model CERIA memiliki 5 (lima) Sintaks/tahapan pembelajaran, yaitu : (1) *Contextualize*, (2) *Elaborate*, (3) *Reframe*, (4) *Implement*, dan (5) *Assess*. Kelima tahapan ini dilandasi oleh teori belajar konstruktivisme kognitif dan konstruktivisme sosial selain itu diintegrasikan dengan teori sibernetik dan sistem kreatif;
 - b. Model CERIA memiliki validitas/kelayakan yang tinggi berdasarkan penilaian validator;
 - c. Model CERIA memiliki kepraktisan yang tinggi yang ditunjukkan dengan tingkat keterlaksanaan dan kemenarikan dalam pembelajaran yang mencapai kategori tinggi;
 - d. Model CERIA memiliki efektivitas yang tinggi terhadap peningkatan keterampilan berpikir kreatif siswa. Aktivitas siswa dalam pembelajaran dengan Model CERIA didominasi dengan kegiatan *Reframe* dan *Implement*. Siswa bekerjasama dalam tim diskusi yang sudah dibentuk sebelumnya untuk mengamati kondisi nyata yang diselaraskan dengan konsep untuk memunculkan masalah yang akan dipecahkan dalam pembelajaran.
2. Kebaruan Teoritis
 - a. Model CERIA berkontribusi terhadap perkembangan teori terutama konstruktivisme kognitif dan konstruktivisme sosial. Secara teoritis, model CERIA memperkuat prinsip-prinsip konstruktivisme yang menekankan bahwa pembelajaran adalah proses aktif dimana siswa mengkonstruksi pemahaman mereka sendiri melalui interaksi dengan sumber daya dan

lingkungan belajar. Pemberian penambahan penekanan pada peran guru melalui *scaffolding* dan umpan balik dalam proses pembelajaran khususnya diskusi membantu siswa dalam mengkonstruksi pengetahuan yang sangat bermanfaat dalam pembangunan ide-ide kreatif.

- b. Model CERIA melengkapi model PBL konvensional dengan beberapa peningkatan, terutama dalam aspek penentuan masalah, proses diskusi, dan sumber belajar. Model CERIA menjadikan OER sebagai dasar dalam setiap langkah pembelajaran dengan memberikan akses ke berbagai sumber belajar, termasuk video interaktif, dataset publik, dan simulasi berbasis AI yang mendukung pemahaman konsep yang lebih mendalam. Peran OER dalam model ini sangat penting karena memungkinkan siswa untuk mengakses sumber daya pembelajaran yang bervariasi dan fleksibel, yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan tingkat pemahaman masing-masing siswa. Penggunaan OER juga mendorong kolaborasi dan diskusi aktif di antara siswa, yang mendukung PBL dengan memperkaya pemahaman mereka terhadap topik yang didisusai dan memfasilitasi eksplorasi lebih lanjut. OER juga memberikan kesempatan untuk memperkenalkan teknologi dan media yang lebih canggih dalam pembelajaran, seperti penggunaan simulasi dan aplikasi berbasis AI, yang meningkatkan keterlibatan siswa dan memperdalam pemahaman mereka terhadap konsep-konsep yang kompleks.

PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmanirrohim

Puji dan syukur kepada Allah SWT atas segala hidayah dan karunia-Nya. Sholawat dan Salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW. Dengan kerendahan hati dan rasa syukur, ku persembahkan sebuah karya ini sebagai tanda cinta dan sayangku kepada:

1. Kedua orang tuaku Almarhumah Mamak “Ngatinem” dan Almarhum Bapak “Kasman” yang telah membesarkanku dengan penuh kasih sayang, pengorbanan, dan kesabaran. Terima kasih atas setiap tetes keringat, dan yang selalu membimbing serta senantiasa mendoakanku, semoga Allah SWT menerima amal ibadah Mamak dan Bapak.
2. Kedua mertuaku Ibu “Rubinah” dan Bapak “Muhtar Misa” yang telah memberikan semangat dan motivasi dalam hidup serta mendoakan segala usaha sehingga penulis berhasil menyelesaikan studi.
3. Kepada Istriku “Abi Martina” dan anak-anakku tercinta “Muhammad Hanif Rasyid Sedayu, Najla Afra Nabila Sedayu” dan Syakira Alfathunnisa Sedayu”, kalian adalah sumber semangat yang tak pernah padam. Kehadiran dan cinta kalian memberikan motivasi sekaligus alasan untuk penulis terus berjuang.
4. Kepada Almamater Universitas Lampung, sebagai tempat penulis menimba ilmu, merajut pengalaman dan mengukir perjalanan yang penuh warna dan memberikan fondasi kuat untuk masa depan.

SANWACANA

Allhamdulillahirobbil'aalamin,

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas rahmat dan hidayah-Nya, saya dapat menyelesaikan penyusunan disertasi ini. Sholawat serta salam semoga tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Penulis disertasi yang berjudul “MODEL CERIA UNTUK PEMBELAJARAN FISIKA” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor Pendidikan pada Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan disertasi ini tidak terlepas dari bantuan dan pendukung dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan 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. Prof. Dr. Ayi Ahadiat, S.E., M.B.A., Wakil Rektor IV Bidang Perencanaan, Kerja Sama, dan Teknologi Informasi dan Komunikasi.
4. Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd., Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
5. Dr. Riswandi, M.Pd., Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kerjasama Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan.
6. Prof. Hasan Hariri, S.Pd., M.B.A., Ph.D. Ketua Program Studi Doktor Pendidikan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung dan Pembimbing Akademik yang telah memberikan support dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan disertasi ini.
7. Prof. Dr. Herpratiwi, M. Pd., Promotor disertasi yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan penulisan disertasi ini.
8. Dr. Dwi Yulianti, M.Pd., Co Promotor I disertasi yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan penulisan disertasi ini.

9. Dr. I Wayan Distrik, M.Si., Co Promotor II disertasi yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan penulisan disertasi ini.
10. Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si., Pembahas dan Penguji yang telah memberikan masukan, saran, dan perbaikan dalam penulisan disertasi ini.
11. Bapak dan Ibu validator Ahli: Prof. Dr. Qomariyatus Sholihah, Ams.Hyp, S.T., M.Kes., IPU.ASEAN.Eng (Universitas Brawijaya), Dr. Widowati Pusporini, M.Pd (Universitas Negeri Yogyakarta), Prof. Dr. Muhammad Fuad, M.Pd. (Universitas Lampung), Prof. Dr. Ahmad Zainudin, M.Si. (Universitas Lampung), Dr. Rinderiyana, M.Pd. (BPMP Lampung), Dr. Gurum Ahmad Fauzi, M.Si. (Universitas Lampung), Djoko Arisworo, M.Pd. (P4TK IPA Bandung), Dr. Ernawati, M.Pd. (BPMP Lampung), Dr. Armina, M.Pd. (Dinas Pendidikan Provinsi Lampung).
12. Dra. Umi Chotimah, M.Pd., Ph.D. sebagai penguji eksternal I yang telah memberikan saran dan masukkannya atas penulisan disertasi ini.
13. Dr. Joko Sutrisno AB, M.Pd. sebagai penguji eksternal II yang telah memberikan saran dan masukkannya atas penulisan disertasi ini.
14. Mbak Iwin, Mbak Tatik, Mas Heru, Arie, Nduk Dian, Fikri yang selalu mendukung dan mendoakan penulis dalam menyelesaikan pendidikan ini.
15. Mas Amin, Mas Wahono, Mbak Ainun, Ihwan, Aisah dan Arlia yang menyemangati penulis.
16. Rohimat, S.T., M.A., Kepala Bagian Umum dan Tata Laksana Balai Besar Guru dan Tenaga Kependidikan (BBGTK) Provinsi Jawa Barat.
17. Warsita, S.S., M.Pd., Kepala Balai Penjaminan Mutu Pendidikan (BPMP) Provinsi Kepulauan Riau.
18. Hendra Apriawan, S.T. Kepala Balai Guru dan Tenaga Kependidikan (BGTK) Provinsi Lampung dan Agus Supriyanto, M.T. Kasubbag Umum Balai Guru dan Tenaga Kependidikan (BGTK) Provinsi Lampung.
19. Mbak Emilia Zulaiha Zahara, S.Si., M.M., Mbak Ida Dwi Sunarti, M.Pd, Mbak Tentrem desilowati, M.Pd, Nurningsih, S.T., M.Stat., Lili Puspita Rahayu, M.Stat., Bu Made Suwendri serta teman-teman di BPMP Provinsi Lampung dan BGTK Provinsi Lampung yang selalu menyemangati penulis.

20. Bapak dan Ibu guru SMA YP Unila Kota Bandar Lampung, SMA N 2 Negeri Katon, dan SMAN 2 Buay Bahuga yang telah membantu memberikan waktu, tempat dan masukan dalam penelitian disertasi ini.

21. Bapak dan Ibu mahasiswa Program Studi Doktor Pendidikan FKIP Universitas Lampung angkatan 2021 yang telah memberikan support dan dukungan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan penulisan disertasi ini.

Semoga hasil penelitian ini dapat berguna serta bermanfaat bagi kita semua. Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas segala bantuannya, semoga Allah SWT memberikan kebahagiaan atas semua yang telah kalian berikan.

Bandar Lampung, 19 September 2025

Agung Sedayu
NPM. 2133031009

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN ORISINALITAS DAN PUBLIKASI DISERTASI	iii
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
KEBARUAN (NOVELTY)	xi
PERSEMBAHAN.....	xiii
SANWACANA	xiv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR GAMBAR.....	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi Masalah	11
1.3 Rumusan Masalah	12
1.4 Tujuan Penelitian.....	12
1.5 Manfaat Penelitian.....	13
BAB II. KAJIAN PUSTAKA	14
2.1 Landasan Filosofis Pengembangan Model.....	14
2.2 Landasan Pedagogis Pengembangan Model	18
2.3 Keterampilan Berpikir Kreatif.....	21
2.4 <i>Problem Based Learning</i> (PBL).....	29
2.5 <i>Open Education Resources</i> (OER).....	37
2.6 Dinamika Rotasi	40

2.7	Teori Pengembangan Model.....	42
2.7.1	Teori Konstruktivisme	42
2.7.2	Teori Sibernetik.....	50
2.7.3	Teori Sistem Kreatif.....	52
2.8	Karakteristik Model Pembelajaran	56
2.9	Model Hipotetik PBL berbasis OER	59
2.9.1	Pengembangan Sintaks	60
2.9.2	Sistem Sosial	71
2.9.3	Prinsip Reaksi	74
2.9.4	Sistem Pendukung.....	75
2.9.5	Dampak Instruksional dan Pengiring	76
2.10	Penelitian Relevan	77
2.11	Kerangka berpikir Pengembangan Model Pembelajaran	79
BAB III. METODE PENELITIAN		82
3.1	Pendekatan Penelitian.....	82
3.2	Desain Penelitian	82
3.3	Waktu, Tempat dan Subyek Penelitian	86
3.4	Prosedur Penelitian.....	87
3.4.1	Studi Pendahuluan.....	87
3.4.2	Tahap Pengembangan Produk.....	88
3.4.3	Tahap Pengujian.....	90
3.5	Teknik Pengumpulan Data	93
3.6	Teknik Analisis Data	95
3.7	Efektivitas Model	101
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		108
4.1	Hasil Penelitian.....	108
4.1.1	Studi Pendahuluan.....	108
4.1.2	Pengembangan Model Pembelajaran	114
4.1.3	Hasil Validasi.....	134
4.1.4	Pengujian.....	145
4.2	Pembahasan	164
4.2.1	Model CERIA	164
4.2.2	Kontribusi Penelitian dan Kebaruan	181
4.2.3	Keunggulan dan Keterbatasan Penelitian.....	183
BAB V. KESIMPULAN, IMPLIKASI DAN SARAN		186
5.1	Kesimpulan.....	186
5.2	Implikasi	187
5.3	Saran	188
DAFTAR PUSTAKA		189
LAMPIRAN.....		207

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Tantangan Kondisi Saat Ini, dan Solusi dalam Pembelajaran	15
Tabel 2.2 Prinsip Konstruktivisme Sosial terhadap Model	28
Tabel 2.3 Faktor yang Mempengaruhi, Hambatan, dan Solusi dalam Pengembangan Keterampilan Berpikir Kreatif	33
Tabel 2.4 Perbandingan Model PBL	35
Tabel 2.5 Evolusi Model Pembelajaran PBL	36
Tabel 2.6 Perbandingan Sintaks PBL	39
Tabel 2.7 Hubungan Model Pembelajaran dengan OER dan Pendukung Terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif	49
Tabel 2.8 Prinsip Teori Sibernetik Terhadap Model yang Dikembangkan	51
Tabel 2.9 Teori Sistem Kreatif, Keterampilan Berpikir Kreatif dan Peran OER .	55
Tabel 2.10 Hubungan Keterkaitan Antar Teori terhadap Pengembangan Model	58
Tabel 2.11 Lingkungan Belajar Setiap Fase pada Model Pembelajaran Berbasis OER	72
Tabel 3.1 Daftar Sekolah Penelitian	87
Tabel 3.2 Daftar Validator	90
Tabel 3.3 Skema Rancangan uji coba Lapangan	91
Tabel 3.4 Rentang Nilai Klasifikasi Berpikir Kreatif	92
Tabel 3.5 Keterkaitan Data Penelitian dengan Instrumen penelitian	95
Tabel 3.6 Kriteria Validitas Model	96
Tabel 3.7 Klasifikasi Koefisien Korelasi Uji Validitas.....	98
Tabel 3.8 Klasifikasi Reliabilitas	99
Tabel 3.9 Kriteria Kepraktisan Model	101
Tabel 3.10 Kriteria N-Gain	102
Tabel 3.11 Kriteria <i>Effect Size</i> (Cohen's d)	105

Tabel 4.1 Hasil Persepsi Guru dan Siswa terhadap Pembelajaran PBL	110
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Awal Keterampilan Berpikir Kreatif	111
Tabel 4.3 Aktivitas Guru dan Siswa dalam Model CERIA	128
Tabel 4.4 Hasil Uji Validasi Model CERIA	135
Tabel 4.5 Rekapitulasi Saran Perbaikan Validator pada Model	135
Tabel 4.6 Hasil Uji Validasi RPP	137
Tabel 4.7 Rekapitulasi Saran Perbaikan Validasi pada RPP	138
Tabel 4.8 Hasil Rekapitulasi Uji LKPD	139
Tabel 4.9 Rekapitulasi Saran Perbaikan dan Hasil Perbaikan LKPD	140
Tabel 4.10 Rekap Hasil Validitas Instrumen Penelitian	141
Tabel 4.11 Rekapitulasi Perbaikan Instrumen Keterlaksanaan Model	142
Tabel 4.12 Hasil Uji Validitas Instrumen Tes Berpikir Kreatif	144
Tabel 4.13 Uji Reliabilitas Instrumen Tes Berpikir Kreatif	144
Tabel 4.14 Rekapitulasi Hasil Uji Coba Terbatas	145
Tabel 4.15 Rekapitulasi Hasil Keterlaksanaan Model	146
Tabel 4.16 Rekapitulasi Nilai <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	147
Tabel 4.17 Hasil <i>N-gain</i> Sekolah Sasaran	148
Tabel 4.18 Hasil Uji Normalitas Nilai N-Gain Kelas Kontrol dan Eksperimen dengan <i>Kolmogorov Smirnov</i>	158
Tabel 4.19 Hasil Uji Homogenitas	159
Tabel 4.20 Hasil Uji <i>Independent t-test</i> Model PBL berbasis OER	160
Tabel 4.21 Hasil <i>Effect Size</i> (<i>Cohen's d</i>)	161
Tabel 4.22 Rekapitulasi Respon Siswa	161
Tabel 4.23 Rekapitulasi Respon Guru	162
Tabel 4.24 Rekapitulasi Hasil Observasi Pelaksanaan Model	163

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Alur Pelaksanaan PBL	32
Gambar 2.2 Konsep Penyusunan Sintaks Model Pembelajaran	71
Gambar 2.3 Peran OER dalam Pembelajaran	79
Gambar 2.4 Kerangka Teori Pengembangan Model	80
Gambar 2.5 Alur Berpikir Pengembangan Model	81
Gambar 2.6 Model Hipotetik Pengembangan Model	77
Gambar 3.1 Model Penelitian dan Pengembangan	117
Gambar 4.1 Hasil Pemetaan Studi Literatur	109
Gambar 4.2 Peran Teori dalam Pengembangan Model	117
Gambar 4.3 Sintaks Prototipe 1 Model PBL Berbasis OER	120
Gambar 4.4 Konsep Sintaks Model Pembelajaran PBl Berbasis OER	124
Gambar 4.5 Sintaks Prototipe 2 Model PBL Berbasis OER	127
Gambar 4.6 Komponen Model PBL berbasis OER	132
Gambar 4.7 Guru Melakukan Brainstorming	149
Gambar 4.8 Diskusi Pemahaman Konsep	151
Gambar 4.9 Proses Pembangunan Ide	154
Gambar 4.10 Proses Kreatif	155
Gambar 4.11 Refleksi dan Evaluasi	157
Gambar 4.12 Kegiatan Diseminasi Model Pembelajaran	180

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Rencana Pengembangan Pembelajaran (RPP)	207
Lampiran 2. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)	220
Lampiran 3. Angket Respon Guru	234
Lampiran 4. Angket Respon Siswa.....	236
Lampiran 5. Lembar Observasi Keterlaksanaan Model.....	238
Lampiran 6. Lembar Instrumen Tes Berpikir Kreatif.....	242
Lampiran 7. Lembar Validasi Buku Model dan Perangkat Pembelajaran.....	246
Lampiran 8. Rekapitulasi Validasi Buku Model dan Perangkat Pembelajaran ..	264
Lampiran 9. Contoh Isian Validasi Buku Model, RPP dan LKPD.....	277
Lampiran 10. Lembar Validasi Angket Respon Guru, Siswa dan Observasi Keterlaksanaan Model.....	294
Lampiran 11. Rekapitulasi Hasil Validasi Respon Guru, Siswa dan Observasi Keterlaksanaan Model.....	303
Lampiran 12. Contoh Isian Validasi Respon Guru, Siswa dan Observasi Keterlaksanaan Model.....	308
Lampiran 13. Lembar Validasi Instrumen Test Berpikir Kreatif.....	317
Lampiran 14. Rekapitulasi Hasil Validasi Instrumen Berpikir Kreatif.....	321
Lampiran 15. Contoh Isian Validasi Instrumen Berpikir Kreatif	323
Lampiran 16. Rekapitulasi Nilai Keterampilan Berpikir Kreatif.....	327
Lampiran 17. Hasil Validasitas dan Reabilitas Instrumen Tes Berpikir Kreatif.	331
Lampiran 18. Rekapitulasi Kepraktisan Model	333
Lampiran 19. Rekapitulasi Keterlaksanaan Model	340
Lampiran 20. Hasil Uji Efektifitas Model	343
Lampiran 21. Surat Permohonan Validator	351
Lampiran 22. Surat Izin Penelitian.....	352
Lampiran 23. Dokumentasi.....	355

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Abad ke-21 merupakan era transformasi yang berlangsung sangat cepat di berbagai bidang, terutama dalam teknologi, ekonomi, pendidikan, dan sosial budaya. Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi, seperti kecerdasan buatan (AI), *big data*, dan *Internet of Things* (IoT), telah mengubah secara fundamental cara manusia menjalani kehidupan, bekerja, dan berinteraksi (Schwab, 2016; OECD, 2021). Perubahan tersebut menuntut masyarakat global untuk mampu beradaptasi secara kreatif dan inovatif dalam menghadapi kompleksitas kehidupan modern. Merespon perubahan tersebut, dunia pendidikan harus berperan lebih dari sekadar mentransfer pengetahuan, pendidikan dituntut untuk membekali siswa dengan keterampilan berpikir tingkat tinggi yang relevan dengan kebutuhan abad ke-21. Keterampilan berpikir kritis, berpikir kreatif, komunikasi, dan kolaborasi dikenal dengan istilah 4C menjadi kompetensi yang sangat penting untuk dikembangkan (Trilling & Fadel, 2009; OECD, 2021).

Salah satu keterampilan berbasis inovasi dan *problem-solving* yang paling esensial dalam perubahan ini adalah keterampilan berpikir kreatif. Kauffman (2022) menekankan bahwa kemampuan untuk berpikir kreatif memungkinkan individu menghadapi tantangan besar dengan cara yang lebih inovatif dan adaptif. Seiring dengan meningkatnya kompleksitas dunia kerja dan kehidupan sehari-hari, keterampilan berpikir kreatif menjadi salah satu kompetensi yang tidak hanya diperlukan untuk beradaptasi, tetapi juga untuk menciptakan solusi-solusi baru yang relevan dan efektif (World Economic Forum, 2022). Keterampilan berpikir kreatif mempersiapkan individu untuk dapat bekerja dalam lingkungan yang semakin dinamis dan tidak pasti. Keterampilan berpikir kreatif sangat diperlukan

untuk menghadapi masalah yang kompleks, yang sering kali membutuhkan pemikiran baru, orisinal, dan inovatif untuk dapat diselesaikan (Beghetto & Kaufman, 2021).

Keterampilan berpikir kreatif memiliki urgensi yang tinggi dalam dunia kerja yang semakin dinamis dan cepat berubah. *World Economic Forum* (2022) menempatkan berpikir kreatif sebagai salah satu keterampilan yang paling dicari di dunia kerja saat ini, terutama karena percepatan perubahan teknologi dan dunia kerja yang semakin tidak menentu, yang sering digambarkan dengan konsep VUCA (*Volatile, Uncertain, Complex, Ambiguous*). Keterampilan ini memungkinkan individu untuk beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan serta berinovasi dalam menciptakan solusi yang lebih baik dan relevan (Forte-Celaya et al., 2021). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kreatif sangat penting dalam mempersiapkan siswa untuk menghadapi tantangan langsung di masyarakat dan menyelesaikan permasalahan nyata, yang memerlukan pemikiran kritis dan solusi inovatif (Runco & Jaeger, 2022; Kim, 2021). Dengan demikian, pengembangan keterampilan berpikir kreatif menjadi sangat penting untuk memastikan siswa siap menghadapi perubahan di dunia yang terus berkembang.

Keterampilan berpikir kreatif dalam dunia pendidikan sangat mendukung keterampilan kolaborasi, karena memungkinkan siswa untuk mengembangkan ide-ide baru bersama teman-teman mereka dan mencari solusi terbaik dalam memecahkan masalah (Suryani et al., 2023). Keterampilan berpikir kreatif membantu membangun rasa percaya diri siswa, karena mereka merasa lebih mampu mengatasi tantangan dengan cara yang orisinal (Csikszentmihalyi, 2021). Berpikir kreatif tidak hanya berperan penting dalam meningkatkan prestasi akademik, tetapi juga mempersiapkan siswa untuk menghadapi tantangan global yang semakin kompleks, seperti yang digarisbawahi oleh Robinson (2021). Penelitian menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kreatif memungkinkan siswa untuk lebih siap menghadapi dinamika dunia kerja yang berkembang pesat, di mana kemampuan berinovasi dan berpikir di luar kebiasaan menjadi sangat bernilai (Forte-Celaya et al., 2021; Amabile, 2020). Dengan demikian, pengembangan keterampilan berpikir kreatif bukan hanya penting untuk kesuksesan akademik, tetapi juga untuk kesiapan siswa dalam menghadapi dunia yang penuh tantangan.

Sejumlah penelitian telah memverifikasi pentingnya pengembangan keterampilan berpikir kreatif di kalangan siswa. Contohnya, studi yang dilakukan oleh Scott (2015) menunjukkan bahwa penerapan metode pembelajaran yang mendorong pemikiran kreatif dapat meningkatkan prestasi belajar siswa dan memberikan mereka keterampilan yang sangat penting untuk mencapai keberhasilan di abad ke-21. Temuan serupa menunjukkan metode pembelajaran yang menghasilkan siswa yang memiliki tingkat berpikir kreatif tinggi, cenderung memiliki kemampuan pemecahan masalah yang lebih baik dan lebih adaptif terhadap perubahan (Mardiansyah et al., 2022). Selain itu, pembelajaran berbasis kreativitas dapat merangsang perkembangan keterampilan interpersonal siswa, seperti kerja sama dan komunikasi, yang sangat dibutuhkan dalam dunia kerja yang semakin kompleks (Forte-Celaya et al., 2021).

Khususnya ditingkat Sekolah Menengah Atas (SMA), tujuan pendidikan sains semakin diarahkan pada pengembangan kompetensi siswa dalam memahami konsep secara mendalam, mampu memecahkan masalah yang kontekstual, serta mengaitkan pengetahuan dengan fenomena kehidupan nyata dan kemajuan teknologi. Pembelajaran diharapkan tidak hanya menghasilkan siswa yang mampu memahami konsep dan prinsip secara teoritis, tetapi juga mampu berpikir kreatif dalam memecahkan permasalahan nyata (Putri, 2021; Yusuf et al., 2020). Oleh karena itu, dalam pembelajaran abad ke-21, pengembangan keterampilan berpikir kreatif menjadi hal yang esensial dan harus ditingkatkan melalui proses pembelajaran yang bermakna, kontekstual, serta berbasis eksplorasi.

Meskipun pentingnya keterampilan berpikir kreatif semakin diakui secara global, berbagai indikator menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kreatif siswa Indonesia masih tergolong rendah. Berdasarkan *Global Creativity Index* (GCI) 2015, Indonesia menempati peringkat 115 dari 139 negara, dengan skor 0,202 yang mencerminkan rendahnya tingkat kreativitas di berbagai sektor, termasuk pendidikan (Yu H, 2024). Temuan ini diperkuat oleh laporan *Global Innovation Index* (GII) 2020, yang menunjukkan bahwa Indonesia berada di peringkat ke-85 dari 131 negara dalam aspek inovasi. Selain itu, hasil studi terbaru *Programme for International Student Assessment* (PISA) 2023 yang dirilis oleh OECD menunjukkan bahwa mayoritas siswa Indonesia masih mengalami kesulitan dalam

berpikir kreatif, terutama dalam konteks pemecahan masalah yang kompleks (OECD, 2023). Temuan ini mengindikasikan bahwa sistem pendidikan di Indonesia masih menghadapi tantangan besar dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa, yang sangat penting untuk mempersiapkan mereka menghadapi tantangan dunia yang semakin kompleks.

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kreatif siswa di Indonesia masih tergolong rendah. Penelitian oleh Asriadi dan Istiyono (2020) menemukan bahwa hanya 30% siswa yang mencapai tingkat berpikir kreatif yang tinggi. Penelitian lain oleh Pratomo et al. (2021) melaporkan bahwa kurang dari 25% siswa mampu berpikir kreatif secara optimal. Penelitian oleh Supandi dan Suryadi (2019) memperkuat temuan ini dengan menunjukkan bahwa hanya 16% siswa yang berada pada kategori berpikir kreatif tinggi dalam konteks PBL.

Khusus di Provinsi Lampung, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nurdiana dan Caswita (2024), kemampuan berpikir kreatif siswa dalam menyelesaikan masalah masih tergolong rendah. Temuan ini diperkuat oleh Putri (2021), yang juga mengungkapkan bahwa keterampilan berpikir kreatif siswa di beberapa sekolah menengah di Bandar Lampung belum mencapai standar yang diharapkan, terutama dalam konteks pemecahan masalah. Hal tersebut sejalan dengan temuan Hidayati, 2023 (2022), yang menegaskan bahwa metode pembelajaran konvensional yang masih dominan di Lampung belum mampu memfasilitasi pengembangan kemampuan berpikir kreatif secara optimal. Oleh karena itu, penelitian-penelitian tersebut menggarisbawahi perlunya penerapan pendekatan pembelajaran yang lebih inovatif dan interaktif guna meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa di Provinsi Lampung (Nurdiana & Caswita, 2024; Putri, 2021; Hidayati, 2023).

Konteks pembelajaran fisika, keterampilan berpikir kreatif menjadi sangat penting karena fisika tidak hanya berkaitan dengan penguasaan konsep dan rumus, tetapi juga kemampuan mengamati, menalar, dan memecahkan masalah nyata secara ilmiah. Fisika menyediakan ruang untuk mengeksplorasi ide, merancang eksperimen, dan menciptakan model atau alat yang dapat merepresentasikan pemahaman terhadap fenomena alam (Yusuf et al., 2020). Pembelajaran fisika yang dirancang secara eksploratif dan kontekstual dapat menjadi sarana yang

efektif untuk melatih kemampuan berpikir kreatif, sehingga generasi mendatang tidak hanya mampu bertahan, tetapi juga dapat menciptakan perubahan positif dalam masyarakat melalui inovasi berbasis sains.

Pembelajaran fisika sering dianggap sulit karena karakteristik ilmu fisika itu sendiri yang mengandung konsep-konsep abstrak dan bersifat matematis. Fisika mengkaji fenomena alam dengan menggunakan prinsip-prinsip dasar yang seringkali tidak langsung terlihat oleh indera, sehingga memerlukan pemikiran tingkat tinggi dan kemampuan abstraksi yang kuat dari siswa (Arifin & Prasetyo, 2024). Selain itu, fisika menuntut pemahaman yang komprehensif terhadap hubungan sebab-akibat dan penerapan rumus-rumus matematis yang kompleks, yang sering menjadi kendala bagi siswa yang belum memiliki dasar matematika yang kuat (Tanzillal et al., 2024). Kompleksitas ini diperparah dengan fakta bahwa fisika bukan hanya sekadar menghafal konsep, melainkan mengintegrasikan konsep-konsep tersebut untuk memecahkan masalah nyata melalui pendekatan eksperimental dan teoritis yang sistematis (Hidayati, 2023).

Problem Based Learning (PBL) seringkali diasumsikan sebagai model yang efektif dalam meningkatkan keterampilan 4C, karena PBL mendorong siswa untuk aktif menyelesaikan masalah nyata secara kelompok (Hmelo-Silver, 2007). Seperti, penelitian yang menyatakan PBL terbukti efektif mendorong siswa untuk berpikir kritis, dan menyelesaikan masalah secara mandiri (Elizabeth & Sigahitong, 2018; Handayani & Koeswanti, 2021). Penelitian oleh Hmelo-Silver (2007) dan Adeoye & Jimoh (2023) menunjukkan bahwa PBL mendorong siswa memecahkan masalah yang kompleks secara mandiri, serta meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi.

Meskipun PBL menawarkan banyak keunggulan, seperti peningkatan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan keterampilan berpikir tingkat tinggi, model PBL juga memiliki beberapa keterbatasan yang dapat menghambat pengembangan ide orisinal siswa, sehingga mengakibatkan keterbatasan dalam pengembangan keterampilan berpikir kreatif secara optimal (Barrows & Tamblyn, 2019; Hmelo-Silver, 2004; Dolmans et al., 2019). Keterbatasan mengembangkan keterampilan berpikir kreatif yang di temukan dalam penerapan PBL antara lain: (1) keterbatasan sumber belajar (Moust et al., 2021; Hidayah et al., 2021; Tanzillal

et al., 2024), (2) belum optimalnya peran guru sebagai fasilitator dalam pembelajaran (Wang et al., 2020; Kumar & Lee, 2022), (3) ketidakefektifan diskusi kelompok (Hidayah et al., 2021), (4) terbatasnya alat peraga dan laboratorium dan (5) kompleksitas masalah yang diberikan kepada siswa (Hung, 2011; Tanzillal et al., 2024). Faktor-faktor ini menjadi tantangan yang signifikan dalam penerapan model PBL secara efektif.

Berdasarkan keterbatasan yang ada, diperlukan upaya untuk meningkatkan model PBL guna memperkuat keterampilan berpikir kreatif dalam pembelajaran fisika. Secara garis besar ada dua hal yang harus diperhatikan untuk penyempurnaan model PBL dalam pembelajaran fisika, antara lain : (1) desain pembelajaran yang mampu mendorong proses berpikir kreatif (Dolmans, 2019; Tanzillal et al., 2021). Model yang dikembangkan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kreatif membutuhkan ekosistem yang mendukung, di mana siswa diberikan ruang untuk bereksperimen dan mendapatkan umpan balik dari komunitasnya dan pendampingan dari guru sebagai fasilitator, sehingga pembelajaran yang efektif tidak hanya mengembangkan keterampilan individu tetapi juga menguatkan kolaborasi (Suryani et al., 2023). (2) kebutuhan sumber belajar (Moust et al., 2021; Chu et al., 2017; Hung, 2011). PBL dalam penerapannya memerlukan literasi informasi yang kuat agar siswa mampu mencari, mengevaluasi, dan memanfaatkan sumber belajar yang relevan secara efektif (Chu et al., 2017). Terbatasnya sumber belajar yang tersedia seringkali menyebabkan permasalahan yang diberikan kurang kontekstual dan terstruktur, membatasi kesempatan siswa untuk mengeksplorasi konsep-konsep fisika secara mendalam, kesulitan dalam mensimulasikan karena keterbatasan peralatan laboratorium serta proses diskusi yang tidak efektif karena kurang kayanya bahan diskusi yang dimiliki siswa (Dolmans, 2019; Dolmans et al., 2016; Te Winkel et al., 2006).

Sumber belajar memainkan peran yang sangat penting dalam mendukung proses konstruksi pengetahuan yang efektif, meningkatkan pemahaman konsep, dan mendorong kreativitas siswa. Sumber belajar yang mudah diakses dan komprehensif diperlukan untuk memperdalam pemahaman konsep-konsep fisika serta memungkinkan eksplorasi topik atau alternatif solusi secara mendalam. Oleh karena itu, penting untuk menyediakan sumber belajar yang lebih bervariasi dan

dapat diakses dengan mudah, baik melalui *Open Educational Resources* (OER) maupun platform pembelajaran digital lainnya, agar siswa dapat mengoptimalkan potensi mereka dalam pembelajaran berbasis masalah (Tanzillal et al., 2021).

OER merupakan sumber belajar digital yang ditawarkan secara bebas dan terbuka untuk tujuan pendidikan dan dapat digunakan untuk pengajaran, pembelajaran, dan penelitian (Hylén, 2020). OER meliputi materi pelajaran, buku teks, video streaming, aplikasi multimedia, podcast, penelitian, referensi dan bacaan, simulasi, eksperimen dan demonstrasi, silabus, kurikulum, panduan guru, dan materi lainnya yang telah dirancang untuk digunakan dalam proses belajar mengajar (UNESCO, 2015; Wiley, 2006). Penggunaan OER memungkinkan siswa untuk mengakses berbagai materi pembelajaran yang bervariasi tanpa terhambat oleh biaya atau keterbatasan geografis (Wiley & Hilton, 2018).

OER memberikan kesempatan bagi siswa untuk menghubungkan teori fisika dengan aplikasi nyata secara praktis dan kontekstual, sekaligus meningkatkan keterlibatan mereka dalam proses pembelajaran. OER tidak hanya mengatasi keterbatasan fisik sumber daya pembelajaran, tetapi juga mendorong siswa untuk belajar secara mandiri dan aktif, memperkaya pengalaman belajar mereka dalam konteks pembelajaran abad ke-21 (Putri et al., 2023). Selain itu, pemanfaatan OER dapat membantu memperkaya bahan belajar dan meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa (Sedayu, 2023). Sehingga OER sangat relevan dengan kebutuhan pembelajaran abad ke-21 karena menyediakan materi yang dapat disesuaikan dengan minat dan kebutuhan siswa, serta memungkinkan pembaruan materi secara cepat dan relevan. Integrasi OER dalam desain model PBL dapat mengatasi keterbatasan sumber belajar dan memperkaya pengalaman belajar siswa dengan akses ke berbagai sumber yang lebih fleksibel dan adaptif terhadap kebutuhan siswa (Wiley et al., 2022; Sedayu, 2023).

Dekade terakhir, penelitian mengenai pemanfaatan OER dalam pembelajaran telah menunjukkan bahwa penerapan OER tidak hanya meningkatkan aksesibilitas materi pembelajaran, tetapi juga berkontribusi signifikan pada pengembangan keterampilan abad 21 (Wiley & Hilton, 2018; Handayani & Koeswanti, 2021; Otto & Kerres, 2022; Sedayu, 2023). Tersedianya OER memungkinkan siswa mengakses berbagai sumber belajar secara gratis, yang memberikan mereka

fleksibilitas untuk mengeksplorasi ide dan topik baru secara lebih mendalam (Wiley & Hilton, 2018). Penelitian oleh Wiley et al. (2022) dan Hodgkinson-Williams & Arinto (2020) menekankan bahwa OER dapat memperkaya pembelajaran berbasis eksplorasi, mendukung pemikiran kreatif, serta meningkatkan kolaborasi antar siswa, yang memperkaya proses belajar siswa, khususnya di tingkat perguruan tinggi. Selain itu, OER dalam konteks pendidikan tinggi telah terbukti mendorong pembelajaran mandiri, memberikan siswa kendali atas proses belajar mereka, dan meningkatkan motivasi untuk berpikir kritis (Handayani & Koeswanti, 2021).

Berdasarkan penelitian sebelumnya, terdapat beberapa gap yang perlu diperhatikan dalam pengembangan model pembelajaran PBL. Pertama, penelitian yang ada sebagian besar difokuskan pada tingkat pendidikan tinggi, dengan fokus pada pengembangan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah yang kompleks, khususnya di bidang kedokteran atau sains (Wiley et al., 2022; Hodgkinson-Williams & Arinto, 2017). Sedangkan penelitian ini difokuskan pada siswa SMA, yang berada pada tahap perkembangan kognitif dan sosial yang berbeda. Kedua, penelitian mengenai PBL lebih banyak berfokus pada peningkatan pemecahan masalah, eksplorasi ide dan keterampilan berpikir kritis dan analitis (Wiley et al., 2022; Knox, 2016; Hodgkinson-Williams & Arinto, 2017), sedangkan penelitian ini menargetkan peningkatan berpikir kreatif yang lebih terbuka dan inovatif. Terakhir, Perbedaan utama antara penelitian ini dan penelitian sebelumnya adalah penggunaan OER sebagai dasar dalam desain pembelajaran bukan hanya sebagai sumber belajar pendukung, sehingga memberi ruang bagi siswa untuk mengakses materi secara mandiri dan lebih fleksibel (Dolmans et al., 2016).

Penerapan model PBL dalam kerangka OER yang berfokus pada pengembangan keterampilan berpikir kreatif dalam pembelajaran fisika masih terbatas. Penelitian yang ada terfokus pada pemanfaatan sumber belajar digital sebagai pendukung dalam proses pembelajaran, seperti pemanfaatan video (Suryani et al., 2023), simulasi digital (Sedayu, 2023), modul interaktif, LMS (Hwang, 2020), dan *Virtual Reality* (Wiley et al., 2022). Upaya memperkuat pengembangan model PBL dalam kerangka OER diperlukan pendukung landasan teori konstruktivisme, siberetik, dan teori sistem kreatif dalam mengembangkan desain

pembelajaran. Desain pembelajaran yang dikembangkan diharapkan dapat menciptakan ekosistem pembelajaran yang mendukung pengembangan ide-ide inovatif dan orisinal melalui kolaborasi, umpan balik, dan eksplorasi pengetahuan secara mandiri (Hung, 2011; Savery, 2015; Duncan & Chinn, 2007; Tyas, 2017).

Teori konstruktivisme menekankan bahwa pengetahuan dibangun secara aktif oleh siswa melalui interaksi dengan lingkungan dan pengalaman mereka, yang berperan penting dalam mengatasi kelemahan model PBL. Salah satu kelemahan utama dalam PBL adalah ketika masalah yang diberikan terlalu kompleks atau tidak sesuai dengan tingkat kemampuan siswa, yang dapat menghambat konstruksi pengetahuan yang efektif. Konstruktivisme mengusulkan pendekatan *konseptual learning*, yang mengaitkan materi pembelajaran dengan pengalaman dan konteks nyata siswa, sehingga masalah yang diberikan menjadi lebih relevan dan dapat dipahami dalam kehidupan sehari-hari mereka. Selain itu, teori konstruktivisme juga menyoroti pentingnya peran *scaffolding*, yang memberikan pendukung bertahap sesuai dengan tingkat pemahaman siswa, membantu mereka dalam memecahkan masalah secara lebih efektif (Tyas, 2017).

Teori sibermetik berfokus pada kontrol dan umpan balik dalam sistem dinamis untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran. Dalam konteks PBL, dua elemen penting dari teori ini adalah umpan balik (*feedback*) dan *self-regulation*. Umpan balik yang diberikan oleh guru atau teman sebaya membantu siswa mengenali kesalahan dan memperbaiki solusi mereka secara tepat waktu, meningkatkan pemahaman dan keterampilan berpikir kritis (Hattie & Timperley, 2007). Selain itu, *self-regulation* memungkinkan siswa untuk mengelola proses pembelajaran mereka sendiri dengan merencanakan, memonitor kemajuan, dan membuat penyesuaian untuk mencapai tujuan pembelajaran. Pengintegrasian *self-regulation* dalam PBL membuat siswa lebih mandiri dalam mengidentifikasi kelemahan dan memperbaikinya tanpa bergantung sepenuhnya pada instruksi guru (Zimmerman, 2020).

Teori sistem kreatif, yang menggabungkan elemen-elemen konstruktivisme dan sibermetik, juga berperan penting dalam mengatasi kelemahan PBL. Sistem kreatif bekerja dengan cara di mana individu mengembangkan ide-ide baru dalam konteks domain tertentu, yang kemudian dievaluasi dan dikembangkan lebih lanjut

oleh *field* atau komunitas yang relevan. Proses ini memungkinkan terciptanya inovasi yang orisinal dan relevan, baik dalam pendidikan maupun bidang lainnya, yang mendukung pengembangan keterampilan berpikir kreatif siswa (Csikszentmihalyi, 2019).

Penelitian pengembangan model PBL dalam kerangka OER diharapkan dapat membangun ekosistem pembelajaran yang efektif dan inovatif dengan menyediakan sumber belajar yang lengkap untuk menjadi dasar dalam setiap langkah model PBL. Mengintegrasikan komponen-komponen utama dari teori konstruktivisme seperti pengetahuan dibangun secara aktif oleh siswa, belajar bersifat kontekstual, *scaffolding*, peran guru sebagai fasilitator, asimilasi dan akomodasi, pengalaman langsung, kolaborasi serta diskusi sebagai interaksi sosial yang diperlukan dalam konstruksi pengetahuan. Selain itu pengembangan model juga dibangun dari teori siberetik dan sistem kreatif untuk memperkuat teori konstruktivisme dalam membangun keterampilan berpikir kreatif. Karakteristik siberetik seperti umpan balik, *self regulation* dan sistem terbuka serta sistem kreatif dimana individu sebagai bagian utama pembangunan berpikir kreatif melalui bidang (mata pelajaran fisika) dan medan (komunitas) dimana siswa didorong untuk tidak hanya berfokus pada penyelesaian masalah, tetapi juga mengembangkan keterampilan berpikir kreatif melalui pemahaman konsep, diskusi efektif, pengembangan ide kreatif, proses kreatif melalui eksperimen dan refleksi.

Karakteristik tiap teori belajar dalam pengembangan model PBL berbasis OER dijabarkan melalui sintaks, sistem sosial, prinsip reaksi, sistem pendukung serta dampak instruksional dan pengiring, diharapkan dapat meningkatkan efektivitas model pembelajaran PBL dalam membangun keterampilan berpikir kreatif siswa. Pendukung OER sebagai landasan pembelajaran memungkinkan proses pembelajaran menjadi lebih transformatif dalam menghadapi tantangan abad 21. Model yang dikembangkan diharapkan memberikan lebih banyak kesempatan bagi siswa untuk mengeksplorasi dan mengembangkan keterampilan berpikir kreatif mereka dalam memecahkan masalah fisika yang lebih kompleks dan relevan dengan kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya meningkatkan model PBL dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif tetapi juga menyiapkan siswa-siswa yang mampu bersaing menghadapi tantangan abad

21 yang penuh tantangan dan perubahan cepat, kompleks, serta ketidakjelasan dan ketidakpastian yang membutuhkan keterampilan adaptasi dan kemampuan untuk menghadapi tantangan yang tidak terduga.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, ditemukan beberapa poin identifikasi masalah yang berkaitan dengan pentingnya pengembangan model pembelajaran PBL berbasis OER, antara lain:

1. Adanya kebutuhan untuk membekali siswa dengan keterampilan berpikir kreatif untuk dapat menghadapi masalah yang kompleks, terutama dalam konteks fisika yang melibatkan fenomena abstrak dan kontekstual. Keterampilan ini penting untuk mendorong mereka dalam menyelesaikan masalah yang tidak hanya mengandalkan hafalan rumus, tetapi juga pemahaman mendalam dan aplikasi kreatif.
2. Pembelajaran fisika sering kali berfokus pada pemahaman rumus dan teori tanpa mendorong siswa untuk berpikir kreatif dan menghubungkan konsep-konsep fisika dengan situasi dunia nyata. Hal ini membatasi kemampuan siswa dalam menyelesaikan masalah yang kompleks secara inovatif.
3. Diperlukan pembelajaran kolaboratif di mana siswa bekerja bersama untuk memecahkan masalah dunia nyata. Pembelajaran berbasis masalah kontekstual ini memberi ruang bagi siswa untuk berpikir lebih terbuka, mengembangkan ide-ide baru, dan menyelesaikan masalah dengan pendekatan yang lebih kreatif.
4. Mengintegrasikan *scaffolding* (pendukung bertahap) dalam pembelajaran memungkinkan guru untuk memberikan bimbingan yang tepat sesuai dengan kebutuhan siswa.
5. Diperlukan umpan balik yang konstruktif dapat meningkatkan proses pembelajaran dan membantu siswa dalam mengembangkan solusi yang lebih kreatif dan aplikatif terhadap masalah yang dihadapi.
6. Kebutuhan sumber belajar yang berkualitas dan relevan, yang sangat penting dalam mendukung proses pembelajaran yang efektif.

7. Diperlukan model pembelajaran yang efektif yang tidak hanya memperkenalkan konsep-konsep fisika, tetapi juga mendorong siswa untuk berpikir kreatif dan inovatif. Model pembelajaran yang dapat menghubungkan teori dengan praktek nyata sangat penting untuk membantu siswa mengembangkan keterampilan berpikir kreatif dalam menyelesaikan masalah.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah yang dapat diajukan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana model pembelajaran PBL berbasis OER dapat memenuhi kebutuhan pembelajaran siswa SMA untuk meningkatkan keterampilan berpikir kreatif?
2. Bagaimana merancang model pembelajaran PBL berbasis OER yang valid untuk meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa SMA dalam mata pelajaran fisika?
3. Apakah model pembelajaran PBL berbasis OER praktis diimplementasikan oleh guru fisika di jenjang SMA?
4. Apakah model pembelajaran PBL berbasis OER efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa di jenjang SMA pada mata pelajaran fisika?

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Menghasilkan model PBL berbasis OER yang sesuai dengan karakteristik dan kebutuhan pembelajaran siswa SMA untuk meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa dalam konteks pembelajaran fisika.
2. Menghasilkan model pembelajaran PBL berbasis OER yang valid untuk meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa jenjang SMA dalam konteks pembelajaran fisika.
3. Memastikan model pembelajaran PBL berbasis OER praktis untuk diimplementasikan oleh guru fisika di jenjang SMA.

4. Mendeskripsikan keefektifan model pembelajaran PBL berbasis OER untuk meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa SMA dalam konteks pembelajaran fisika.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian yang telah diuraikan, manfaat penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

Manfaat Teoritis:

Penelitian ini dapat di jadikan acuan dalam penggunaan model PBL untuk memperkuat pemahaman konseptual siswa, berkolaborasi, membangun ide kreatif, dan mengembangkan solusi inovatif berdasarkan OER melalui *scaffolding*, umpan balik dan interaksi sosial untuk meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa.

Manfaat Praktis:

1. Hasil penelitian ini dapat membantu guru fisika di jenjang SMA untuk memahami dan mengimplementasikan model pembelajaran PBL berbasis OER yang efektif, dengan tujuan untuk memfasilitasi pengembangan keterampilan berpikir kreatif siswa.
2. Hasil penelitian ini juga dapat memberikan pedoman bagi pembuat kebijakan pendidikan dan pengembang kurikulum tentang bagaimana mengintegrasikan model PBL berbasis OER dan pengembangan keterampilan berpikir kreatif ke dalam kurikulum fisika di jenjang SMA.
3. Dengan meningkatkan keterampilan berpikir kreatif, penelitian ini dapat berdampak positif pada hasil belajar siswa, yang pada akhirnya dapat meningkatkan keberhasilan mereka baik dalam pendidikan maupun dalam kehidupan mereka di luar sekolah.

BAB II. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Landasan Filosofis Pengembangan Model

Pendidikan merupakan aspek fundamental dalam perkembangan suatu bangsa. Namun, perubahan sosial, ekonomi, dan teknologi yang cepat mengharuskan sistem pendidikan untuk terus beradaptasi. Menurut UNESCO (2021), sistem pendidikan di berbagai negara menghadapi tantangan besar dalam merespons perubahan teknologi dan kebutuhan tenaga kerja. Revolusi industri 4.0 telah membawa perubahan signifikan dalam dunia pendidikan. Pendidikan harus dapat mempersiapkan siswa dengan keterampilan yang relevan. Menurut *World Economic Forum* (2020), keterampilan yang dibutuhkan di masa depan meliputi: (1) keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah, (2) kolaborasi dan komunikasi efektif, (3) kecakapan digital dan literasi data serta (4) kreativitas dan inovasi yang lebih dikenal dengan keterampilan 4C. Namun, banyak sistem pendidikan yang masih berfokus pada metode pembelajaran yang kurang mendukung pengembangan keterampilan 4C (Trilling & Fadel, 2020).

Perkembangan teknologi yang pesat menuntut individu untuk memiliki keterampilan berpikir kreatif sebagai bagian dari kompetensi abad ke-21 (OECD, 2021). Kreativitas tidak hanya diperlukan dalam bidang seni dan desain, tetapi juga dalam sains, bisnis, dan pendidikan. Kondisi dunia yang semakin kompleks, kemampuan untuk berpikir di luar kebiasaan menjadi modal utama dalam memecahkan permasalahan baru (Runco & Jaeger, 2022). Berpikir kreatif berperan penting dalam proses pemecahan masalah karena memungkinkan individu menghasilkan solusi yang inovatif dan efektif, bahkan ketika dihadapkan pada situasi yang kompleks (Amabile, 2020). Kemampuan ini juga sangat penting dalam dunia kerja, di mana inovasi dan ide-ide segar sering kali menjadi kunci sukses di berbagai industri (World Economic Forum, 2022). Selain itu, mereka yang berpikir

kreatif lebih mampu menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan kerja dan sosial, yang sering kali tidak bisa diprediksi (Csikszentmihalyi, 2021). Dengan berpikir kreatif, seseorang tidak hanya mengikuti arus perubahan, tetapi juga mampu menciptakan peluang baru. Perbandingan kondisi pendidikan di Indonesia saat ini dengan tantangan di dunia kerja serta pengembangan pendidikan yang harus dilaksanakan dapat di lihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tantangan, Kondisi Saat Ini, dan Solusi dalam Pembelajaran

Tantangan ke Depan dalam Dunia Kerja	Kondisi Siswa Saat Ini	Pengembangan Pendidikan
Dunia kerja menuntut keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan problem-solving yang lebih kompleks	Siswa lebih terbiasa dengan metode pembelajaran konvensional yang berbasis hafalan	Mengembangkan metode pembelajaran berbasis proyek dan studi kasus untuk merangsang pemecahan masalah
Perubahan cepat dalam teknologi menuntut adaptasi dan inovasi	Siswa masih minim paparan terhadap teknologi terbaru dan kurang percaya diri dalam eksperimen	Integrasi teknologi dalam pembelajaran untuk meningkatkan literasi digital dan kemampuan eksplorasi ide baru
Persaingan kerja semakin global, memerlukan kemampuan komunikasi dan kolaborasi yang kuat	Siswa kurang terbiasa dengan kerja tim lintas disiplin dan kurang dilatih dalam komunikasi efektif	Mendorong kolaborasi dalam pembelajaran melalui proyek kelompok dan debat yang memupuk kerja sama dan komunikasi
Dunia kerja semakin membutuhkan fleksibilitas dan kreativitas dalam menghadapi tantangan baru	Kurangnya ruang bagi siswa untuk berkreasi dan mengambil risiko dalam lingkungan belajar	Memberikan ruang eksplorasi melalui kurikulum yang lebih fleksibel, mendukung inovasi dan toleransi terhadap kegagalan

adaptasi (World Economic Forum, 2022; (OECD, 2021)

Berdasarkan Tabel 2.1 keterampilan berpikir kreatif sangat penting, tetapi tidak semua siswa mendapatkan kesempatan untuk mengembangkannya. Salah satu hambatan terbesar adalah sistem pendidikan yang masih banyak berfokus pada hafalan dan kurang memberi ruang bagi eksplorasi ide baru (Sawyer, 2021). Pendekatan pembelajaran berbasis masalah dan kolaboratif dapat memberikan kesempatan bagi siswa untuk berpikir secara kreatif dan menemukan solusi baru (Kim, 2021). Misalnya, studi yang dilakukan oleh Kim (2021) dan Ningrum dan Puadi (2023) menemukan bahwa siswa yang belajar dengan pendekatan berbasis

masalah menunjukkan peningkatan dalam berpikir kreatif dibandingkan dengan mereka yang belajar menggunakan metode konvensional.

PBL merupakan model yang menempatkan siswa sebagai pusat pembelajaran dengan fokus utama pada pemecahan masalah nyata. Pendekatan ini mendorong siswa untuk berpikir kreatif, menggali berbagai alternatif solusi, dan membangun pemahaman yang lebih mendalam mengenai konsep yang mereka siswai (Hmelo-Silver, 2004). Penerapan PBL di kelas, siswa diberikan masalah yang kompleks tanpa solusi tunggal, yang memberikan ruang bagi mereka untuk bereksperimen dan mencari berbagai pendekatan yang dapat diterapkan (Barrows, 2002). Namun, implementasi PBL sering kali dihadapkan pada sejumlah kendala. Seperti desain PBL yang terkesan kaku dan terlalu fokus pada penyelesaian masalah tanpa memberi ruang untuk pengembangan kreativitas siswa, serta lingkungan belajar yang mungkin tidak mendukung proses eksplorasi yang bebas. Selain itu, keterbatasan sumber daya pembelajaran sering menjadi penghambat utama dalam pelaksanaan PBL yang efektif (Arends, 2008; Suryani et al., 2023).

OER memberikan akses luas ke sumber daya pendidikan yang terbuka, memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi materi pembelajaran yang lebih kaya dan kontekstual (UNESCO, 2019). Penerapan PBL, OER memiliki beberapa manfaat utama, antara lain : siswa dapat memperoleh informasi dari berbagai sumber terbuka, seperti jurnal ilmiah, video edukasi, dan modul interaktif (Yuan et al., 2020), mendukung konsep pembelajaran mandiri dan personalisasi (Dabbagh et al., 2023) dan siswa dapat berbagi gagasan, serta bekerja sama dalam pemecahan masalah (Yew & Schmidt, 2009). Oleh karena itu, optimalisasi OER dalam PBL dapat menjadi solusi inovatif dalam mengatasi tantangan tersebut (Yuan, MacNeill, & Kraan, 2020).

Model pembelajaran yang dikembangkan adalah pendekatan pembelajaran yang menggabungkan prinsip PBL dengan pemanfaatan OER sebagai komponen utama dalam proses pembelajaran. Dalam model ini, siswa tidak hanya diberikan permasalahan untuk diselesaikan secara mandiri atau kelompok, tetapi juga diarahkan untuk mencari, mengeksplorasi, dan menganalisis sumber belajar yang tersedia secara bebas di berbagai platform OER seperti jurnal akses terbuka, modul pembelajaran digital, video edukatif, dan simulasi interaktif (Pratama et al., 2019).

Model pembelajaran PBL berbasis OER, siswa diberi kebebasan lebih besar dalam menentukan strategi pembelajaran mereka berdasarkan sumber daya yang mereka akses. Sumber belajar tidak hanya terbatas pada materi yang disediakan oleh guru, tetapi dapat memanfaatkan berbagai sumber yang relevan dan kredibel untuk memperluas wawasan dan pemahaman terhadap masalah yang sedang disiswai. Hal ini memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi solusi yang lebih beragam, meningkatkan kemampuan berpikir kritis, serta mengembangkan keterampilan berpikir kreatif dengan melihat suatu permasalahan dari berbagai perspektif (Wiley & Hilton III, 2018). Model PBL berbasis OER membuat siswa memiliki peluang untuk memperoleh sumber belajar yang lebih luas dan mendalam tanpa keterbatasan geografis atau finansial. Dengan adanya keterbukaan akses terhadap sumber belajar, siswa juga lebih terdorong untuk belajar secara mandiri dan aktif dalam memecahkan masalah yang diberikan (Kumar et al., 2022).

Pengembangan model PBL berbasis OER yang didukung oleh teori siberetik dan sistem kreatif, akan menciptakan lingkungan belajar yang lebih baik dibandingkan dengan PBL konvensional. Dalam lingkungan belajar model yang dikembangkan, siswa tidak hanya belajar untuk menyelesaikan masalah secara mandiri, tetapi juga memiliki akses yang luas ke berbagai sumber belajar terbuka, memungkinkan mereka untuk mengeksplorasi solusi secara lebih kreatif dan kolaboratif (Wiley & Hilton III, 2018). Penerapan sistem pembelajaran berbasis OER, keterbatasan dalam akses bahan ajar dan metode pembelajaran yang kaku dapat dikurangi, sehingga menciptakan lingkungan belajar yang lebih inklusif dan berorientasi pada inovasi (Kumar et al., 2022).

Teori siberetik berperan dalam menciptakan lingkungan belajar yang adaptif, di mana informasi yang diperoleh siswa dari OER dapat terus dievaluasi dan diperbaiki melalui umpan balik yang mereka dapatkan dari diskusi dengan fasilitator ataupun rekan sejawat. Penerapan sistem pembelajaran terbuka, siswa dapat berinteraksi dengan berbagai materi digital, jurnal ilmiah, video pembelajaran, dan simulasi yang memperkaya pemahaman mereka terhadap suatu konsep (Budiningsih, 2012). Adanya proses umpan balik yang terus-menerus, siswa dapat membangun pemahaman dan mengembangkan pola pikir kreatif yang lebih

matang dibandingkan dengan PBL konvensional yang masih terbatas pada sumber daya yang disediakan oleh institusi pendidikan (Hadiwidjaja, 2020)

Selain itu, teori sistem kreatif menjelaskan bahwa berpikir kreatif muncul dari interaksi antara individu, domain (pengetahuan), dan bidang (lingkungan sosial) (Csikszentmihalyi, 1996). Pada lingkungan belajar PBL berbasis OER, siswa sebagai individu memiliki fleksibilitas tinggi dalam mengeksplorasi berbagai domain ilmu yang relevan dengan permasalahan yang sedang disiswai. Sementara itu, interaksi sosial dengan rekan dan guru dalam diskusi kelompok memperkuat aspek berpikir kreatif dengan menciptakan lingkungan yang mendorong pembelajaran yang menghasilkan ide-ide kreatif dan inovasi (Kumar et al., 2022). Oleh karena itu, pengembangan model PBL berbasis OER diharapkan dapat menciptakan lingkungan belajar yang lebih dinamis, fleksibel, dan mendukung keterampilan berpikir kreatif dalam pemecahan masalah yang lebih kompleks.

2.2 Landasan Pedagogis Pengembangan Model

Model pembelajaran PBL berbasis OER berakar kuat pada teori konstruktivisme yang menekankan peran aktif siswa dalam membangun pengetahuan melalui eksplorasi dan pemecahan masalah nyata. Dalam konteks konstruktivisme, siswa dianggap sebagai pembelajar aktif yang membentuk pemahaman mereka berdasarkan pengalaman dan interaksi dengan lingkungan. Hal ini sejalan dengan pandangan konstruktivisme sosial bahwa pengetahuan bukanlah sesuatu yang diterima secara pasif, melainkan dikonstruksi secara aktif oleh individu. Konstruktivisme mendorong siswa untuk terlibat langsung dalam proses belajar, memungkinkan mereka membangun pemahaman baru melalui pengalaman dan refleksi.

Model pembelajaran PBL berbasis OER memiliki akar yang kuat pada teori konstruktivisme, yang menekankan bahwa proses belajar adalah aktivitas aktif di mana siswa membangun pengetahuan melalui interaksi dengan lingkungan, pengalaman langsung, serta pemecahan masalah nyata. Kerangka konstruktivisme, siswa dipandang sebagai subjek aktif, bukan penerima pasif informasi. Siswa membentuk pemahaman melalui pengalaman belajar yang bermakna, di mana

kegiatan eksplorasi, diskusi, dan refleksi menjadi inti dari konstruksi pengetahuan (Mustafa & Roesdiyanto, 2021).

Lebih jauh, konstruktivisme sosial menekankan bahwa pengetahuan terbentuk melalui interaksi sosial dan kolaborasi. Voon dan Amran (2021) menegaskan bahwa proses belajar melibatkan konstruksi aktif oleh individu dalam konteks sosial, sehingga kegiatan seperti diskusi kelompok, kolaborasi pemecahan masalah, dan pertukaran ide antar siswa memiliki peran krusial dalam menumbuhkan pemahaman konseptual. Dengan demikian, pembelajaran tidak hanya berlangsung pada level kognitif individual, tetapi juga mencakup dimensi sosial yang memperkaya pengalaman belajar siswa.

Selain itu, konstruktivisme mendorong pentingnya pengalaman langsung dan refleksi dalam pembelajaran. Mulyati (2015) menyatakan bahwa keterlibatan siswa dalam aktivitas nyata memungkinkan mereka mengaitkan konsep abstrak dengan realitas kehidupan sehari-hari, sehingga pemahaman yang terbentuk lebih bermakna dan berkelanjutan. Refleksi membantu siswa mengevaluasi proses berpikir mereka sendiri, memperkuat keterampilan metakognitif, dan menumbuhkan kemandirian belajar.

Pengembangan model PBL berbasis OER, konstruktivisme menjadi fondasi pedagogis yang mengarahkan bagaimana siswa memanfaatkan sumber belajar terbuka untuk mengeksplorasi permasalahan, menguji hipotesis, dan mengembangkan solusi kreatif. OER menyediakan keragaman sumber belajar yang mudah diakses, memungkinkan siswa mengkonstruksi pengetahuan dari berbagai perspektif, serta memperluas pengalaman belajar mereka di luar batas kelas tradisional.

Integrasi teori konstruktivisme ke dalam pengembangan model PBL berbasis OER memberikan dasar pedagogis yang kuat untuk:

1. Menumbuhkan peran aktif siswa dalam membangun pengetahuan.
2. Menghubungkan pembelajaran dengan pengalaman nyata melalui pemecahan masalah kontekstual.
3. Mengembangkan interaksi sosial dan kolaborasi sebagai sarana pertukaran gagasan.

4. Mendorong refleksi dan metakognisi untuk memperkuat pemahaman dan kemandirian belajar.
5. Memanfaatkan OER sebagai media pembelajaran yang memperkaya proses konstruksi pengetahuan.

Teori sibernetik memperkuat fondasi konstruktivisme dengan menekankan pentingnya kontrol dan umpan balik dalam proses pembelajaran. Dalam konteks PBL, guru dan teman sebaya berperan memberi *feedback* yang membantu siswa mengenali kelemahan, memperbaiki solusi, serta memperkuat pemahaman. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa umpan balik yang cepat, spesifik, dan berkelanjutan mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis serta motivasi belajar siswa (Baptista, 2025). Selain itu, konsep *self-regulation* dalam teori sibernetik menekankan pentingnya siswa mengatur pembelajaran mereka sendiri melalui perencanaan, pemantauan, dan evaluasi strategi. Tinjauan sistematis oleh Wu (2024) menjelaskan bahwa PBL secara signifikan mendorong keterampilan regulasi diri, terutama ketika siswa dihadapkan pada masalah kompleks yang menuntut refleksi dan penyesuaian strategi. Dengan demikian, PBL berbasis OER yang didukung prinsip sibernetik menjadikan siswa lebih mandiri, adaptif, dan mampu mengarahkan proses belajarnya secara berkesinambungan.

Teori sistem kreatif menekankan bahwa kreativitas lahir dari interaksi antara individu yang menghasilkan ide, domain atau bidang ilmu yang memberikan kerangka konseptual, serta field atau komunitas yang menilai dan mengembangkan ide tersebut. Pada PBL berbasis OER, siswa berperan sebagai individu kreatif yang mengembangkan ide pemecahan masalah; domain diwujudkan melalui materi pelajaran (misalnya fisika, ekonomi, atau sejarah); dan field direpresentasikan oleh guru serta teman sebaya yang mengevaluasi, memperkaya, dan mengaplikasikan ide-ide siswa. Melalui proses ini, pembelajaran tidak hanya menghasilkan pemahaman konseptual, tetapi juga menumbuhkan keterampilan berpikir kreatif dan inovatif. Eksperimen dan refleksi yang terintegrasi dalam PBL memungkinkan siswa mengembangkan solusi orisinal yang relevan dengan kehidupan nyata, sekaligus menginternalisasi nilai kolaborasi dan validasi sosial.

2.3 Keterampilan Berpikir Kreatif

Keterampilan berpikir kreatif mulai menjadi perhatian utama sejak revolusi industri, di mana kebutuhan akan inovasi dan solusi baru terus meningkat. Pada abad ke-21, keterampilan ini menjadi semakin penting karena dunia terus berkembang dengan cepat, terutama dalam bidang teknologi, ekonomi, dan pendidikan. Semakin meningkatnya kompleksitas permasalahan global, individu dituntut untuk berpikir kreatif dalam menemukan solusi yang efektif dan efisien (Beghetto & Kaufman, 2021). Perkembangan era digital dan globalisasi juga turut mendorong pentingnya keterampilan berpikir kreatif dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam pendidikan. Kurikulum pendidikan di berbagai negara mulai memasukkan unsur keterampilan berpikir kreatif dalam metode pengajaran untuk memastikan bahwa siswa tidak hanya mampu menghafal informasi, tetapi juga dapat mengembangkan pemikiran inovatif yang relevan dengan tantangan zaman.

Berpikir kreatif tidak hanya membantu siswa dalam menyelesaikan masalah tetapi juga meningkatkan pemahaman mereka terhadap konsep yang lebih kompleks. Kemampuan ini memungkinkan siswa untuk lebih fleksibel dalam menghadapi tantangan dan memiliki daya saing yang lebih tinggi di era yang semakin kompetitif (Runco & Jaeger, 2016). Oleh karena itu, pemahaman tentang indikator berpikir kreatif serta faktor-faktor yang mempengaruhinya menjadi penting bagi pengembangan model pembelajaran yang efektif. Mengembangkan keterampilan berpikir kreatif pada siswa bukanlah tugas yang mudah. Ada berbagai hambatan yang membuat keterampilan berpikir kreatif sulit untuk tumbuh secara optimal di lingkungan pendidikan. Beberapa tantangan utama yang sering ditemui dalam dunia pendidikan mencakup aspek struktural, kebijakan penilaian, ketersediaan sumber daya, serta persepsi terhadap keterampilan berpikir kreatif itu sendiri.

Salah satu tantangan dalam peningkatan keterampilan berpikir kreatif adalah kurikulum yang terlalu kaku dan berorientasi pada evaluasi. Kurikulum yang terlalu kaku dan berorientasi pada evaluasi menyebabkan siswa lebih diarahkan untuk menghafal informasi dibandingkan mengembangkan cara berpikir yang inovatif

dan kreatif. Sistem ini sering kali menekankan jawaban yang benar secara absolut, bukan eksplorasi ide atau solusi alternatif (Carson, 2012). Hal ini menyebabkan siswa lebih fokus pada pencapaian skor tinggi daripada mengembangkan keterampilan berpikir kreatif yang memungkinkan mereka untuk menemukan solusi alternatif terhadap suatu masalah (Sawyer, 2015). Kurikulum yang terlalu berorientasi pada hasil juga membatasi fleksibilitas guru dalam menerapkan strategi pembelajaran yang inovatif, yang seharusnya dapat meningkatkan kemampuan siswa dalam berpikir kreatif dan kritis (Schunk, 2012). Akibatnya, ruang untuk berpikir kritis dan bereksperimen menjadi terbatas, sehingga keterampilan berpikir kreatif kurang mendapatkan tempat dalam proses belajar.

Selain itu, fokus yang berlebihan pada hasil daripada proses belajar juga menjadi kendala besar. Dalam banyak sistem pendidikan, keberhasilan siswa sering kali diukur berdasarkan nilai ujian atau pencapaian akademik tertentu. Tekanan ini membuat siswa lebih cenderung mencari jawaban yang “benar” daripada mencoba memahami suatu konsep melalui eksplorasi dan eksperimen. Padahal, proses belajar yang melibatkan kesalahan, percobaan, dan refleksi adalah bagian penting dalam membangun keterampilan berpikir kreatif (Lesgold, 1988).

Tantangan lainnya adalah kurangnya sumber daya dan pendukung untuk pembelajaran berbasis keterampilan berpikir kreatif. Tidak semua sekolah memiliki akses yang cukup terhadap guru yang terlatih dalam pendidikan kreatif, fasilitas yang mendukung eksplorasi ide, atau waktu yang cukup untuk proyek-proyek kreatif dalam jadwal pembelajaran mereka. Banyak kasus, keterbatasan sumber daya belajar membuat pendekatan pengajaran lebih bersifat instruktif dan kurang memungkinkan siswa untuk berpikir secara mandiri dan inovatif (Winner et al., 2013).

Lebih jauh lagi, ada kesalahpahaman umum tentang keterampilan berpikir kreatif yang membuat banyak orang percaya bahwa keterampilan berpikir kreatif adalah bakat bawaan yang hanya dimiliki oleh segelintir orang. Padahal, penelitian menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kreatif bukan hanya atribut alami, tetapi juga keterampilan yang bisa dikembangkan dengan metode pembelajaran yang tepat. Setiap siswa memiliki potensi kreatif, tetapi jika tidak diberikan lingkungan

yang mendukung, potensi ini bisa saja tidak berkembang dengan optimal (Beghetto & Kaufman, 2007).

Keterampilan berpikir kreatif dapat dikategorikan ke dalam empat indikator utama, yaitu *fluency* (kelancaran berpikir), *flexibility* (keluwesan berpikir), *originality* (keunikan gagasan), dan *elaboration* (perincian gagasan) (Torrance, 2018). Masing-masing indikator ini memiliki karakteristik serta faktor yang mempengaruhi perkembangannya.

a. *Fluency* (Kelancaran Berpikir)

Fluency mengacu pada kemampuan seseorang untuk menghasilkan berbagai gagasan dalam waktu yang relatif singkat. Semakin banyak ide yang dihasilkan, semakin besar kemungkinan individu menemukan solusi yang inovatif. Indikator ini penting dikembangkan karena memungkinkan siswa untuk terbiasa berpikir cepat dan mencari berbagai alternatif penyelesaian masalah. Hambatan utama dalam pengembangannya meliputi kurangnya stimulasi kognitif, metode pengajaran yang terlalu berfokus pada hafalan, dan minimnya ruang untuk eksplorasi ide. Faktor yang mempengaruhi kelancaran berpikir meliputi penguasaan pengetahuan, di mana individu dengan pemahaman luas terhadap suatu bidang cenderung menghasilkan lebih banyak ide (Beghetto & Kaufman, 2021). Selain itu, lingkungan yang mendukung eksplorasi gagasan dan motivasi intrinsik yang tinggi juga berperan dalam meningkatkan kelancaran berpikir seseorang (Deci & Ryan, 2017).

Menghasilkan pengetahuan dan menciptakan lingkungan belajar yang mendukung merupakan dua faktor penting dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran dan pengembangan keterampilan berpikir kreatif siswa. Pengetahuan tidak hanya diperoleh melalui transfer informasi satu arah, tetapi lebih efektif jika dikonstruksi melalui pembelajaran aktif seperti PBL, di mana siswa diberi tantangan untuk menemukan solusi terhadap masalah nyata serta mendorong siswa untuk mencari solusi melalui eksplorasi (Hmelo-Silver, 2004; Pedaste et al., 2015). Selain itu, pembelajaran kolaboratif juga berperan penting dalam pertukaran informasi dan memperkaya pemahaman siswa melalui diskusi kelompok dan interaksi

sosial (Johnson & Johnson, 2009). OER menjadi salah satu strategi efektif dalam menghasilkan pengetahuan, karena memberikan akses luas ke berbagai materi edukatif yang mendukung eksplorasi dan pembelajaran berbasis mandiri (Wiley & Hilton III, 2018).

Selain pengelolaan sumber belajar, menciptakan lingkungan belajar yang mendukung juga menjadi faktor kunci dalam memfasilitasi proses pembelajaran yang optimal. Lingkungan yang nyaman, seperti pencahayaan yang baik, ventilasi yang cukup, serta tata letak ruang kelas yang kondusif, dapat meningkatkan konsentrasi dan kenyamanan siswa dalam belajar (Barrett et al., 2015). Selain itu, budaya kelas yang mendukung eksplorasi dan kreativitas juga perlu dikembangkan, di mana siswa diberikan kebebasan untuk bertanya, berdiskusi, dan menguji hipotesis mereka tanpa rasa takut akan kesalahan (Bouffard, 2017). Integrasi teknologi dalam pembelajaran juga dapat meningkatkan keterlibatan siswa dan memberikan pengalaman belajar yang lebih dinamis (Hwang et al., 2020).

b. *Flexibility* (Keluwesannya Berpikir)

Flexibility adalah kemampuan untuk berpindah dari satu perspektif ke perspektif lainnya serta menghasilkan berbagai jenis solusi terhadap suatu masalah. Indikator ini perlu dikembangkan karena siswa sering kali terjebak dalam pola pikir yang kaku dan kurang mampu melihat suatu permasalahan dari sudut pandang yang berbeda. Hambatan yang sering dihadapi meliputi kurangnya paparan terhadap berbagai perspektif, sistem pendidikan yang masih linear, serta minimnya kesempatan untuk mendiskusikan ide alternatif. Faktor yang mempengaruhi fleksibilitas berpikir meliputi pengalaman yang beragam, yang memungkinkan individu melihat suatu permasalahan dari sudut pandang yang berbeda (Csikszentmihalyi, 2019). Selain itu, keterbukaan terhadap pengalaman baru dan kepercayaan diri dalam mengeksplorasi ide baru juga berperan dalam mendorong keluwesan berpikir (Sternberg, 2020).

Terdapat beberapa strategi dalam mengembangkan fleksibilitas berpikir yang dapat diterapkan dalam lingkungan pembelajaran dan kehidupan sehari-hari. Pertama, memperluas pengalaman belajar melalui

pendekatan interdisipliner dapat membantu individu dalam melihat suatu masalah dari berbagai sudut pandang. Pembelajaran yang menggabungkan berbagai bidang ilmu, seperti sains dengan seni atau teknologi dengan humaniora, memungkinkan siswa mengembangkan cara berpikir yang lebih fleksibel dan kreatif (Csikszentmihalyi, 2019). Model PBL yang menuntut siswa untuk menyelesaikan masalah kompleks dari berbagai perspektif juga dapat meningkatkan fleksibilitas berpikir mereka (Hmelo-Silver, 2004).

Kedua, mendorong keterbukaan terhadap pengalaman baru dapat dilakukan dengan memberikan tantangan yang menuntut eksplorasi ide dan solusi alternatif. Salah satu caranya dengan siswa diberi kebebasan untuk menyelidiki pertanyaan mereka sendiri dan mengeksplorasi berbagai kemungkinan jawaban (Pedaste et al., 2015). Selain itu, eksposur terhadap budaya, lingkungan, dan konteks sosial yang beragam melalui pembelajaran berbasis pengalaman atau studi kasus juga dapat memperluas cara berpikir siswa dan meningkatkan fleksibilitas kognitif mereka (Sternberg, 2019).

Ketiga, meningkatkan kepercayaan diri dalam mengeksplorasi ide baru dapat dilakukan dengan menciptakan lingkungan belajar yang mendukung dan bebas dari rasa takut akan kesalahan. Dalam hal ini, penerapan metode *scaffolding*, di mana guru memberikan bimbingan bertahap sebelum siswa mampu belajar secara mandiri, dapat membantu mereka merasa lebih percaya diri dalam mengembangkan dan mengeksplorasi ide baru (Vygotsky & Cole, 1978). Selain itu, strategi seperti *brainstorming*, di mana siswa didorong untuk menghasilkan banyak ide tanpa batasan atau kritik langsung, telah terbukti meningkatkan fleksibilitas berpikir dalam pemecahan masalah (Runco & Acar, 2012).

c. *Originality* (Keunikan Gagasan)

Originality yaitu keunikan gagasan mengacu pada kemampuan seseorang dalam menghasilkan ide-ide yang unik dan tidak umum. Indikator ini sangat penting dikembangkan untuk mendorong inovasi, namun sering kali terhambat oleh konformitas sosial, kurangnya kebebasan berekspresi dalam lingkungan belajar, serta minimnya penghargaan terhadap pemikiran yang berbeda dari arus utama. Faktor yang berkontribusi terhadap keunikan

gagasan meliputi lingkungan kreatif, yang memungkinkan individu bereksperimen dengan ide-ide yang belum pernah ada sebelumnya (Robinson, 2021). Pendidikan dan pelatihan yang menekankan eksplorasi gagasan serta kebebasan kognitif dalam berpikir juga menjadi faktor yang penting dalam mengembangkan keunikan gagasan seseorang (Torrance, 2018).

Keunikan gagasan sangat dipengaruhi oleh lingkungan kreatif, pendidikan yang menekankan eksplorasi ide, serta kebebasan berpikir. Untuk mendorong pengembangan ide-ide orisinal, beberapa strategi dapat diterapkan dalam pembelajaran dan kehidupan sehari-hari. Pertama, menciptakan lingkungan kreatif yang mendukung eksplorasi dan eksperimentasi sangat penting dalam mendorong individu untuk menghasilkan ide-ide yang belum pernah ada sebelumnya. Lingkungan kreatif dapat diwujudkan melalui penyediaan ruang kerja yang fleksibel, akses ke berbagai sumber belajar, serta atmosfer yang bebas dari ketakutan terhadap kesalahan (Robinson, 2021). Penerapan *design thinking* dalam proses pembelajaran dan inovasi memungkinkan individu untuk mencoba ide-ide baru dalam siklus prototipe dan perbaikan berulang, sehingga mereka merasa nyaman dalam bereksperimen dengan solusi yang unik (Walker et al., 2019).

Kedua, pendidikan yang berbasis eksplorasi dan eksperimen perlu diterapkan untuk meningkatkan kebebasan berpikir dan kreativitas siswa. Hal ini mendorong siswa untuk menjelajahi berbagai kemungkinan dalam memecahkan masalah, tanpa dibatasi oleh jawaban yang sudah ditentukan sebelumnya (Torrance, 1987). Selain itu, penggunaan metode *open-ended tasks*, di mana siswa diberikan tantangan tanpa jawaban tunggal, membantu mereka mengembangkan perspektif yang lebih luas dalam menemukan solusi (Beghetto & Kaufman, 2021). Ketiga, mendorong kebebasan kognitif dalam berpikir dengan mengajarkan teknik seperti *divergent thinking* dan *associative thinking*. *Divergent thinking* melibatkan pencarian berbagai kemungkinan solusi terhadap satu permasalahan, sedangkan *associative*

thinking membantu individu menghubungkan ide-ide dari berbagai disiplin ilmu untuk menciptakan gagasan yang inovatif (Guilford, 1967).

d. *Elaboration* (Perincian Gagasan)

Elaboration mengacu pada kemampuan seseorang dalam mengembangkan suatu ide secara lebih mendalam dan sistematis. Indikator ini perlu dikembangkan karena banyak siswa yang mampu menghasilkan ide tetapi kesulitan dalam mengembangkannya secara detail dan aplikatif. Hambatan utama dalam pengembangannya mencakup minimnya latihan dalam mengembangkan ide secara rinci, kurangnya umpan balik yang konstruktif, serta waktu yang terbatas dalam sistem pendidikan untuk mengeksplorasi gagasan lebih dalam. Faktor yang mempengaruhi perincian gagasan meliputi keterampilan berpikir kritis, yang membantu individu mengelaborasi ide dengan lebih mendetail (Paul & Elder, 2019). Selain itu, latihan dan umpan balik yang konstruktif serta pendukung sosial dari rekan sejawat atau mentor juga berperan dalam membantu individu mengembangkan gagasan secara lebih sistematis (Vygotsky, 2020).

Beberapa strategi yang dapat diterapkan dalam pembelajaran dan interaksi akademik untuk meningkatkan kemampuan elaborasi antara lain sebagai berikut: Pertama, mengembangkan keterampilan berpikir kritis melalui pendekatan berbasis pertanyaan reflektif dapat membantu individu mengelaborasi ide secara lebih mendalam. Model *Socratic questioning*, yang mendorong siswa untuk menjawab pertanyaan secara bertahap dan mempertimbangkan berbagai sudut pandang, terbukti efektif dalam meningkatkan kedalaman analisis dan perincian gagasan (Paul & Elder, 2019). Selain itu, penggunaan *framework* berpikir kritis seperti *Bloom's Taxonomy* juga dapat membantu siswa untuk mengembangkan gagasan mereka dari tahap pemahaman dasar hingga evaluasi dan penciptaan solusi yang lebih kompleks (Wilson, 2016). Kedua, latihan yang konsisten dan umpan balik yang konstruktif dapat meningkatkan kemampuan individu dalam mengembangkan gagasan dengan lebih sistematis. Penerapan strategi seperti *peer review*, di mana siswa memberikan masukan terhadap karya satu sama lain, membantu memperkaya perspektif dan menyempurnakan

ide yang mereka kembangkan (Sadler, 2010). Selain itu, teknik *scaffolding*, yaitu memberikan bimbingan bertahap dari guru atau mentor sebelum siswa dapat berpikir mandiri, terbukti efektif dalam meningkatkan perincian gagasan siswa (Vygotsky & Cole, 1978). Ketiga, pendukung sosial dari rekan sejawat dan mentor berperan penting dalam membantu individu menyusun ide secara lebih terstruktur. Kolaborasi dalam kelompok belajar memungkinkan individu untuk mendapatkan berbagai sudut pandang, yang dapat memperkaya perincian gagasan mereka (Johnson & Johnson, 2009). Lingkungan belajar yang memfasilitasi proses diskusi, refleksi, dan eksplorasi juga memberikan kesempatan bagi individu untuk mengevaluasi dan mengembangkan gagasan mereka dengan lebih baik (Brookfield, 2017).

Secara keseluruhan, pengembangan *fluency*, *flexibility*, *originality* dan *elaboration* merupakan aspek penting dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa. Dengan menerapkan strategi yang tepat, seperti memperluas pengalaman belajar, mendorong eksplorasi ide, menciptakan lingkungan yang mendukung kreativitas, serta memberikan umpan balik yang konstruktif, siswa dapat lebih leluasa dalam menghasilkan gagasan yang inovatif dan sistematis. Selain itu, pendukung dari OER, integrasi teknologi, serta pembelajaran berbasis masalah dan kolaborasi, dapat mempercepat proses pengembangan keterampilan berpikir yang lebih adaptif dan fleksibel. Faktor-faktor yang mempengaruhi pengembangan keterampilan berpikir kreatif serta strategi yang dapat diterapkan untuk meningkatkannya dalam lingkungan pembelajaran dapat di lihat di Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Faktor yang Mempengaruhi, Hambatan, dan Solusi dalam Pengembangan Keterampilan Berpikir Kreatif

Indikator Keterampilan Berpikir Kreatif	Faktor yang Mempengaruhi	Hambatan	Solusi Pembelajaran
<i>Fluency</i>	Penguasaan pengetahuan, lingkungan yang mendukung, motivasi intrinsik.	Kurikulum yang rigid, kurangnya eksplorasi ide, metode hafalan.	Menerapkan pembelajaran berbasis proyek/masalah, penggunaan OER, diskusi terbuka.
<i>Flexibility</i>	Pengalaman belajar yang beragam, keterbukaan	Kurangnya kesempatan mengeksplorasi	Mendorong kerja sama dalam kelompok lintas latar belakang,

	terhadap ide baru, paparan lintas disiplin ilmu, dan rasa percaya diri untuk mencoba pendekatan berbeda.	berbagai perspektif, sistem pembelajaran yang terlalu linear, budaya belajar yang hanya menekankan satu jawaban benar, serta minimnya ruang diskusi terbuka.	memanfaatkan studi kasus yang bervariasi, memberikan tugas berbasis proyek atau masalah dengan banyak kemungkinan solusi, serta menanamkan kepercayaan diri melalui apresiasi terhadap ide alternatif siswa.
<i>Originality</i>	Lingkungan kreatif, pendidikan yang mendorong eksplorasi, kebebasan kognitif.	Konformitas sosial, kurangnya kebebasan berekspresi, minimnya penghargaan atas ide unik.	Memberikan ruang ekspresi bebas, membangun budaya apresiasi terhadap keterampilan berpikir kreatif, eksplorasi multi-disiplin.
<i>Elaboration</i>	Keterampilan berpikir kritis, latihan dan umpan balik, pendukung sosial.	Minimnya latihan mengembangkan ide, kurangnya umpan balik konstruktif, keterbatasan waktu eksplorasi.	Membiasakan refleksi dan kritik konstruktif, menyediakan umpan balik dari berbagai perspektif, mengintegrasikan teknologi dalam eksplorasi ide.

Adaptasi (Torrance, 2018; Sternberg, 2020; Robinson, 2021; Beghetto & Kaufman, 2021)

Mengatasi tantangan-tantangan ini memerlukan pendekatan yang lebih terbuka dalam dunia pendidikan. Diperlukan sistem pembelajaran yang memberi lebih banyak kebebasan bagi siswa untuk mengeksplorasi ide-ide mereka, serta model pembelajaran yang memberikan ruang untuk mengembangkan keterampilan berpikir kreatif siswa dalam berkreasi. Dengan memberikan ruang untuk eksperimen dan inovasi, siswa tidak hanya akan lebih percaya diri dalam berpikir kreatif tetapi juga lebih siap menghadapi tantangan dunia nyata yang terus berubah.

2.4 *Problem Based Learning (PBL)*

Di era pendidikan modern ini, fokus utama adalah bagaimana melatih siswa untuk menyelesaikan masalah baru yang relevan dengan dunia nyata. PBL merupakan model yang berfokus pada pembentukan pengetahuan melalui penyelesaian masalah nyata yang tidak terstruktur (Lapuz & Fulgencio, 2020). Model ini menekankan pada kecerdasan individu, kelompok, dan lingkungan dalam menghadapi masalah-masalah yang kontekstual dan bermakna, menstimulasi

proses belajar dan meningkatkan kemampuan pemecahan masalah (Darwati & Purana, 2021).

PBL merupakan model pembelajaran yang bertujuan untuk meningkatkan keterlibatan aktif siswa dalam proses belajar. Model PBL mendorong pengembangan kemampuan berpikir kritis, kemandirian, dan keterampilan lintas disiplin. Selain itu, PBL juga melatih siswa untuk mencari informasi secara efektif, bekerja dalam tim, dan mengasah kemampuan komunikasi mereka (Darwati & Purana, 2021). Dalam PBL, masalah yang ada diidentifikasi sebagai pemicu, stimulator, dan motivator untuk proses pembelajaran (Yew & Goh, 2016). Siswa bekerja dalam kelompok untuk merumuskan hipotesis, menetapkan tujuan pembelajaran, mencari dan mengevaluasi sumber pengetahuan, merenungkan dan mengintegrasikan solusi. Laporan yang dihasilkan siswa mencerminkan konstruksi pengetahuan baru yang berasal dari pengetahuan yang dimiliki dan yang diperoleh selama diskusi kelompok.

PBL efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, dan pemecahan masalah siswa, sekaligus mempersiapkan mereka untuk menghadapi tantangan dunia nyata melalui pembelajaran yang berbasis pengalaman dan refleksi mendalam (Sejzi & Aris, 2012; Yu, 2024). Karakteristik PBL antara lain berorientasi siswa, menggunakan masalah yang tidak terstruktur sebagai titik awal, dan guru bertindak sebagai fasilitator dalam proses belajar (Brassler & Dettmers, 2017). PBL menciptakan lingkungan belajar yang lebih aktif dan menarik, serta ramah bagi siswa (Aritonang & Zubir, 2022). Meskipun efektivitas PBL dalam mempengaruhi pemahaman dan aplikasi pengetahuan telah terbukti konsisten dalam jangka panjang, masih belum jelas komponen mana dalam proses PBL yang paling berpengaruh (Yew & Goh, 2016).

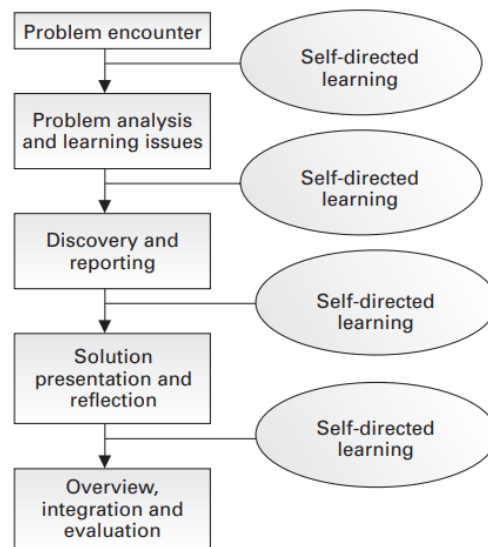
Dilihat dari sudut pandang pedagogis, PBL secara mendasar berakar dari teori konstruktivisme, yang menekankan bahwa pembelajaran merupakan proses aktif di mana siswa membangun pengetahuan mereka sendiri berdasarkan pengalaman dan interaksi dengan lingkungan. Pada model PBL, siswa terlibat langsung dalam pemecahan masalah nyata, yang mendorong mereka untuk mengaitkan pengetahuan baru dengan pemahaman yang sudah ada, sesuai dengan prinsip-prinsip konstruktivisme (Hmelo-Silver, 2004; Almulla, 2020). Proses penyelidikan

masalah menciptakan disonansi kognitif yang merangsang pembelajaran, dan pengetahuan berkembang melalui proses kolaboratif dan evaluasi (Tan, 2021). Akan tetapi, penekanan pada beberapa aspek penting seperti identifikasi kebutuhan pengetahuan, pencarian dan evaluasi informasi, serta penerapan pengetahuan dalam pemecahan masalah, dapat meningkatkan efektivitas PBL (Ertmer & Simons, 2006; Head & Eisenberg, 2010; Hmelo & Evensen, 2000).

Model PBL memiliki kelebihan dan kekurangan yang membuatnya efektif tetapi juga menghadirkan tantangan dalam pelaksanaannya. Kelebihan utama PBL adalah kemampuannya untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan keterampilan berpikir kreatif siswa melalui eksplorasi masalah kompleks yang relevan dengan dunia nyata (Sejzi & Aris, 2012; Almulla, 2020). Selain itu, PBL mendukung pembelajaran mandiri dan kolaboratif, memperkuat keterampilan komunikasi, kerja tim, dan tanggung jawab siswa atas proses pembelajaran mereka sendiri (Darmuki et al., 2023; Zhang et al., 2023). PBL juga memfasilitasi pembelajaran interdisipliner, menjadikannya relevan untuk persiapan siswa menghadapi tantangan global dan dunia kerja (Braßler, 2016).

PBL memiliki keterbatasan seperti kegagalan diskusi dalam kelompok yang sering terjadi ketika siswa kurang memiliki keterampilan kolaborasi atau salah satu anggota terlalu mendominasi proses. Hal ini dapat menyebabkan kurang optimalnya keterlibatan siswa dalam proses pemecahan masalah (Yu, 2024). Selain itu, kekurangan sumber daya pembelajaran, seperti akses terbatas ke bahan berkualitas tinggi atau teknologi pendukung, menjadi hambatan signifikan dalam implementasi PBL, terutama di institusi dengan keterbatasan infrastruktur (Gkrimpizi et al., 2023). PBL juga membutuhkan fasilitator yang terlatih untuk mendukung proses pembelajaran secara efektif, khususnya dalam memberikan *scaffolding* yang tepat untuk membantu siswa mengatasi masalah yang tidak terstruktur (Sukacké et al., 2022). Selain itu, pendekatan ini sering kali memakan waktu lebih lama dibandingkan metode pembelajaran tradisional, karena menuntut eksplorasi mendalam dan iterasi solusi (Sejzi & Aris, 2012). Meskipun memiliki keterbatasan, PBL tetap menjadi salah satu pendekatan pedagogis yang relevan untuk pendidikan modern karena keunggulannya dalam membangun keterampilan abad ke-21.

Perkembangan PBL dari waktu ke waktu menunjukkan adaptasi yang signifikan terhadap kebutuhan pendidikan dan kemajuan teknologi. Dari metode berbasis diskusi kelompok kecil di era awalnya hingga pendekatan digital dan berbasis data di era modern, PBL telah menjadi strategi pembelajaran yang relevan untuk mempersiapkan siswa menghadapi tantangan dunia nyata. PBL telah berkembang menjadi salah satu pendekatan pembelajaran yang efektif untuk mendorong keterlibatan siswa dalam menyelesaikan masalah dunia nyata. Dengan berbasis OER, PBL menjadi lebih inklusif, relevan, dan mendukung pembelajaran berbasis teknologi. Pendekatan ini diperkuat oleh konsep-konsep dari Tan, Hmelo-Silver, dan Bilbao, yang disertai literatur pendukung untuk memberikan landasan yang kokoh bagi pengembangan model PBL berbasis OER.



Gambar 2.1 Alur Pelaksanaan PBL (Tan, 2021)

Tan (2003) memperkenalkan PBL sebagai inovasi pembelajaran abad ke-21 dengan fokus pada pemecahan masalah dunia nyata untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan pembelajaran mandiri. Ia menekankan peran guru sebagai fasilitator yang membimbing siswa dalam mengeksplorasi solusi terhadap masalah yang relevan secara global. Tan memperluas cakupan PBL dengan mengintegrasikan teknologi digital dan pendekatan multidisiplin untuk memperkaya pengalaman belajar (Tan, 2010).

Hmelo-Silver (2004) mendefinisikan PBL sebagai pendekatan pedagogis berbasis masalah kompleks yang tidak terstruktur, bertujuan untuk membantu siswa

mengembangkan keterampilan refleksi, analitik, dan berpikir tingkat tinggi. Ia memperkenalkan *scaffolding* sebagai elemen kunci untuk mendukung siswa dalam memahami masalah secara bertahap. Hmelo-Silver mengintegrasikan teknologi digital, seperti simulasi dan analitik pembelajaran, untuk meningkatkan efektivitas *scaffolding* (Reiser, 2004). Selanjutnya, mengeksplorasi penggunaan AI untuk mendukung *scaffolding* otomatis. Teknologi ini memberikan umpan balik real-time, memungkinkan personalisasi pembelajaran sesuai kebutuhan siswa. Ia juga menekankan pentingnya inklusi sosial dan pendidikan multidisiplin untuk mempersiapkan siswa menghadapi tantangan global seperti pandemi COVID-19 (Sejzi & Aris, 2012).

Sedangkan Bilbao et al. (2018) memfokuskan PBL pada integrasi proyek berbasis masalah dalam kurikulum, menjadikan pendekatan ini sebagai strategi pembelajaran yang relevan dan aplikatif. Proyek-proyek dalam PBL dirancang untuk meningkatkan keterampilan analitis, kolaborasi, dan evaluasi siswa, sesuai dengan tuntutan dunia nyata. Bilbao menggabungkan PBL dengan pembelajaran berbasis proyek (*Project-Based Learning*), menekankan pentingnya proyek nyata yang menghubungkan teori dengan praktik (Bell, 2010). Selama pandemi COVID-19, Bilbao mempercepat adaptasi digital PBL, memanfaatkan OER dan platform pembelajaran daring untuk mendukung kolaborasi lintas geografis (Hodgkinson-Williams & Trotter, 2018). Penelitian terbaru menunjukkan bahwa PBL berbasis proyek efektif dalam meningkatkan prestasi akademik dan keterampilan berpikir kritis siswa dalam berbagai konteks pendidikan (Yu, 2024).

Tabel 2.3 Perbandingan model PBL

Aspek	Tan (2021)	Bilbao et al. (2008)	Hmelo-Silver (2004)
Sintaks	Menggunakan langkah: identifikasi masalah, eksplorasi, diskusi, refleksi.	Dimulai dari pengenalan masalah, eksplorasi, analisis, dan solusi kolaboratif.	Langkah utama: pemahaman masalah, diskusi kelompok, <i>scaffolding</i> , dan refleksi.
Permasalahan	Masalah dunia nyata yang relevan dengan konteks pendidikan.	Masalah tidak terstruktur yang mencerminkan situasi kehidupan nyata.	Masalah kompleks dan tidak terstruktur yang menuntut eksplorasi mendalam.
Peran Guru	Fasilitator yang membimbing siswa	Membimbing proses inkuiri dan refleksi secara aktif.	Memberikan <i>scaffolding</i> yang sesuai untuk

Aspek	Tan (2021)	Bilbao et al. (2008)	Hmelo-Silver (2004)
	belajar bagaimana belajar.		membantu siswa memahami masalah.
Proses Diskusi	Diskusi berfokus pada eksplorasi masalah secara kolektif.	Kolaborasi dalam kelompok kecil untuk mencari solusi yang realistis.	Diskusi berbasis teknologi untuk simulasi dan refleksi mendalam.
Sumber Belajar	Sumber belajar tradisional seperti buku dan pengalaman nyata.	Dokumen dan materi pendidikan yang relevan dengan masalah.	Teknologi berbasis digital dan simulasi virtual.

Adaptasi (Hmelo-Silver, 2004; Bilbao et al., 2008; Tan, 2021)

Ketiga konsep tersebut memiliki kekuatan dalam menekankan eksplorasi masalah nyata (Tan, 2021), *scaffolding* berbasis teknologi (Hmelo-Silver, 2004), dan pengintegrasian proyek berbasis kurikulum (Bilbao et al., 2018). Namun, kelemahan utama dari ketiga pendekatan ini terletak pada keterbatasan akses sumber daya, ketergantungan pada fasilitator yang terlatih, dan kurangnya fleksibilitas dalam menyikapi kebutuhan pembelajaran global. Pengembangan model pembelajaran PBL berbasis OER dikembangkan untuk menutupi kelemahan ini dengan menyediakan sumber daya terbuka yang mudah diakses, memungkinkan siswa dari berbagai latar belakang untuk terlibat dalam pembelajaran berbasis masalah tanpa batasan geografis dan finansial (Wiley & Hilton, 2018). Selain itu, OER memberikan akses ke materi berkualitas tinggi, seperti jurnal ilmiah, modul interaktif, dan simulasi digital, yang mendukung eksplorasi dan refleksi siswa secara mandiri.

Pendekatan *scaffolding* tradisional sebagaimana dijelaskan oleh Hmelo-Silver menekankan pendukung belajar yang diberikan langsung oleh guru melalui bimbingan bertahap. Memanfaatkan OER, memungkinkan perluasan pendukung melalui pemanfaatan alat digital yang mampu memberikan bantuan secara otomatis, adaptif, dan sesuai dengan kebutuhan individu siswa. Alat ini dirancang untuk mengidentifikasi kebutuhan individual peserta didik serta menyediakan akses ke sumber daya yang sesuai secara *real-time*, sehingga proses *scaffolding* menjadi lebih adaptif dan personal (Hmelo-Silver, 2004). Dalam konteks ini, OER berperan sebagai fasilitator tambahan yang memperluas jangkauan pendukung pembelajaran melebihi peran guru di kelas.

Pendekatan berbasis proyek yang dikemukakan oleh Bilbao umumnya menitikberatkan pada aktivitas pemecahan masalah dalam lingkup kelas yang terbatas. Sebaliknya, model PBL berbasis OER memperluas ruang lingkup pembelajaran dengan memanfaatkan kolaborasi global melalui berbagai platform digital, sehingga siswa dapat bekerja sama lintas sekolah bahkan lintas negara dalam menyelesaikan masalah autentik yang berkaitan dengan tantangan dunia nyata. Kolaborasi ini tidak hanya memperkaya perspektif siswa, tetapi juga menumbuhkan keterampilan komunikasi, negosiasi, dan toleransi lintas budaya yang sangat penting dalam pembelajaran abad ke-21 (Hodgkinson-Williams & Trotter, 2018).

Pengembangan model PBL berbasis OER tidak hanya mendukung prinsip keterbukaan akses dan pemerataan sumber daya pendidikan, tetapi juga mendorong pengembangan keterampilan berpikir kreatif, inovasi, serta fleksibilitas pembelajaran. Melalui integrasi antara pendekatan problem-based learning dan prinsip keterbukaan OER, model ini menawarkan solusi yang lebih unggul untuk menghadapi kompleksitas dan dinamika pendidikan global masa kini. Hal ini menjadikan PBL berbasis OER relevan untuk meningkatkan kualitas pendidikan sekaligus menyiapkan siswa menghadapi tantangan abad ke-21 yang menuntut kolaborasi global, literasi digital, serta kemampuan berpikir tingkat tinggi.

Tabel 2.4 Evolusi Model Pembelajaran PBL

Tan O. S (2003 – 2021)	Hmelo-Silver (2004–2021)	Bilbao et al. (2008–2024)
Mendorong siswa mengidentifikasi masalah dari dunia nyata yang relevan.	Menggunakan masalah kompleks yang tidak terstruktur untuk memancing diskusi.	Memulai dengan masalah tidak terstruktur yang mencerminkan situasi kehidupan nyata.
Siswa bekerja secara kolaboratif untuk memahami konsep terkait masalah.	Diskusi kelompok didukung <i>scaffolding</i> untuk memahami masalah secara mendalam.	Memanfaatkan diskusi kolaboratif untuk mengeksplorasi ide dan konsep.
Membangun solusi melalui interaksi kelompok dan refleksi mandiri.	<i>Scaffolding</i> diterapkan untuk mendukung konstruksi ide berbasis pemecahan masalah.	Mengembangkan solusi berbasis proyek kolaboratif yang praktis.
Mendorong pembuatan solusi yang inovatif berbasis diskusi kelompok dan aplikasi praktis.	Proses kreatif didukung oleh iterasi melalui <i>scaffolding</i> berbasis teknologi.	Solusi dihasilkan dari penggabungan eksplorasi kolaboratif dan proyek berbasis tim.

Tan O. S (2003 – 2021)	Hmelo-Silver (2004–2021)	Bilbao et al. (2008–2024)
Refleksi dilakukan secara mandiri dan kelompok untuk meningkatkan pembelajaran.	Menggunakan refleksi berbasis umpan balik untuk evaluasi proses dan solusi.	Refleksi berfokus pada evaluasi proses kolaboratif dan hasil proyek.

Adaptasi (Hmelo-Silver, 2004; Bilbao et al., 2008; Tan, 2021)

Ketiga konsep teori PBL diatas memiliki fokus utama pada eksplorasi masalah nyata (Tan, 2003), *scaffolding* berbasis strategi pembelajaran (Hmelo-Silver, 2004), dan integrasi proyek berbasis kurikulum (Bilbao et al., 2008). Namun, model-model ini menghadapi keterbatasan seperti akses terhadap sumber daya pembelajaran, kemampuan fasilitator, dan fleksibilitas dalam mendukung pembelajaran global. OER mengatasi kelemahan ini dengan menyediakan sumber daya digital terbuka yang memungkinkan akses ke materi berkualitas tinggi seperti modul, video pembelajaran, jurnal, dan simulasi interaktif (Wiley & Hilton, 2018).

Tabel 2.5 Perbandingan Sintaks PBL

Tahap	Tan O. S (2003 - 2021)	Hmelo-Silver (2004– 2021)	Bilbao et al. (2008–2024)
1	Identifikasi Masalah Nyata	Pemahaman Masalah Kompleks	Pemilihan Masalah untuk Proyek
2	Eksplorasi Informasi dan Konsep	Diskusi Berbasis <i>Scaffolding</i>	Pengumpulan Informasi Proyek
3	Konstruksi Pengetahuan Mandiri	Pengembangan Solusi melalui Iterasi	Pengembangan Ide Proyek
4	Refleksi dan Umpan Balik Kelompok.	Refleksi Berbasis Data dan Feedback	Evaluasi Proyek Berbasis Dampak
5	Presentasi Hasil Solusi	Diskusi dan Validasi Solusi	Presentasi dan Revisi Proyek

Adaptasi (Hmelo-Silver, 2004; Bilbao et al., 2008; Tan, 2021)

Sintaks PBL menurut Tan, Hmelo-Silver dan Bilbao menunjukkan evolusi pendekatan pembelajaran dari metode tradisional ke arah yang lebih adaptif dan inklusif, terutama dalam mendukung pembelajaran global berbasis teknologi. Tan menekankan pentingnya eksplorasi masalah nyata melalui diskusi kelompok dan refleksi, sementara Hmelo-Silver menambahkan elemen *scaffolding* untuk mendukung pemahaman bertahap terhadap masalah kompleks (Sejzi & Aris, 2012). Bilbao memusatkan perhatian pada integrasi proyek berbasis kurikulum untuk menghasilkan solusi yang relevan secara aplikatif (Yu, 2024). Model pembelajaran dirancang dengan menyediakan akses ke sumber daya terbuka, seperti modul digital

dan jurnal, yang memungkinkan kolaborasi lintas budaya, refleksi berbasis data, dan solusi inovatif yang relevan dengan konteks global (Wiley & Hilton, 2018; Hodgkinson-Williams & Trotter, 2018). Dengan memanfaatkan teknologi modern, OER tidak hanya melengkapi tetapi juga memperkaya model PBL tradisional dengan meningkatkan aksesibilitas, personalisasi, dan fleksibilitas pembelajaran, menjadikannya lebih relevan dalam menghadapi tantangan pendidikan abad ke-21.

2.5 *Open Education Resources (OER)*

OER telah menjadi salah satu pendorong utama dalam transformasi pendidikan global. OER merujuk pada berbagai jenis materi pembelajaran termasuk buku teks digital, video pembelajaran, modul interaktif, hingga perangkat lunak terbuka yang tersedia secara bebas untuk digunakan, disesuaikan, dan didistribusikan ulang oleh pendidik dan siswa (UNESCO, 2019). Seiring dengan meningkatnya tuntutan terhadap pendidikan yang lebih terbuka, inklusif, dan berkelanjutan, OER semakin diakui sebagai strategi fundamental untuk memperluas akses, menurunkan biaya, dan meningkatkan kualitas pembelajaran.

Salah satu keunggulan utama OER adalah fleksibilitas lisensinya yang memungkinkan pengguna untuk melakukan *reuse, revise, remix, redistribute*, dan *retain* materi (Wiley, Bliss, & McEwen, 2014). Melalui kebebasan ini, pendidik dapat memodifikasi sumber daya yang tersedia agar lebih kontekstual dengan kebutuhan kurikulum lokal maupun karakteristik siswa, sementara siswa dapat mengakses berbagai sumber sesuai gaya belajar mereka. Pendekatan ini tidak hanya mengefisienkan waktu dan biaya, tetapi juga memperkuat personalisasi pembelajaran.

Selain keunggulan yang telah banyak dikaji seperti fleksibilitas lisensi (Wiley et al., 2014), efisiensi biaya (Hilton III et al., 2013), dan kolaborasi global (Tlili et al., 2021), terdapat beberapa aspek kritis lain yang perlu diperhatikan dalam konteks pendidikan modern yang responsif terhadap tantangan abad ke-21. OER lebih dari sekadar instrumen pengganti bahan ajar konvensional, OER kini berkembang sebagai medium untuk mendorong inovasi pedagogis dan penguatan keterampilan abad ke-21. Penelitian oleh Khairuddin et al. (2019) menunjukkan bahwa penggunaan OER dalam pembelajaran proyek dapat merangsang

keterlibatan aktif siswa dan meningkatkan kemampuan berpikir kreatif. Hal ini dikarenakan OER memungkinkan eksplorasi materi dari berbagai perspektif, memberi ruang pada siswa untuk menyusun pemahaman baru melalui interaksi, refleksi, dan penciptaan ulang konten belajar.

Konteks perkembangan teknologi digital, OER juga telah diintegrasikan dengan fitur interaktif dan adaptif melalui kecerdasan buatan dan analitik pembelajaran. Ossiannilsson (2022) menegaskan bahwa perkembangan ini menjadikan OER sebagai sarana personalisasi pembelajaran yang efektif, memungkinkan siswa belajar sesuai ritme, preferensi, dan kebutuhan mereka. Ini sangat penting dalam mendukung pendidikan diferensial dan pembelajaran inklusif. Sedangkan sudut pandang teoritik, OER memperkuat sejumlah pendekatan belajar modern. Misalnya, dalam kerangka konstruktivisme, OER menjadi alat yang memfasilitasi pengalaman belajar berbasis konteks nyata, memungkinkan siswa membangun pengetahuan melalui interaksi aktif dengan materi dan lingkungan belajar (Fosnot, 2013). Lebih lanjut, teori *student-as-producer* yang diusung oleh Neary dan Winn (2009) menunjukkan bagaimana siswa dapat berkontribusi secara langsung dalam penciptaan pengetahuan dengan menjadi pembuat OER, bukan sekadar konsumen.

Konteks literasi digital dan informasi, OER turut membentuk keterampilan penting abad ke-21. Coughlan dan Perryman (2015) menyoroti bahwa keterlibatan siswa dengan OER menuntut mereka untuk mengevaluasi kredibilitas sumber, membandingkan informasi, dan menyusun materi baru proses-proses ini sejalan dengan penguatan literasi digital dan berpikir kritis. Selain itu, OER memainkan peran penting dalam mengurangi kesenjangan akses pendidikan. D'Souza et al. (2023) menekankan bahwa di negara berkembang atau wilayah dengan keterbatasan infrastruktur, OER menjadi jembatan untuk memperoleh sumber daya berkualitas tinggi secara gratis. Hal ini membantu memenuhi prinsip keadilan dan pemerataan pendidikan, yang menjadi pilar dalam *Sustainable Development Goals* (SDG 4) UNESCO.

OER telah terbukti memainkan peran penting dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa. Dengan menyediakan akses terhadap berbagai sumber pembelajaran yang dapat digunakan kembali (*reuse*), dimodifikasi (*revise*),

digabungkan ulang (*remix*), didistribusikan kembali (*redistribute*), dan disimpan (*retain*), OER memberikan fleksibilitas tinggi bagi pendidik dan siswa untuk menyesuaikan materi pembelajaran secara kontekstual dan inovatif sesuai dengan kebutuhan abad ke-21. OER mendorong terjadinya partisipasi aktif dalam proses pembelajaran, sehingga siswa tidak hanya berperan sebagai penerima informasi, tetapi juga sebagai produsen pengetahuan yang mampu mengeksplorasi, memodifikasi, dan menciptakan konten baru dari sumber yang tersedia. Semua merupakan elemen esensial dalam pengembangan berpikir kreatif (Khairuddin et al., 2019).

Pendukung terhadap peran OER dalam memfasilitasi pemikiran kreatif juga disampaikan oleh Hegarty (2015), yang menjelaskan bahwa pendekatan pembelajaran terbuka berbasis OER memungkinkan terjadinya pembelajaran yang otentik, kolaboratif, dan berbasis pada otonomi pembelajar. Fleksibilitas OER menciptakan ruang eksplorasi yang luas, di mana siswa dapat menggabungkan berbagai perspektif dan menciptakan pendekatan baru terhadap suatu permasalahan (Tlili et al., 2021).

Lebih jauh lagi, dalam studi yang dilakukan oleh Hilton et al. (2010), ditemukan bahwa lingkungan pembelajaran yang memanfaatkan OER dapat meningkatkan kreativitas siswa dengan menyediakan materi pembelajaran yang lebih kontekstual, dinamis, dan sesuai dengan kebutuhan lokal maupun individual. Pendekatan ini selaras dengan prinsip-prinsip pembelajaran abad ke-21 yang menekankan pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi seperti berpikir kreatif, kritis, dan pemecahan masalah.

Tabel 2.6 berikut menyajikan peran strategis OER dalam mendukung dimensi penting pembelajaran abad ke-21 serta kontribusinya dalam memfasilitasi pengembangan keterampilan berpikir kreatif siswa di berbagai aspek pembelajaran.

Tabel 2.6 Peran OER dalam Pembelajaran dan Berpikir Kreatif

Aspek	Fungsi OER dalam Pembelajaran	Kontribusi terhadap Berpikir Kreatif
Aksesibilitas	Menyediakan sumber belajar terbuka tanpa biaya, mudah diakses oleh semua siswa.	Meningkatkan kesempatan eksplorasi mandiri dan memperkaya inspirasi ide.

Fleksibilitas	Materi dapat diubah, disesuaikan, dan dimodifikasi sesuai konteks pembelajaran.	Mendorong kreativitas dalam adaptasi dan kreasi konten baru.
Kolaborasi	Mendorong kolaborasi lintas institusi dan negara dalam berbagi materi.	Memfasilitasi perspektif lintas budaya dan ide-ide inovatif.
Partisipasi Aktif	Memungkinkan siswa menjadi produsen konten, bukan hanya konsumen.	Mengembangkan ownership dan ekspresi kreatif dalam proses belajar.

Adaptasi (Hegarty, 2015; Wiley et al., 2014; Khairuddin et al., 2019)

Melalui integrasi yang tepat dengan berbagai model pembelajaran, OER memiliki potensi untuk menjadi alat yang kuat untuk mendukung dan meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa. Namun, perlu diingat bahwa efektivitas OER dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk bagaimana sumber daya ini digunakan dan diintegrasikan ke dalam proses pembelajaran, serta pendukung dan pelatihan yang diberikan kepada pendidik dalam menggunakan OER (Hylén, 2020).

2.6 Dinamika Rotasi

Ilmu fisika, sebagai salah satu pilar ilmu alam, terus memainkan peran penting dalam pemahaman kita tentang alam semesta. Salah satu sub-topik dalam fisika yang sering dianggap kompleks namun sangat relevan adalah dinamika rotasi (Halliday et al., 2013). Dinamika rotasi adalah studi tentang benda-benda yang berputar dan prinsip-prinsip yang mengatur gerakan tersebut. Sama seperti dinamika translasional yang memsiswai gerakan benda sepanjang garis lurus, dinamika rotasi memfokuskan perhatian pada benda yang berputar sekitar suatu sumbu. Konsep-konsep kunci dalam dinamika rotasi meliputi torsi, momentum sudut, kecepatan sudut, dan percepatan sudut (Halliday et al., 2013). Aplikasi dinamika rotasi dapat ditemukan di hampir setiap aspek kehidupan seperti pemanfaatan dalam bidang transportasi, industri rumah tangga, olah raga, energi, kedokteran dan astronomi (Ford & Forman, 2006).

Materi dinamika rotasi sering dianggap sulit oleh banyak siswa SMA karena beberapa alasan utama. Pertama, konsep dinamika rotasi tergolong kompleks karena melibatkan pemahaman simultan terhadap berbagai vektor gaya seperti

torsi, momentum sudut, dan momen inersia. Fenomena-fenomena ini menuntut kemampuan berpikir konseptual dan spasial tingkat tinggi, karena bersifat tidak langsung dan sulit diobservasi secara intuitif. Selain itu, siswa sering mencoba memahami konsep rotasi dengan merujuk pada pengetahuan mereka tentang gerak lurus. Meskipun terdapat beberapa kemiripan, terdapat pula perbedaan mendasar yang dapat menimbulkan miskonsepsi (Henderson et al., 2007). Kedua, materi dinamika rotasi melibatkan perhitungan matematis yang relatif rumit. Rumus-rumus seperti energi kinetik rotasional dan momentum sudut seringkali membingungkan bagi siswa yang belum memiliki pemahaman matematika yang kuat. Di samping itu, keterbatasan pengalaman langsung terhadap fenomena rotasi dalam kehidupan sehari-hari menyebabkan kesulitan dalam mengaitkan konsep-konsep tersebut dengan konteks nyata (Stavrou et al., 2008).

Ketiga, dinamika rotasi merupakan konsep yang cenderung sulit divisualisasikan. Siswa kerap kesulitan membayangkan bagaimana objek berotasi, arah gaya, atau torsi yang bekerja pada benda. Ketiadaan alat bantu visual yang interaktif serta minimnya eksperimen kontekstual di kelas semakin memperburuk hambatan pemahaman. Keempat, pendekatan pembelajaran yang terlalu berorientasi pada teori tanpa disertai eksperimen, simulasi, atau aplikasi nyata membuat siswa cepat merasa jenuh. Minimnya keterlibatan aktif siswa dalam proses pemecahan masalah kontekstual menyebabkan lemahnya penguasaan konsep sekaligus menurunkan minat belajar (Linder et al., 2014). Kelima, kurangnya sumber daya pembelajaran yang menarik dan relevan juga menjadi faktor penghambat. Materi ajar yang tidak disertai simulasi interaktif, video penunjang, atau kegiatan aplikatif yang menggugah rasa ingin tahu siswa membuat proses belajar menjadi kurang bermakna dan kurang menantang (Putri, 2021).

Pembelajaran tentang dinamika rotasi sebagai konsep yang sulit dan kompleks memerlukan pengembangan model pembelajaran yang inovatif dan efektif. Salah satu pendekatan adalah dengan menggunakan model pembelajaran berbasis OER yang memanfaatkan representasi visual dan interaktif. Model yang dikembangkan memanfaatkan prinsip-prinsip belajar siberetik, sistem kreatif dan konstruktivisme sosial. Dalam konteks siberetik, siswa dapat berinteraksi dengan model dinamika rotasi melalui simulasi berbasis komputer, yang memberikan

umpan balik langsung dan memungkinkan siswa untuk merancang percobaan mereka sendiri dan mengamati hasilnya (Bateson, 2000). Dalam hal ini, dinamika rotasi, sebagai suatu fenomena fisik yang disiswai, menjadi bagian integral dari sistem pembelajaran siberetik.

Pendekatan konstruktivisme sosial memandang belajar sebagai proses sosial di mana pengetahuan dibangun melalui interaksi dan kolaborasi antara siswa. Dalam konteks belajar tentang dinamika rotasi, ini bisa berarti berbagi dan mendiskusikan ide, menciptakan dan menguji model dinamika rotasi, atau berkolaborasi dalam proyek penelitian. Teknologi digital dapat memfasilitasi bentuk-bentuk interaksi ini dengan menyediakan platform untuk berkomunikasi, berkolaborasi, dan berbagi sumber daya belajar (Orey, 2012).

2.7 Teori Pengembangan Model

2.7.1 Teori Konstruktivisme

Konstruktivisme adalah teori belajar yang menekankan pada konstruksi pengetahuan oleh individu berdasarkan pengalaman mereka sendiri. Dalam konteks pendidikan, konstruktivisme berarti bahwa siswa aktif dalam proses belajar mereka sendiri dan belajar terjadi ketika mereka membangun pengetahuan mereka sendiri berdasarkan pengalaman. Teori konstruktivisme telah mendefinisikan ulang cara kita memahami proses belajar dan mengajar. Sebagai salah satu teori belajar terkemuka, konstruktivisme menekankan pembentukan pengetahuan melalui pengalaman dan interaksi dengan dunia (Kirschner et al., 2018).

Teori konstruktivisme memainkan peran penting dalam pengembangan keterampilan berpikir kreatif dengan menekankan pada pembelajaran yang bersifat aktif, eksploratif, dan berbasis pengalaman. Dalam pendekatan konstruktivis, siswa didorong untuk membangun pemahaman mereka sendiri melalui interaksi dengan lingkungan, pemecahan masalah, dan refleksi atas pengalaman belajar mereka (Jonassen & Land, 2021). Pembelajaran berbasis proyek, pembelajaran berbasis masalah, kolaborasi, dan eksperimen adalah beberapa strategi yang berasal dari teori ini dan telah terbukti meningkatkan keterampilan berpikir kreatif serta kemampuan berpikir kritis siswa (Lantolf & Poehner, 2022). Dengan memberikan kesempatan kepada siswa untuk menghubungkan pengetahuan yang telah mereka

miliki dengan konsep-konsep baru, konstruktivisme membantu menciptakan lingkungan belajar yang lebih fleksibel dan inovatif (Sawyer, 2023). Selain itu, pendekatan ini juga memungkinkan siswa untuk lebih percaya diri dalam mengeksplorasi ide-ide baru tanpa takut gagal, yang menjadi faktor penting dalam mendorong pemikiran kreatif (Schunk, 2022). Dalam konteks pendidikan masa kini, teori konstruktivisme semakin relevan dalam mendukung kebutuhan abad ke-21 yang mengedepankan keterampilan berpikir kreatif dan inovatif (Bruner, 2020).

Pada abad ke-21, prinsip konstruktivisme telah digunakan untuk menginformasikan desain dan implementasi teknologi pendidikan, termasuk pembelajaran online, game pendidikan, dan lingkungan belajar virtual. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa teknologi dapat mendukung pembelajaran konstruktivis dengan memberikan siswa kesempatan untuk berkolaborasi, bereksperimen, dan membangun pengetahuan mereka sendiri dalam konteks yang bermakna dan otentik (Kafai & Resnick, 2012).

Beberapa prinsip utama dalam konstruktivisme, antara lain: 1) Pengetahuan dibangun oleh siswa melalui proses aktif dengan menginterpretasikan informasi yang diberikan, menghubungkannya dengan pengetahuan yang sudah mereka miliki, dan menerapkannya dalam konteks yang lebih luas (Kirschner et al., 2018). 2) Belajar adalah aktif, siswa aktif dalam proses belajar mereka, mencari makna dan pemahaman, bukan hanya menerima fakta (Woolfolk, 2016). 3) Konteks penting, makna dan pemahaman terbentuk dalam konteks sosial, budaya, dan individu yang spesifik menunjukkan bahwa proses pembelajaran berbeda untuk setiap orang (Scheiter et al., 2010). 4) Interaksi dan kolaborasi, belajar sering kali bersifat sosial, dan interaksi dengan guru, teman sebaya, dan materi bisa sangat mendukung proses konstruksi pengetahuan (Murphy et al., 2017). 5) Refleksi adalah proses merefleksikan apa yang telah disiswai, bagaimana pengetahuan itu telah diintegrasikan dengan apa yang sudah diketahui, dan bagaimana itu berhubungan dengan pengalaman masa lalu dan masa depan, semua adalah bagian penting dari (Dewey, 1986).

Konstruktivisme kognitif adalah pendekatan dalam teori konstruktivisme yang menekankan bahwa individu membangun pengetahuan melalui proses mental internal dan pengalaman pribadi mereka (Piaget, 1976). Berbeda dengan

konstruktivisme sosial yang lebih menekankan pada interaksi sosial dalam pembentukan pengetahuan, konstruktivisme kognitif fokus pada perkembangan struktur kognitif individu dan bagaimana mereka memproses serta mengorganisasi informasi yang diperoleh (Schunk, 2012). Dalam konteks ini, siswa tidak hanya menyerap informasi, tetapi mereka aktif dalam membangun pengetahuan melalui pengalaman yang relevan dan refleksi atas pengetahuan yang telah mereka miliki sebelumnya.

a. Konstruktivisme Kognitif

Keterampilan berpikir kreatif menjadi salah satu kompetensi utama yang harus dikembangkan dalam dunia pendidikan abad ke-21. Namun, sistem pembelajaran konvensional yang masih berorientasi pada hafalan dan instruksi langsung sering kali tidak memberikan ruang bagi eksplorasi ide dan inovasi (Sawyer, 2021). Teori konstruktivisme kognitif, yang dikembangkan oleh Jean Piaget, menawarkan perspektif bahwa pembelajaran terjadi melalui interaksi aktif dengan lingkungan, di mana individu membangun pemahamannya secara bertahap berdasarkan pengalaman sebelumnya (Piaget, 1950 dalam Yew & Schmidt, 2009).

Penerapan model pembelajaran PBL berbasis OER dapat menjadi pendekatan yang efektif dalam mengembangkan keterampilan berpikir kreatif karena sejalan dengan prinsip konstruktivisme kognitif yang menekankan pembelajaran aktif, kontekstual, asimilasi dan akomodasi (Dabbagh et al., 2023). Konstruktivisme kognitif menekankan bahwa pembelajaran bukanlah proses pasif di mana siswa hanya menerima informasi dari guru, melainkan sebuah proses aktif di mana mereka membangun pengetahuan sendiri melalui pengalaman dan interaksi dengan lingkungan sekitar (Piaget, 1950 dalam Yew & Schmidt, 2009). Dalam konteks berpikir kreatif, teori konstruktivisme memberikan fondasi penting dalam bagaimana siswa mengolah dan menyesuaikan pemahaman mereka untuk menghasilkan ide-ide baru. Salah satu konsep utama dalam konstruktivisme kognitif adalah asimilasi dan akomodasi. Asimilasi terjadi ketika siswa memasukkan informasi baru ke dalam struktur kognitif yang sudah ada, sedangkan akomodasi terjadi ketika mereka menyesuaikan atau mengubah struktur kognitifnya agar mampu memahami

informasi baru dengan lebih baik (Piaget, 1950 dalam Runco & Jaeger, 2012). Dalam konteks berpikir kreatif, proses ini terjadi ketika siswa harus menghubungkan konsep yang telah mereka ketahui dengan informasi baru yang ditemukan melalui eksplorasi sumber daya OER dan mencari hubungan yang lebih luas antar konsep (Schunk, 2012; Kim, 2021). Tersedianya berbagai sumber OER, seperti jurnal ilmiah, video edukasi, dan simulasi interaktif, siswa memiliki lebih banyak peluang untuk membangun dan menyesuaikan pemahaman mereka dengan perspektif yang lebih luas.

Teori perkembangan kognitif Piaget menjelaskan bahwa pada tahap operasional formal (usia 11 tahun ke atas), siswa mulai mengembangkan kemampuan berpikir abstrak dan hipotetis, yang menjadi dasar penting dalam keterampilan berpikir kreatif (Yew & Schmidt, 2009). Pembelajaran berbasis OER memberikan ruang bagi siswa dalam tahap ini untuk menguji hipotesis, menganalisis berbagai kemungkinan solusi, serta mengembangkan pendekatan unik dalam menyelesaikan masalah (Dabbagh et al., 2023). memanfaatkan akses ke berbagai OER, siswa dapat memperkaya wawasan dan melihat masalah dari berbagai sudut pandang, yang semakin memperkuat keterampilan berpikir kreatif.

Eksplorasi dan penemuan juga menjadi kunci utama dalam pembelajaran yang berlandaskan konstruktivisme kognitif. Piaget menekankan bahwa siswa akan belajar lebih efektif ketika mereka menemukan sendiri konsep-konsep baru daripada sekadar menerima informasi dari guru (Hmelo-Silver, 2004). Pengembangan model PBL berbasis OER sangat mendukung prinsip konstruktivisme kognitif dengan memberikan kebebasan bagi siswa untuk mengakses berbagai sumber belajar dan mengeksplorasi perspektif yang berbeda. Pengembangan model PBL berbasis OER, siswa tidak hanya sekadar memahami suatu konsep, tetapi juga dapat mengembangkan solusi inovatif berdasarkan pengalaman dan informasi yang telah mereka gali (Yuan et al., 2020).

Integrasi konstruktivisme kognitif dalam pengembangan model PBL berbasis OER memberikan peluang besar dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa. Salah satu mekanisme utamanya adalah melalui

pemecahan masalah autentik, di mana siswa diberikan tantangan nyata dan harus menemukan solusinya sendiri dengan mengeksplorasi berbagai sumber terbuka (Dabbagh et al., 2023). Menghadapi tantangan yang relevan dengan kehidupan mereka, siswa terdorong untuk berpikir kreatif dalam mengembangkan strategi dan pendekatan baru (Kim, 2021). Selain itu, kolaborasi dan perspektif beragam juga memainkan peran penting dalam penguatan keterampilan berpikir kreatif. Teori konstruktivisme kognitif menegaskan bahwa pembelajaran optimal terjadi ketika siswa membangun pemahaman secara sosial melalui diskusi dan interaksi dengan orang lain (Yew & Schmidt, 2009). Memanfaatkan OER, siswa dapat terlibat dalam komunitas akademik global, berbagi ide dengan berbagai individu dari latar belakang berbeda, serta mengakses perspektif yang lebih luas untuk memperkaya cara berpikir mereka (UNESCO, 2019).

Konstruktivisme kognitif, eksperimen dan refleksi menjadi bagian penting dari pembelajaran (Runco & Jaeger, 2012). Pengembangan model pembelajaran PBL berbasis OER memberikan kesempatan bagi siswa untuk mencoba berbagai solusi, menguji efektivitasnya, dan melakukan refleksi atas pendekatan yang telah mereka gunakan. Proses ini memungkinkan siswa untuk semakin mengasah keterampilan berpikir kreatif mereka dalam merancang strategi baru dalam pemecahan masalah (Yuan et al., 2020). Sehingga, penerapan model pembelajaran PBL berbasis OER yang berlandaskan konstruktivisme kognitif tidak hanya mendorong siswa untuk menjadi pemikir yang lebih kreatif, tetapi juga membentuk pola pikir yang lebih mandiri dan inovatif dalam menghadapi tantangan di dunia nyata.

Konstruktivisme kognitif merupakan teori yang menekankan peran aktif individu dalam pembentukan pengetahuan. Hal ini mengimplikasikan serangkaian strategi pengajaran yang berpusat pada siswa, di mana siswa terlibat dalam eksplorasi dan penemuan aktif (Bruner, 1961), penggunaan teknologi yang mendukung refleksi dan pemahaman individual melalui alat digital dan interaktif (Jonassen, 1994) serta diferensiasi yang mengakui perbedaan dalam perkembangan kognitif dan menyediakan pendekatan yang disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan setiap siswa (Tomlinson, 2001).

Bersama-sama, prinsip-prinsip ini mendukung pendekatan yang lebih inklusif, dinamis, dan efektif dalam proses pembelajaran.

b. Konstruktivisme Sosial

Pengembangan model PBL berbasis OER juga sejalan dengan teori konstruktivisme sosial yang dikembangkan oleh Lev Vygotsky, yang memfokuskan pada peran penting dari interaksi sosial dalam proses belajar. Konstruktivisme sosial adalah teori yang mengungkap bagaimana individu merancang pengetahuan mereka melalui pertukaran sosial. Ini mengisyaratkan bahwa belajar tidak semata-mata tentang penumpukan fakta atau kemampuan, tetapi lebih pada proses membangun pemahaman dan pengetahuan bersama dalam lingkungan sosial (Kim, 2023). Di mana proses konstruksi pengetahuan dihasilkan melalui dialog dan interaksi sosial dengan orang lain (Vygotsky, 1978). Dalam konteks pendidikan, ini berarti bahwa pendidik dan siswa berperan aktif dalam proses belajar, yang melibatkan pertukaran gagasan, penilaian argumen, dan menciptakan pemahaman bersama.

Konstruktivisme sosial merupakan pendekatan yang menekankan pentingnya pembelajaran kolaboratif dan dialogis. Menurut teori ini, diskusi dan kerja kelompok memungkinkan siswa untuk membangun pemahaman bersama, menantang ide-ide mereka sendiri dan orang lain, serta mengembangkan keterampilan berpikir kritis (Palincsar, 1998). Dalam konsep konstruktivisme sosial, peran guru bukanlah sebagai pemberi pengetahuan, tetapi sebagai fasilitator dan mediator yang membantu siswa dalam membangun pemahaman mereka sendiri. Guru dapat menciptakan lingkungan belajar yang mendukung interaksi sosial dan refleksi, memberikan bimbingan dan umpan balik, serta merancang tugas yang mendorong siswa untuk berkolaborasi dan berdiskusi (Hammond & Gibbons, 2005).

Lev Vygotsky menekankan bahwa pembelajaran terbaik terjadi ketika siswa berinteraksi dengan orang lain dan mendapatkan bimbingan dalam Zona Perkembangan Proksimal (ZPD) mereka, yaitu tahap di mana mereka dapat mencapai pemahaman yang lebih tinggi dengan pendukung dari guru atau teman sebaya (Yew & Schmidt, 2009). Salah satu prinsip utama dalam konstruktivisme sosial adalah bahwa interaksi sosial dan kolaborasi mendorong

keterampilan berpikir kreatif. Siswa tidak hanya belajar dari buku teks, tetapi juga dari diskusi, pertukaran ide, dan pengalaman nyata yang mereka alami dalam lingkungan belajar yang dinamis (Kim, 2021). Dalam model pembelajaran PBL berbasis OER, siswa bekerja dalam kelompok untuk menyelesaikan tantangan dunia nyata dengan mengandalkan berbagai sumber daya digital yang tersedia secara terbuka. Misalnya, mereka dapat mengakses jurnal akademik, video pembelajaran, atau studi kasus dari berbagai negara untuk memahami bagaimana masalah tertentu dipecahkan di berbagai tempat. Dengan proses ini, siswa tidak hanya memperkaya pemikiran mereka, tetapi juga mengembangkan kemampuan berpikir kreatif yang lebih fleksibel dan inovatif (Dabbagh et al., 2023).

Bahasa dan komunikasi memainkan peran penting dalam pembentukan keterampilan berpikir kreatif. Menurut Vygotsky, bahasa adalah alat utama dalam pengembangan kognitif, dan pembelajaran menjadi lebih efektif ketika siswa terlibat dalam dialog yang membangun (Sawyer, 2021). Siswa diberi kebebasan untuk mendiskusikan ide mereka dalam kelompoknya, mengajukan pertanyaan kepada guru, serta berkolaborasi dengan teman sebaya. Pada proses ini, siswa tidak hanya mendapatkan wawasan baru tetapi juga belajar untuk mengartikulasikan ide-ide mereka dengan lebih baik dan memperbaiki konsep yang mereka kembangkan melalui diskusi dan refleksi (Yew & Schmidt, 2009).

Model pembelajaran yang dikembangkan juga menekankan pentingnya eksperimen dan refleksi sebagai bagian dari pembelajaran kreatif. Siswa tidak hanya diminta untuk menemukan jawaban yang benar, tetapi juga untuk mencoba berbagai pendekatan, mengevaluasi efektivitasnya, dan melakukan refleksi kritis terhadap proses yang telah mereka lalui (Kim, 2021). Adanya akses ke OER, siswa memiliki kebebasan untuk membandingkan solusi mereka dengan praktik terbaik dari berbagai bidang, menguji ide-ide baru, serta mengembangkan inovasi yang lebih efektif dan aplikatif (Yuan et al., 2020). Penjelasan setiap aspek model pembelajaran serta peran konstruktivisme sosial terhadap pengembangan model dapat di lihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Prinsip Konstruktivisme Sosial Terhadap Model yang Dikembangkan

Aspek	Teori Konstruktivisme	Implikasi dalam Pengembangan Model
Peran Siswa	Siswa secara aktif membangun pemahaman melalui pengalaman	Siswa mengeksplorasi sumber daya OER untuk menemukan solusi kreatif dalam PBL.
Peran Guru	Guru sebagai fasilitator yang memberikan bimbingan dalam Zona Perkembangan Proksimal	Guru membantu siswa mengakses dan mengevaluasi OER, serta memberikan <i>scaffolding</i> dalam pemecahan masalah.
Sumber Belajar	Pengetahuan dikonstruksi melalui interaksi dengan lingkungan dan orang lain	OER sebagai sumber belajar terbuka yang memungkinkan eksplorasi mandiri dan kolaboratif.
Metode Pembelajaran	Pembelajaran berbasis pengalaman dan pemecahan masalah	PBL memungkinkan siswa memecahkan masalah nyata dengan pendukung informasi dari OER.
Kolaborasi dan Interaksi	Interaksi sosial membangun pemahaman lebih dalam	Siswa bekerja dalam kelompok, berdiskusi, dan mengakses berbagai perspektif global melalui OER.
Perkembangan Kognitif	Pengetahuan berkembang melalui asimilasi dan akomodasi pengalaman baru	OER mendukung siswa dalam mengasah pemikiran kritis dan mengembangkan solusi inovatif dalam PBL.
Evaluasi dan Refleksi	Siswa perlu merefleksikan hasil pembelajaran mereka untuk membangun pemahaman yang lebih baik	Siswa merefleksikan pemecahan masalah mereka dan memperbaiki strategi berdasarkan informasi dari berbagai sumber terbuka.
Keterampilan berpikir kreatif dan Inovasi	Pembelajaran yang aktif dan berbasis eksplorasi meningkatkan keterampilan berpikir kreatif	Memberikan kesempatan bagi siswa untuk mencoba berbagai solusi dan berpikir secara inovatif.

Adaptasi (Wiley et al., 2014; Anderson & Dron, 2011; Runco, 2014)

Konstruktivisme sosial berkontribusi secara signifikan dalam pengembangan model pembelajaran PBL berbasis OER dengan menciptakan lingkungan belajar yang lebih kolaboratif, interaktif, dan berbasis eksplorasi. Penerapan teori konstruktivisme sosial berperan memastikan bahwa siswa tidak hanya belajar dari sumber yang tersedia, tetapi juga dari interaksi sosial, diskusi, dan pengalaman kolektif yang mempercepat perkembangan berpikir kreatif.

2.7.2 Teori Sibernetik

Teori Sibernetik yang diperkenalkan pertama kali oleh Norbert Wiener pada pertengahan abad ke-20 merupakan pendekatan ilmiah untuk memahami dan mengendalikan sistem kompleks, baik dalam ranah ilmu fisik, biologi, maupun ilmu sosial, termasuk pendidikan (Wiener, 2019). Sistem pendidikan dapat dipandang sebagai sistem kompleks karena melibatkan banyak elemen yang saling berinteraksi secara dinamis, seperti siswa, guru, kurikulum, teknologi, dan lingkungan sosial-budaya. Pada sistem seperti ini, hubungan timbal balik antar komponen menuntut adanya mekanisme umpan balik (*feedback*), pengendalian (*control*), dan adaptasi, sehingga stabilitas dan efektivitas pembelajaran tetap terjaga (Ashby, 1956).

Kontribusi dalam pengembangan model PBL berbasis OER, teori sibernetik memberikan kerangka konseptual yang kuat. Pertama, prinsip umpan balik berperan penting dalam meningkatkan efektivitas proses belajar. Melalui asesmen formatif, diskusi kelompok, atau evaluasi berbasis data, guru dapat memberikan umpan balik positif untuk memperkuat strategi belajar siswa atau umpan balik korektif agar mereka dapat menyesuaikan pendekatannya (Ashby, 1956). Hal ini sangat relevan dalam PBL berbasis OER, karena siswa didorong untuk aktif mengeksplorasi sumber terbuka dan umpan balik menjadi mekanisme pengarah agar pemanfaatan OER benar-benar menunjang ketercapaian tujuan belajar.

Kedua, prinsip pengendalian dan regulasi diri (*control and self-regulation*) juga menjadi inti dalam teori sibernetik. Dalam PBL berbasis OER, siswa tidak hanya berperan sebagai penerima informasi, tetapi dituntut untuk mengelola proses belajarnya sendiri melalui keterampilan regulasi diri, seperti merencanakan pencarian sumber, memantau kemajuan, serta merefleksikan pemahaman. Dengan demikian, teori sibernetik memperkuat PBL berbasis OER dalam mengembangkan keterampilan berpikir kreatif dan reflektif yang diperlukan dalam pembelajaran abad ke-21 (Von Bertalanffy, 1968; Zimmerman, 2020).

Prinsip sistem terbuka dan adaptasi dalam teori sibernetik juga sejalan dengan pemanfaatan OER. Sebagai sistem terbuka, pendidikan modern harus mampu mengakses, memodifikasi, dan mendistribusikan kembali sumber daya belajar sesuai dengan perkembangan zaman. OER menyediakan fleksibilitas tersebut, memungkinkan kurikulum dan model PBL untuk terus berkembang mengikuti

perubahan teknologi, kebutuhan siswa, serta tuntutan global (Dissanayake, 2021). Dengan demikian, teori siberetik tidak hanya menjelaskan mekanisme umpan balik, pengendalian, dan adaptasi dalam sistem pendidikan, tetapi juga memberikan landasan penting bagi pengembangan model PBL berbasis OER agar lebih responsif, inovatif, dan berkelanjutan.

Tabel 2.8 Prinsip Teori Siberetik Terhadap Model yang Dikembangkan

Prinsip Siberetik	Pengaruh Terhadap Pengembangan Model Pembelajaran
Umpan Balik (<i>Feedback</i>)	Model harus memungkinkan umpan balik yang efektif, yang berarti siswa dan guru dapat mengevaluasi dan menyesuaikan proses dan hasil belajar secara terus-menerus.
Kontrol dan kendali diri (<i>Control and Self-regulation</i>)	Model pembelajaran harus mendukung siswa untuk memiliki kendali atas belajar mereka sendiri, termasuk penentuan tujuan, pemilihan strategi, dan evaluasi hasil belajar mereka sendiri.
Sistem Terbuka dan Adaptasi	Model pembelajaran yang dikembangkan harus mampu berinteraksi dengan lingkungan luar, seperti konteks kelas, kurikulum, dan kebutuhan individu siswa.

Adaptasi (Wiener, 2019)

Pada Tabel 2.8 ditunjukkan bahwa dalam konteks pengembangan model pembelajaran, kerangka kerja siberetik berperan penting dalam memandu desain lingkungan belajar yang berbasis sistem terbuka dan adaptif, dengan menekankan pada prinsip umpan balik, kontrol, dan regulasi diri. Dalam pengembangan model PBL berbasis OER, prinsip-prinsip ini menjadi landasan utama yang memastikan pembelajaran lebih responsif dan berpusat pada siswa. Misalnya, penerapan umpan balik dapat difasilitasi oleh teknologi digital yang memberikan respons real-time, sehingga siswa dapat menyesuaikan pemahaman dan strategi belajarnya secara lebih efektif (Hattie & Timperley, 2007). Hal ini mendukung sintaks PBL, di mana guru tidak hanya memberikan penilaian akhir, tetapi juga membimbing proses penyelidikan melalui *scaffolding* yang berkesinambungan.

Prinsip pengendalian dan regulasi diri dalam teori siberetik juga sejalan dengan karakteristik PBL berbasis OER. Dalam model ini, siswa diberi kendali lebih besar atas proses belajarnya, mulai dari menentukan strategi pencarian, memilih OER yang relevan, hingga mengelola progres pembelajaran secara mandiri. Dengan demikian, regulasi diri tidak hanya membantu siswa dalam

mengatur waktu dan sumber daya, tetapi juga memperkuat keterampilan berpikir kritis dan reflektif yang menjadi tujuan utama PBL (Zimmerman, 2020). PBL berbasis OER memberikan ruang bagi siswa untuk berperan aktif sebagai pengelola pengetahuan, sementara guru bertindak sebagai fasilitator yang memastikan proses belajar tetap berjalan sesuai tujuan.

Prinsip sistem terbuka dan adaptasi dalam siberetik memperkuat relevansi PBL berbasis OER. OER menyediakan akses bebas, fleksibilitas, dan peluang kolaboratif, memungkinkan siswa dan guru untuk menyesuaikan materi sesuai kebutuhan kontekstual (Wiley et al., 2018). Melalui adaptasi, siswa dapat merevisi dan memodifikasi materi OER agar sesuai dengan konteks lokal, kebijakan pendidikan, maupun perkembangan ilmu pengetahuan terbaru, sehingga proses belajar menjadi lebih inklusif dan personal. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa adaptasi materi OER mendukung personalisasi pembelajaran, di mana sumber yang digunakan benar-benar relevan dengan kebutuhan spesifik siswa (Tlili et al., 2021). Pengembangan model PBL berbasis OER dapat berfungsi sebagai model sistem terbuka yang mendorong kolaborasi, refleksi, dan pengembangan keterampilan kreatif.

Teori siberetik juga memiliki potensi besar dalam mendukung sistem pembelajaran otomatis dan adaptif yang memanfaatkan OER. Melalui prinsip regulasi dan adaptasi, sistem ini dapat menyesuaikan jalannya pembelajaran berdasarkan kebutuhan dan kemajuan individu siswa, sehingga penggunaan OER menjadi lebih efektif dan kontekstual (D'Mello & Graesser, 2012). Integrasi ini memperlihatkan bahwa teori siberetik tidak hanya menjadi kerangka konseptual, tetapi juga fondasi praktis dalam pengembangan model PBL berbasis OER yang berorientasi pada keterampilan abad ke-21, seperti kreativitas, kolaborasi, dan kemandirian belajar.

2.7.3 Teori Sistem Kreatif

Keterampilan berpikir kreatif sering kali dipandang sebagai sesuatu yang melekat pada individu, yaitu kemampuan bawaan seseorang untuk menghasilkan ide-ide unik dan inovatif. Namun, Mihaly Csikszentmihalyi melalui teori sistem kreatif menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kreatif bukanlah sekadar hasil

dari pemikiran individu semata, melainkan merupakan interaksi kompleks antara individu, domain (bidang pengetahuan), dan bidang (komunitas yang menilai dan mengakui keterampilan berpikir kreatif) (Csikszentmihalyi, 2019). Dalam konteks pendidikan, teori ini memberikan wawasan penting mengenai bagaimana lingkungan, pengakuan, dan proses pembelajaran yang tepat dapat membantu membentuk keterampilan berpikir kreatif pada siswa.

a. Individu sebagai titik awal proses kreatif

Teori ini memandang individu sebagai titik awal dari proses kreatif. Setiap siswa memiliki bakat, pengetahuan, dan keterampilan yang membentuk cara mereka memahami dan menciptakan sesuatu yang baru. Namun, keterampilan berpikir kreatif tidak muncul begitu saja dibutuhkan motivasi intrinsik, fleksibilitas berpikir, dan lingkungan yang mendukung agar siswa merasa bebas untuk bereksplorasi dan menemukan solusi baru. Oleh karena itu, dalam pendidikan, penting bagi guru untuk menanamkan semangat ingin tahu, memberikan tantangan yang mendorong pemikiran kreatif, serta membangun rasa percaya diri siswa dalam mengembangkan ide-ide mereka (Csikszentmihalyi, 2019).

Pendekatan seperti PBL sangat sesuai dengan konsep ini karena menempatkan siswa sebagai pencari solusi aktif dalam situasi dunia nyata. Dengan menghadapi permasalahan yang menantang, siswa terdorong untuk mengeksplorasi berbagai perspektif, mencari informasi dari berbagai sumber, serta mengembangkan solusi yang orisinal. PBL berbasis OER diharapkan semakin memperkuat aspek ini karena menyediakan akses luas ke berbagai sumber belajar yang memungkinkan siswa untuk memperdalam pemahaman mereka tanpa batasan ruang dan waktu (Hmelo-Silver, 2004).

b. Domain sebagai wadah penguasaan pengetahuan

Keterampilan berpikir kreatif tidak dapat berkembang dalam ruang hampa, dibutuhkan pemahaman yang mendalam tentang bidang atau domain tertentu. Setiap disiplin ilmu memiliki aturan, konsep, dan praktik yang harus dipahami agar seseorang dapat menciptakan sesuatu yang

bernilai dalam bidang tersebut. Sebagai contoh, dalam bidang seni, seorang pelukis tidak bisa begitu saja menggambar tanpa memahami teori warna dan teknik lukisan; begitu pula dalam bidang sains, inovasi hanya dapat muncul setelah seseorang memahami dasar-dasar metodologi penelitian.

Dunia pendidikan menekankan pentingnya memberi siswa tidak hanya pemahaman tentang fakta dan informasi, tetapi juga kesempatan untuk mendalami proses kreatif di bidang yang mereka minati.. Pembelajaran berbasis proyek atau berbasis masalah, seperti PBL, dapat membantu siswa untuk memahami dan menguasai domain tertentu dengan lebih mendalam. Model ini tidak hanya menyajikan teori kepada siswa, tetapi juga menghadirkan tantangan nyata yang menuntut pemikiran analitis dan kreatif dalam menemukan solusi. Pendukung OER memungkinkan siswa mengakses informasi terkini dari berbagai disiplin ilmu, memperluas wawasan, serta membangun pemahaman yang lebih mendalam terhadap domain yang mereka siswai (Hmelo-Silver, 2004).

c. Bidang sebagai pengakuan dan validasi keterampilan berpikir kreatif

Salah satu aspek penting dalam teori sistem kreatif adalah bahwa keterampilan berpikir kreatif tidak hanya bergantung pada individu dan domain, tetapi juga pada bidang, yaitu komunitas yang menilai dan mengakui apakah sebuah ide atau produk dapat dianggap kreatif. Dalam dunia akademik dan profesional, komunitas ini bisa berupa ilmuwan, seniman, atau praktisi di bidang tertentu. Bidang ini dapat berupa guru, teman sebaya, atau komunitas belajar yang memberikan umpan balik dan validasi terhadap hasil karya siswa.

Penting bagi lingkungan pendidikan untuk menciptakan suasana yang mendukung eksplorasi ide dan memberikan penghargaan terhadap upaya kreatif siswa. Jika siswa merasa bahwa ide-ide mereka diakui dan diapresiasi, mereka akan lebih termotivasi untuk terus berpikir kreatif dan berani mengambil risiko dalam menghasilkan sesuatu yang baru (Beghetto & Kaufman, 2021). Guru dan teman sebaya dapat berperan sebagai komunitas yang memberikan umpan balik konstruktif, bukan hanya dalam

bentuk penilaian akademik, tetapi juga dalam bentuk diskusi terbuka yang memungkinkan siswa melihat ide mereka dari perspektif yang lebih luas.

Melalui akses terhadap OER, siswa juga memiliki peluang untuk mempublikasikan dan membagikan ide-ide mereka di forum akademik atau komunitas global, sehingga keterampilan berpikir kreatif mereka dapat divalidasi oleh khalayak yang lebih luas di luar lingkungan kelas. Dengan demikian, pembelajaran tidak hanya terbatas pada interaksi di dalam kelas, tetapi juga dapat berkembang menjadi pengalaman kolaboratif yang lebih luas (UNESCO, 2019).

Teori sistem kreatif memberikan pemahaman yang lebih luas tentang bagaimana keterampilan berpikir kreatif berkembang dalam konteks pendidikan. Keterampilan berpikir kreatif tidak hanya berasal dari individu, tetapi juga dari interaksi mereka dengan domain yang mereka siswai dan bidang yang menilai karya mereka.

Dorongan untuk mengeksplorasi ide, membangun pemahaman mendalam terhadap domain, serta memperoleh validasi dan pengakuan dari komunitas memungkinkan siswa menjadi lebih percaya diri dalam mengembangkan keterampilan berpikir kreatif mereka. Oleh karena itu, menciptakan lingkungan belajar yang menstimulasi rasa ingin tahu, memberikan akses ke sumber daya pendidikan terbuka, serta membangun sistem umpan balik yang mendukung akan menjadi kunci dalam membentuk generasi yang lebih kreatif dan inovatif di masa depan. Tabel 2.9 di bawah menggambarkan keterkaitan antara teori sistem kreatif, keterampilan berpikir kreatif, dan peran OER dalam pengembangan model pembelajaran.

Tabel 2.9 Teori Sistem Kreatif, Keterampilan Berpikir Kreatif, dan Peran OER

Domain	Teori Sistem Kreatif	Keterampilan Berpikir Kreatif	Peran OER
Individu	Individu adalah titik awal dari proses kreatif. Mereka memanfaatkan bakat,	Individu dengan pengetahuan dan keterampilan yang relevan memiliki kemampuan untuk berpikir kreatif dan	OER memungkinkan individu memiliki akses ke sumber daya belajar yang luas dan

Domain	Teori Sistem Kreatif	Keterampilan Berpikir Kreatif	Peran OER
	pengetahuan, dan keterampilan mereka untuk menciptakan ide atau produk baru yang unik dan bernilai.	menciptakan solusi inovatif untuk masalah. Pengembangan pengetahuan dan keterampilan ini penting untuk membentuk keterampilan berpikir kreatif.	berkualitas, yang membantu mereka dalam memperdalam pengetahuan dan keterampilan mereka dan mendukung pembentukan keterampilan berpikir kreatif.
Domain	Domain merujuk kepada bidang pengetahuan atau disiplin yang menyediakan seperangkat aturan dan praktik yang harus dipahami oleh individu untuk menciptakan sesuatu yang baru dan bernilai.	Untuk mengembangkan keterampilan berpikir kreatif, individu harus mendalami dan memahami domain tersebut. Pendidikan berbasis proyek atau masalah, seperti PBL, bisa menjadi pendekatan efektif untuk membantu siswa memahami dan menguasai domain.	OER dapat digunakan untuk mengembangkan dan memperkaya domain pengetahuan, dengan menyediakan akses ke berbagai sumber daya belajar yang relevan dan berkualitas di berbagai disiplin.
Bidang	Bidang merujuk kepada komunitas orang-orang yang berpengetahuan dan berpengaruh dalam domain tertentu. Mereka berperan dalam mengenali dan menerima produk atau ide baru sebagai sesuatu yang kreatif dan bernilai.	Guru dan teman sebaya dapat berperan sebagai bidang, memberikan umpan balik dan pengakuan atas usaha kreatif siswa, yang dapat memotivasi mereka untuk berpikir kreatif dan mengambil risiko dalam penciptaan ide baru.	OER mendukung pembelajaran kolaboratif dan diskusi, yang memungkinkan siswa mendapatkan umpan balik dan pengakuan dari komunitas belajar yang lebih luas, memfasilitasi pengembangan keterampilan berpikir kreatif.

Adaptasi (Beghetto & Kaufman, 2021; Hilton III et al., 2013)

2.8 Karakteristik Model Pembelajaran

Model pembelajaran merupakan suatu pola atau pendekatan yang digunakan sebagai pedoman dalam merencanakan, melaksanakan, dan mengevaluasi kegiatan pembelajaran. Model ini mencakup langkah-langkah yang harus dilakukan oleh guru dan siswa untuk mencapai tujuan pembelajaran yang diinginkan. Model

pembelajaran bertujuan untuk menciptakan pengalaman belajar yang terstruktur dan efektif, dengan melibatkan siswa dalam proses yang aktif dan interaktif.

Menurut Joyce dan Calhoun (2024), model pembelajaran adalah seperangkat langkah atau strategi yang dapat digunakan untuk merencanakan dan melaksanakan pembelajaran yang efektif. Model ini mencakup sintaks (urutan langkah-langkah), sistem sosial (hubungan antar siswa dan guru), prinsip reaksi (respon guru terhadap siswa), sistem pendukung (sumber daya yang diperlukan), dan dampak instruksional serta pengiring. Dengan kata lain, model pembelajaran tidak hanya mengatur proses pengajaran tetapi juga menciptakan lingkungan yang mendukung siswa dalam memahami materi dan mengembangkan keterampilan yang dibutuhkan (Joyce & Calhoun, 2024).

Arends (2008) mengemukakan bahwa model pembelajaran yang baik juga harus memiliki empat ciri khas yang penting. Pertama, model harus memiliki rasional teoritik yang logis yang menjadi dasar bagi pengembangannya. Kedua, model harus memiliki tujuan pembelajaran yang jelas, yang menjadi panduan untuk mencapai hasil yang diinginkan. Ketiga, tingkah laku mengajar yang diperlukan agar pembelajaran dapat terlaksana dengan baik, serta lingkungan belajar yang mendukung agar tujuan pembelajaran tercapai dengan efektif.

Kualitas model pembelajaran menurut Plomp dan Nieveen (2007) ditentukan oleh tiga syarat utama, yaitu validitas, kepraktisan, dan keefektifan. Validitas menguji apakah model sesuai dengan rasional teoritik dan apakah komponen-komponen model saling berkaitan secara konsisten. Kepraktisan merujuk pada sejauh mana model dapat diterapkan dengan baik dalam pelaksanaan di kelas, yang mencakup keberhasilan sintak, sistem sosial, dan prinsip reaksi. Keefektifan model ditentukan oleh sejauh mana model tersebut dapat membantu siswa mencapai tujuan pembelajaran. Indikator keefektifan ini mencakup pencapaian ketuntasan belajar, waktu ideal untuk aktivitas belajar, dan kemampuan guru dalam mengelola pembelajaran. Secara keseluruhan, model pembelajaran yang baik harus memiliki struktur yang jelas dan relevan dengan tujuan pembelajaran, serta dapat diterapkan secara praktis dan efektif di kelas. Memperhatikan komponen-komponen pengembangan model dan kualitas yang diperlukan, model pembelajaran dapat

dioptimalkan untuk mendukung perkembangan siswa yang lebih baik dalam proses belajar mereka (Joyce & Weil, 2003; Arends, 1997; Plomp & Nieveen, 2007).

Model PBL berbasis OER yang dikembangkan bertujuan meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa dengan menciptakan ekosistem pembelajaran yang mendukung siswa dalam menghasilkan ide-ide kreatif dan inovatif. Dalam model ini, berpikir kreatif tidak hanya dilihat sebagai kemampuan untuk menemukan ide baru, tetapi juga sebagai proses aktif yang melibatkan refleksi, kolaborasi, dan pembelajaran mandiri dalam konteks masalah dunia nyata (Giroux, 2020). Pendekatan ini didasarkan pada teori konstruktivisme, khususnya prinsip *scaffolding*, di mana guru berperan sebagai fasilitator yang membantu siswa dalam membangun pengetahuan dan keterampilan mereka secara bertahap.

Teori sibermetik juga diterapkan dalam model ini, di mana umpan balik yang diberikan selama proses pembelajaran memungkinkan siswa untuk belajar secara mandiri dan mengadaptasi pemahaman mereka berdasarkan informasi yang mereka terima. Umpan balik yang konstruktif memperkuat pemahaman siswa dan meningkatkan keterlibatan mereka dalam proses pembelajaran (Hennessy et al., 2022). Teori sistem kreatif menekankan pentingnya lingkungan yang mendukung pengembangan kreativitas. Lingkungan domain sebagai keilmuan berfungsi sebagai tempat untuk memunculkan dan memperkuat ide-ide kreatif, sementara bidang sebagai lingkungan diskusi memungkinkan siswa untuk berbagi ide dan mendapatkan umpan balik dari sesama siswa maupun guru, yang memperkaya proses pembelajaran mereka.

Tabel 2.10 Hubungan Keterkaitan Antar Teori Terhadap Pengembangan Model

No	Konstruktivisme	Sibermetik	Sistem Kreatif	OER
1	Siswa membangun pemahaman awal melalui eksplorasi dan interaksi dengan lingkungan belajar.	Umpan balik awal memungkinkan siswa memahami kompleksitas masalah dan mengidentifikasi kebutuhan informasi.	Siswa berinteraksi dengan domain masalah dan mengembangkan perspektif awal terhadap tantangan yang ada.	Memberikan akses ke berbagai sumber informasi untuk memperluas pemahaman siswa tentang isu yang dieksplorasi.
2	Siswa mengembangkan pemikiran divergen dengan	Sistem adaptif membantu siswa mengoreksi dan menyempurnakan	Siswa menghasilkan solusi kreatif dengan mengadaptasi dan mengkombinasikan	Memfasilitasi eksplorasi berbagai solusi dari berbagai

	membentuk dan memodifikasi ide-ide baru.	ide-ide mereka melalui umpan balik berkelanjutan.	ide-ide dari berbagai sumber.	bidang keilmuan, memungkinkan adaptasi dan remix ide.
3	Siswa bereksperimen dengan solusi, menguji gagasan, dan melakukan iterasi berbasis pengalaman belajar mereka.	Kreativitas dioptimalkan melalui mekanisme kontrol dinamis yang memungkinkan eksperimen dan evaluasi ide.	Eksplorasi gagasan dalam berbagai konteks memungkinkan inovasi yang lebih luas dan adaptif.	Mendukung eksperimen berbasis sumber daya terbuka yang memperkaya proses kreatif.
4	Siswa mengevaluasi efektivitas strategi berpikir mereka, menyesuaikan pendekatan, dan mengembangkan pemahaman yang lebih mendalam.	Evaluasi berbasis umpan balik memastikan bahwa siswa dapat mengadaptasi strategi berpikir mereka untuk pemecahan masalah yang lebih baik.	Siswa melakukan refleksi terhadap proses kreatif mereka, memperbaiki pendekatan, dan meningkatkan inovasi mereka.	Menyediakan data dan referensi untuk evaluasi, serta memungkinkan pembelajaran berbasis umpan balik global.

Adaptasi (Csikszentmihalyi, 1999; Schunk & Zimmerman, 2012)

Penggabungan teori konstruktivisme, siberetik dan sistem kreatif untuk menciptakan lingkungan pembelajaran yang holistik dan kolaboratif, di mana siswa tidak hanya terlibat dalam pemecahan masalah yang autentik, tetapi juga diberikan ruang untuk berkembang secara kreatif dan mandiri dalam menghadapi tantangan dunia nyata. Keberhasilan model ini bergantung pada bagaimana ketiga teori tersebut saling mendukung untuk mendorong proses pembelajaran yang aktif, reflektif, dan berorientasi pada pencapaian keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kreatif, pemecahan masalah, dan kolaborasi (Trilling & Fadel, 2009).

2.9 Model Hipotetik PBL berbasis OER

Model Pembelajaran PBL berbasis OER adalah suatu kerangka kerja yang sistematis dari sebuah pembelajaran yang mengintegrasikan prinsip-prinsip PBL dengan OER untuk meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa. PBL merupakan model yang mendorong siswa untuk belajar secara aktif melalui penyelesaian masalah dunia nyata yang relevan, sementara OER menyediakan sumber daya yang dapat diakses secara bebas dan fleksibel untuk mendukung proses pembelajaran tersebut. Pemanfaatan OER dijadikan landasan utama untuk

memberikan siswa akses terhadap berbagai materi pembelajaran yang kaya dan beragam, sehingga memungkinkan mereka menggali informasi secara lebih mendalam, menghubungkan berbagai konsep, serta meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif (Hung, 2011).

Keterbatasan PBL yang telah dikembangkan oleh Hmelo-Silver (2004), Bilbao et al. (2008) dan Tan (2021) dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif, mendorong peneliti untuk merancang pengembangan model untuk menutupi keterbatasan yang masih terdapat pada model PBL konvensional. Model pembelajaran PBL berbasis OER bertujuan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa yang dibangun atas pondasi teori siberetik, sistem kreatif, dan konstruktivisme.

2.9.1 Pengembangan Sintaks

Integrasi ketiga fondasi teori siberetik, sistem kreatif, dan konstruktivisme yang terimplementasi melalui sintaks PBL berbasis OER, melahirkan suatu model baru yang disebut model pembelajaran PBL berbasis OER. Model pembelajaran PBL berbasis OER dirancang untuk meningkatkan keterampilan berpikir kreatif secara optimal melalui penyelesaian masalah kontekstual dengan basis OER pada pembelajaran fisika.

a) *Contextualize*

Pada penerapan PBL, tahap awal yang berupa pemahaman terhadap masalah merupakan langkah krusial karena menjadi fondasi bagi tahapan pembelajaran berikutnya. Model PBL konvensional menghadapi tantangan dalam menyesuaikan kompleksitas masalah dengan kemampuan siswa; masalah yang terlalu kompleks atau tidak relevan dengan pengalaman siswa sering kali menimbulkan kebingungan, frustrasi, dan pemahaman yang dangkal terhadap inti permasalahan (Tan, 2021; Bilbao et al., 2008; Hmelo-Silver, 2004). Kondisi ini menghambat kemampuan siswa untuk mengeksplorasi masalah secara mendalam dan menyeluruh, sehingga pembelajaran tidak mencapai hasil yang optimal.

Mengatasi kendala diatas, diperlukan pendekatan pembelajaran yang berpusat pada pengalaman dan konteks nyata siswa, sejalan dengan prinsip

konstruktivisme yang menekankan bahwa pengetahuan dibangun berdasarkan pengalaman dan interaksi aktif dengan lingkungan (Fosnot & Perry, 2019; Sandoval & Reiser, 2020). Mengaitkan masalah fisika seperti dinamika rotasi ke dalam fenomena kehidupan sehari-hari misalnya roda sepeda yang berputar atau pintu yang terbuka akan membantu siswa membangun pemahaman awal yang bermakna dan relevan. Hal ini dapat dilakukan dengan pemanfaatan OER yang menyediakan akses terhadap materi pembelajaran yang kaya makna, seperti video interaktif dan simulasi digital, yang memungkinkan siswa mengeksplorasi konsep secara mandiri dan mendalam sesuai dengan tempo dan kebutuhan mereka. Siswa sebagai generasi Z saat ini yang tumbuh di tengah perkembangan pesat teknologi digital, sangat terbiasa mencari informasi dan belajar secara mandiri melalui platform online. Mereka cenderung menginginkan pembelajaran yang fleksibel dan interaktif, yang memungkinkan mereka untuk mengakses materi yang relevan dan sesuai dengan gaya belajar mereka, sehingga OER menjadi alat yang sangat efektif dalam memenuhi kebutuhan belajar mereka (Hilton, 2016; Smith & Casserly, 2021).

Peran guru sebagai fasilitator sangat vital dalam proses ini, di mana guru memberikan bimbingan secara bertahap melalui pertanyaan terbuka dan panduan *scaffolding* yang mengarahkan siswa untuk mengembangkan pemahaman mereka tanpa kehilangan kemandirian belajar (Palincsar & Brown, 2019; Kim & Hannafin, 2020). Selain itu, penggunaan prinsip siberetik memungkinkan guru dan siswa untuk berinteraksi dalam siklus umpan balik dinamis yang memperbaiki dan memperdalam pemahaman secara kontinu (Sikorski et al., 2022). Interaksi sosial yang terjadi selama diskusi kelompok juga mendukung pembentukan sistem kreatif, di mana kolaborasi antara individu, domain ilmu pengetahuan, dan lingkungan sosial memicu pemikiran kritis dan kreatif yang lebih tinggi (Beghetto & Karwowski, 2020; Sawyer, 2019).

Keseluruhan proses ini kemudian membentuk langkah awal dalam PBL berbasis OER, yaitu tahap di mana siswa secara aktif mengenali, memahami, dan mulai mengkaji permasalahan secara kontekstual dan mendalam. Dengan

pendekatan ini, siswa tidak hanya memperoleh pemahaman konseptual yang lebih kuat tetapi juga kemampuan berpikir kreatif yang esensial untuk memecahkan masalah fisika secara efektif dan aplikatif dalam kehidupan nyata.

b) *Elaborate*

Setelah siswa memahami akar masalah yang perlu diselesaikan melalui tahap pertama, langkah berikutnya adalah melakukan eksplorasi dan analisis yang lebih mendalam terhadap konsep dan solusi yang relevan. Namun, tahap ini sering menghadapi berbagai kendala yang signifikan. Tan (2021) menyatakan bahwa eksplorasi sering kali tidak maksimal ketika sumber belajar terbatas atau kurang relevan dengan kebutuhan siswa. Bilbao et al. (2008) menambahkan bahwa proses analisis dapat terhambat apabila kolaborasi dalam kelompok kecil tidak berjalan efektif, sehingga ide-ide tidak berkembang secara optimal. Selain itu, Hmelo-Silver (2004) mengungkapkan bahwa penggunaan teknologi untuk mendukung eksplorasi kadang sulit diakses atau kurang familiar bagi siswa, sehingga potensi media digital belum dimanfaatkan secara maksimal.

Teori konstruktivisme menjadi fondasi utama dalam pembelajaran yang menekankan pentingnya siswa membangun pengetahuan secara aktif melalui interaksi dengan materi dan lingkungan sekitar (Fosnot, 2013; Sandoval & Reiser, 2020). Dalam konteks pemecahan masalah, pemahaman konsep adalah kunci yang memungkinkan siswa untuk tidak hanya mengenali masalah tetapi juga merumuskan solusi yang efektif. Sehingga, pemahaman yang mendalam tentang konsep-konsep dasar sangat penting agar siswa dapat menghubungkan teori dengan aplikasi praktis, terutama dalam menghadapi tantangan yang tidak terstruktur.

Selain itu, konstruktivisme kognitif dan konstruktivisme sosial sangat berperan dalam pemahaman konsep. Konstruktivisme kognitif menekankan bahwa siswa membangun pengetahuan berdasarkan struktur mental mereka sendiri yang sudah ada, yang berkembang melalui pengalaman dan refleksi. Piaget (1972) menyatakan bahwa perkembangan kognitif siswa terjadi secara bertahap, di mana pengetahuan baru dibangun melalui proses asimilasi dan

akomodasi. Sementara itu, konstruktivisme sosial, yang lebih dipopulerkan oleh Vygotsky (1978), menganggap interaksi sosial sebagai elemen kunci dalam proses pembelajaran. Melalui kolaborasi dan diskusi dengan teman sebaya serta guru, siswa dapat memperluas pemahaman mereka dan menyelesaikan masalah secara lebih efektif. Interaksi sosial tidak hanya mendukung pemahaman konsep, tetapi juga memfasilitasi pembelajaran yang lebih dalam dan holistik, mengingat bahwa konteks sosial sering kali menjadi faktor yang memperkaya pengalaman belajar (Vygotsky, 1978; McLeod, 2021).

Menurut González et al. (2021), konstruktivisme sosial memberikan siswa kesempatan untuk saling berbagi ide, mendiskusikan solusi, dan mengembangkan keterampilan pemecahan masalah yang lebih kreatif. Pemahaman konsep yang terbentuk dari interaksi sosial ini mendorong siswa untuk melihat masalah dari berbagai sudut pandang dan berpikir secara lebih kritis. Dalam hal ini, pembelajaran bukan hanya individu tetapi juga sosial, di mana kolaborasi mempercepat penguasaan konsep dan aplikasi praktisnya

Penyediaan sumber belajar yang beragam dan kontekstual, seperti yang ditawarkan OER, memainkan peran penting dalam memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi konsep-konsep secara mandiri dan mendalam. Melalui OER, siswa dapat mengakses berbagai bentuk sumber belajar yang mendukung pemahaman konsep, seperti video interaktif, simulasi digital, dan artikel yang relevan, yang memberi mereka kesempatan untuk mengkaji materi sesuai dengan kebutuhan dan kecepatan belajar mereka sendiri (Hilton, 2016; Smith & Casserly, 2021). OER tidak hanya membantu siswa memahami konsep-konsep dasar, tetapi juga memungkinkan mereka untuk melihat penerapan konsep tersebut dalam konteks kehidupan nyata, yang sangat penting untuk pemecahan masalah yang efektif.

Pemahaman konsep dalam pemecahan masalah tidak hanya melibatkan menghafal informasi, tetapi juga melibatkan kemampuan untuk mengaitkan konsep-konsep tersebut dengan situasi dan konteks yang relevan. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa siswa yang memiliki pemahaman konsep yang kuat lebih mampu berpikir secara kritis dan kreatif, serta mengaplikasikan

pengetahuan mereka untuk menyelesaikan masalah yang lebih kompleks dan terstruktur (Kirschner et al., 2021; De Leeuw et al., 2022). Penggunaan OER, siswa dapat mengakses berbagai metode dan pendekatan untuk mengasah keterampilan pemecahan masalah mereka, memperdalam pemahaman mereka tentang konsep-konsep yang relevan, dan mengembangkan cara-cara inovatif untuk mengatasi tantangan.

Pendekatan sibermetik memberikan kerangka untuk umpan balik yang dinamis, di mana siswa dan guru dapat secara terus-menerus mengevaluasi dan memperbaiki proses eksplorasi, meningkatkan efektivitas pemahaman konsep secara adaptif (Wiener, 1948; Beer, 2016). Sementara itu, teori sistem kreatif menggarisbawahi pentingnya interaksi antara individu, domain ilmu, dan lingkungan sosial untuk menciptakan dialog kreatif dan solusi inovatif. Guru perlu mendesain lingkungan belajar yang kondusif bagi interaksi sosial yang produktif, serta memanfaatkan teknologi yang familiar bagi siswa untuk memperlancar komunikasi dan kolaborasi (Csikszentmihalyi, 1996; Sawyer, 2011; Johnson & Johnson, 2019; Dede et al., 2021).

Mengintegrasikan teori sibermetik, sistem kreatif, pemanfaatan OER, serta sosial konstruktivisme dalam mengelola diskusi, proses eksplorasi dan analisis konsep dalam PBL berbasis OER dapat dirancang menjadi lebih efektif, adaptif, dan kolaboratif. Langkah ini memperdalam pemahaman siswa terhadap konsep, seperti dinamika rotasi dalam fisika, sekaligus mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan kolaboratif yang esensial dalam pemecahan masalah kompleks.

c) *Reframe*

Setelah siswa memahami masalah yang harus di selesaikan dan konsep yang akan digunakan untuk memecahkan masalah, langkah selanjutnya adalah siswa berkolaborasi untuk merumuskan solusi dengan membangun ide-ide kreatif terhadap masalah yang telah dianalisis. Meskipun tahap ini merupakan bagian krusial dalam mengonsep solusi, berdasarkan tinjauan terhadap tiga model PBL utama Tan (2021), Bilbao et al. (2008), dan Hmelo-Silver (2004) terdapat berbagai kendala dalam diskusi dan kolaborasi yang

menghambat proses pemikiran kreatif yang dibutuhkan untuk membangun ide.

Menurut Tan (2021), diskusi kolektif sering kali kurang terstruktur, yang mengarah pada ketidakmerataan partisipasi di mana sebagian siswa menjadi pasif, sementara lainnya mendominasi. Hal ini menghalangi pertukaran ide yang produktif dan mengurangi potensi pengembangan pemahaman yang lebih dalam. Bilbao et al. (2008) juga menyatakan bahwa dalam kelompok kecil, dinamika interpersonal dapat menyebabkan konflik atau dominasi satu individu, yang mengurangi efektivitas kolaborasi. Di sisi lain, Hmelo-Silver (2004) mencatat bahwa diskusi berbasis teknologi, meskipun memudahkan komunikasi, dapat mengurangi interaksi sosial langsung yang penting bagi sebagian siswa untuk mengembangkan keterampilan komunikasi dan pemecahan masalah secara holistik.

Memastikan proses pengembangan ide-ide kreatif yang efektif, dibutuhkan pendekatan pembelajaran yang menekankan diskusi terstruktur, umpan balik, *scaffolding*, dan interaksi sosial yang berkelanjutan. Teori konstruktivisme memberikan dasar yang kuat bagi pendekatan ini, di mana siswa membangun pengetahuan mereka secara aktif melalui interaksi dengan materi dan lingkungan sosial mereka (Fosnot & Perry, 2019; Sandoval & Reiser, 2020). Dalam hal ini, guru berperan sebagai fasilitator yang memberikan *scaffolding* untuk membantu siswa memahami dan mengorganisasi ide-ide mereka secara bertahap dalam diskusi. *Scaffolding* ini tidak hanya memandu siswa dalam menyusun pemikiran mereka, tetapi juga memastikan bahwa diskusi tetap fokus dan produktif, memungkinkan siswa untuk mengembangkan ide yang lebih mendalam dan bermakna (Kim & Hannafin, 2020).

Teori sibernetik menawarkan kerangka yang berguna untuk mengoptimalkan umpan balik dalam proses pembelajaran. Menurut Sikorski et al. (2022) dan Beer (2016), sibernetik menekankan pentingnya umpan balik dinamis yang terus-menerus dalam menjaga kontrol adaptif terhadap ide yang sedang dibangun. Dalam konteks PBL berbasis OER umpan balik yang konstruktif dan tepat waktu membantu siswa untuk memperbaiki dan

memperdalam ide mereka secara berkelanjutan. Guru dapat memberikan umpan balik langsung selama diskusi atau melalui platform teknologi yang memungkinkan evaluasi yang lebih efisien terhadap kemajuan siswa, sehingga proses pemikiran mereka tetap terarah dan efektif (Sikorski et al., 2022; Hattie & Timperley, 2007).

Pentingnya interaksi sosial dalam pembelajaran juga ditekankan oleh teori sistem kreatif yang dikembangkan oleh Csikszentmihalyi (1996) dan Sawyer (2019). Sistem kreatif memandang pembelajaran sebagai hasil dari interaksi antara individu, domain ilmu pengetahuan, dan lingkungan sosial. Dalam diskusi kelompok, ide-ide yang muncul tidak hanya berasal dari individu, tetapi juga dipengaruhi oleh dinamika interaksi dalam kelompok tersebut. Oleh karena itu, sangat penting bagi guru untuk menciptakan lingkungan yang mendorong dialog kreatif dan kolaborasi antara siswa, yang memungkinkan mereka untuk berpikir secara inovatif dan kritis (Beghetto & Karwowski, 2020; Sawyer, 2019).

OER digunakan sebagai landasan untuk menciptakan pembelajaran yang lebih terstruktur dan interaktif. OER menyediakan sumber daya yang beragam, mulai dari video simulasi hingga modul digital yang memungkinkan siswa mengeksplorasi ide mereka dengan lebih fleksibel dan kreatif. Dengan akses terbuka ke berbagai materi yang relevan dan kontekstual, siswa dapat memperluas wawasan mereka, mendalami ide-ide lebih dalam, dan berkolaborasi dengan lebih efektif (Hilton, 2016; Smith & Casserly, 2021). Penggunaan teknologi berbasis OER memungkinkan siswa untuk bekerja dengan materi yang sesuai dengan gaya belajar mereka, dan juga memungkinkan guru untuk memantau dan memberikan umpan balik secara lebih efisien.

Secara keseluruhan, dengan mengintegrasikan teori konstruktivisme, siberetik, sistem kreatif, serta pemanfaatan OER, proses pembangunan ide dapat dirancang menjadi lebih efektif, adaptif, dan kolaboratif. Dalam proses ini, siswa tidak hanya memperdalam pemahaman mereka terhadap materi yang disiswai, tetapi juga mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan kolaboratif yang esensial dalam memecahkan masalah kompleks.

Dengan pendekatan ini, membangun ide kreatif tidak hanya menghasilkan solusi yang lebih mendalam, tetapi juga membantu siswa mempersiapkan diri untuk menghadapi tantangan di dunia nyata melalui pemikiran yang terstruktur dan inovatif.

d) *Implement*

Langkah selanjutnya setelah siswa memahami akar masalah dan menghasilkan ide-ide untuk memecahkan masalah, langkah keempat adalah implementasi, yang mengintegrasikan ide-ide yang telah dikembangkan ke dalam eksperimen atau simulasi praktis. Langkah ini sangat penting karena memungkinkan siswa untuk tidak hanya terlibat dalam interaksi sosial dan diskusi kolaboratif, tetapi juga untuk mengonstruksi pengetahuan mereka melalui pengalaman langsung. Implementasi ini memperkuat konsep dan memperdalam pemahaman melalui penerapan nyata, yang mencakup eksperimen di laboratorium atau simulasi digital berbasis teknologi.

Berbagai model PBL yang dikembangkan, seperti yang dijelaskan oleh Tan (2021), Bilbao et al. (2008), dan Hmelo-Silver (2004), menunjukkan bahwa tahap implementasi berupa eksperimen atau simulasi sering kali kurang mendapatkan perhatian atau tidak digali secara mendalam. Tan (2021) lebih fokus pada diskusi dan analisis, sementara Bilbao et al. (2008) menekankan kolaborasi dalam kelompok kecil, dan Hmelo-Silver (2004) menggambarkan diskusi berbasis teknologi, namun tidak memberikan ruang yang cukup untuk siswa melakukan eksperimen atau simulasi sebagai bagian integral dari pembelajaran. Padahal, dalam konteks pembelajaran sains, eksperimen atau simulasi bukan hanya penting untuk memahami konsep secara teoretis, tetapi juga untuk mengkonstruksi pengetahuan secara langsung melalui pengalaman praktis.

Mengatasi kekurangan ini dan memperkaya langkah implementasi, diperlukan pendekatan yang mendalam dengan memanfaatkan konstruktivisme sebagai dasar teori utama. Konstruktivisme menekankan bahwa pengetahuan tidak hanya dibangun melalui interaksi sosial dan diskusi, tetapi juga melalui pengalaman langsung (Fosnot & Perry, 2019; Sandoval & Reiser, 2020). Dalam konteks fisika, eksperimen atau simulasi

memungkinkan siswa untuk menguji konsep dinamika rotasi secara langsung, mengamati hasilnya, dan membuat penyesuaian berdasarkan hasil yang diperoleh. Pengalaman langsung ini memungkinkan siswa untuk mengembangkan pemahaman yang lebih mendalam dan terhubung langsung dengan konsep yang sedang disiswai.

Teori sibernetik menawarkan kerangka kerja untuk memahami bagaimana umpan balik dinamis dapat meningkatkan proses implementasi. Sebagai contoh, dalam eksperimen atau simulasi, siswa dapat langsung melihat hasil eksperimen mereka dalam waktu nyata dan menggunakan umpan balik untuk menyesuaikan pendekatan mereka terhadap masalah yang sedang disiswai (Sikorski et al., 2022; Hattie & Timperley, 2007). Proses ini memungkinkan siswa untuk mengatur ulang dan memperbaiki pemahaman mereka secara berkelanjutan, memberikan mereka kesempatan untuk bereksperimen dengan berbagai solusi dan memperoleh hasil yang lebih efektif. Umpan balik yang konstan selama eksperimen memperkuat kemampuan adaptasi siswa dalam memecahkan masalah secara lebih kritis (Sikorski et al., 2022).

Pendekatan sistem kreatif juga sangat relevan dalam konteks ini. Csikszentmihalyi (1996) dan Sawyer (2011) menekankan bahwa kreativitas muncul dari interaksi antara individu, domain pengetahuan, dan lingkungan sosial. Dalam eksperimen atau simulasi, siswa tidak hanya menguji teori secara individu tetapi juga berkolaborasi dengan teman sekelas mereka, berbagi ide, dan saling memberikan umpan balik. Kolaborasi dalam konteks eksperimen atau simulasi ini sangat mendorong ide-ide kreatif dan inovatif yang dapat diujicobakan dan diuji secara langsung. Dengan demikian, eksperimen bukan hanya mengembangkan pemahaman teknis, tetapi juga memperkuat keterampilan berpikir kreatif melalui kolaborasi sosial yang produktif.

OER memainkan peran yang sangat penting dalam mendukung eksperimen atau simulasi berbasis teknologi. OER menyediakan berbagai materi pembelajaran digital yang dapat digunakan siswa untuk memfasilitasi eksperimen atau simulasi, seperti video demonstrasi, simulasi interaktif, dan

model digital yang menggambarkan fenomena dinamika rotasi dengan cara yang mudah dipahami (Hilton, 2016; Smith & Casserly, 2021). Dengan akses terbuka ke berbagai sumber daya ini, siswa dapat menjalankan eksperimen secara virtual, memanipulasi variabel-variabel yang terlibat, dan mengamati konsekuensinya tanpa terbatas oleh keterbatasan alat atau lingkungan fisik. Selain itu, OER memungkinkan guru untuk memperkaya sumber belajar dan memastikan bahwa siswa memiliki akses ke informasi yang terkini dan berkualitas.

Proses implementasi eksperimen atau simulasi, siswa dapat mengkonstruksi pengetahuan mereka tidak hanya melalui interaksi sosial tetapi juga melalui pengalaman langsung yang membangun pemahaman mereka secara lebih mendalam. Eksperimen dan simulasi ini memperkuat kemampuan berpikir kritis, kreatif, dan inovatif siswa, mempersiapkan mereka untuk menghadapi masalah dunia nyata dengan pemikiran yang terstruktur dan berbasis pada bukti.

e) *Assess*

Tahapan akhir yang sangat penting dalam pembelajaran adalah mengkonsolidasikan proses belajar melalui aktivitas penilaian yang menyeluruh. Penilaian ini mencakup proses reflektif yang tidak hanya menilai hasil akhir, tetapi juga menganalisis strategi berpikir dan proses yang ditempuh siswa. Aktivitas penilaian menjadi landasan penting dalam membangun kesadaran metakognitif dan kemampuan inovatif siswa secara berkelanjutan. Namun, berdasarkan kajian terhadap model-model PBL oleh Tan (2021), Bilbao et al. (2008), dan Hmelo-Silver (2004), keduanya masih menghadapi berbagai kendala yang menghambat efektivitasnya. Tan (2021) menegaskan bahwa refleksi sering kurang terarah tanpa fasilitasi guru yang memadai, sementara Bilbao et al. (2008) menemukan bahwa evaluasi dan refleksi kerap dianggap formalitas, sehingga kurang mendalam dan kurang memacu perubahan nyata dalam pemahaman.

Mengatasi tantangan dalam pembelajaran memerlukan pendekatan yang melihat penilaian sebagai proses konstruktif dan interaktif yang tidak hanya berfokus pada hasil, tetapi juga pada perkembangan proses berpikir

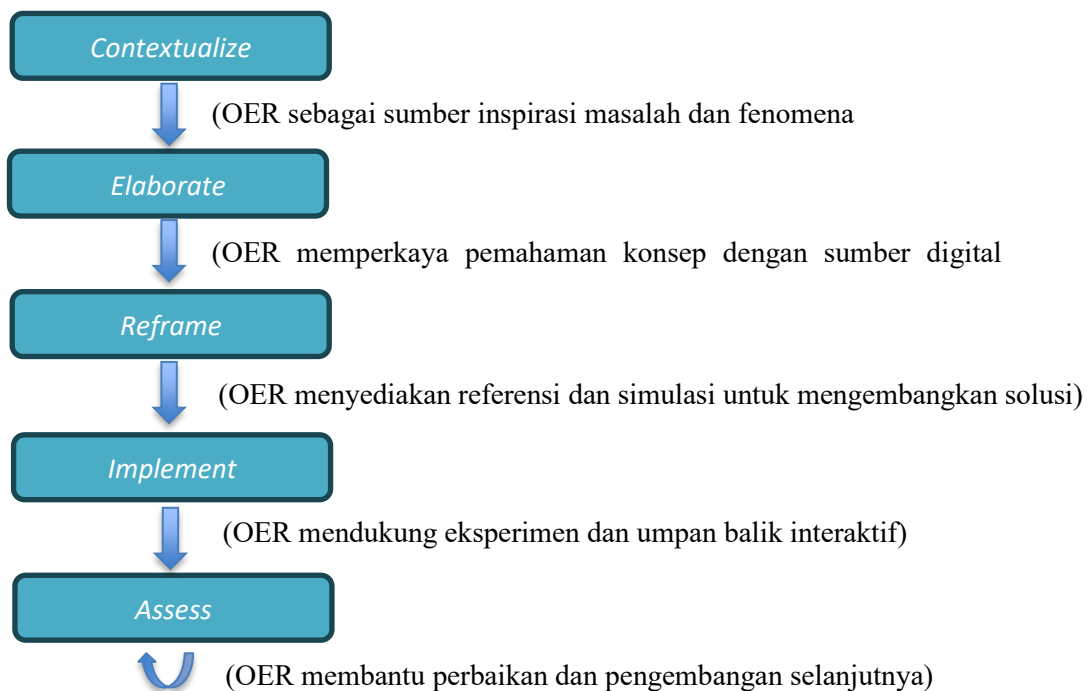
siswa. Pada konteks teori konstruktivisme reflektif, penilaian dipahami sebagai kegiatan yang memungkinkan siswa secara aktif mengaitkan pengalaman belajarnya dengan pengetahuan sebelumnya, menilai tingkat pemahaman mereka, serta merancang strategi perbaikan yang kreatif dan kontekstual (Larrivee, 2020). Guru memegang peran penting dalam memberikan *scaffolding* yang terarah, sehingga proses penilaian tidak hanya menjadi instrumen penilaian, tetapi juga sarana metakognitif untuk mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan individu serta mendorong pengembangan berpikir kritis dan kreatif (Fischer et al., 2021).

Pendekatan siberetik menyediakan kerangka yang sangat relevan dalam membangun mekanisme umpan balik yang adaptif dan berkelanjutan selama refleksi dan evaluasi (Sikorski et al., 2022). Melalui umpan balik yang terus-menerus dan terstruktur, siswa memperoleh informasi yang jelas tentang kemajuan belajar mereka, sehingga dapat melakukan revisi strategi berpikir atau pendekatan kreatif secara langsung. Evaluasi yang konstruktif ini membantu membentuk siklus pembelajaran yang dinamis, memaksimalkan potensi pengembangan keterampilan berpikir kreatif secara berkesinambungan.

Teori sistem kreatif, proses penilaian yang didukung interaksi sosial mendorong munculnya ide-ide baru dan solusi inovatif (Beghetto & Karwowski, 2020; Sawyer, 2019). Lingkungan belajar yang menyediakan ruang untuk dialog terbuka, diskusi kritis, dan kolaborasi antar siswa meningkatkan kemampuan mereka dalam memandang permasalahan dari berbagai perspektif. Hal ini memperkaya kualitas refleksi dan evaluasi yang berorientasi pada pengembangan kreativitas dan inovasi. OER digunakan sebagai dasar dalam menyediakan sumber daya refleksi dan evaluasi yang fleksibel dan interaktif. Menggunakan modul evaluasi mandiri, rubrik penilaian yang jelas, dan media pembelajaran digital, siswa dapat melakukan refleksi yang terarah serta mengevaluasi pemahaman dan kreativitas mereka secara mandiri maupun kelompok (Hilton, 2016; Smith & Casserly, 2021).

Langkah-langkah model pembelajaran dirancang berdasarkan beberapa komponen penting yang saling terkait dan berperan dalam proses

pembelajaran. Sintaks, dalam konteks pedagogis, merujuk pada struktur dan urutan kegiatan pembelajaran yang direncanakan untuk mencapai tujuan instruksional yang spesifik (Tessmer et al., 2013). Model ini menggunakan serangkaian tahapan atau langkah pembelajaran yang dirangkum menjadi lima tahapan pembelajaran. Setiap tahapan dirancang untuk membantu siswa mengembangkan keterampilan berpikir kreatif dan pemecahan masalah (B. Joyce & Calhoun, 2024).



Gambar 2.2 Peran OER dalam Model Pembelajaran

2.9.2 Sistem Sosial

Sistem sosial dalam pembelajaran merujuk pada interaksi antara individu yang terlibat dalam proses pendidikan, termasuk hubungan antara guru dan siswa, serta hubungan antar siswa itu sendiri. Dalam konteks ini, sistem sosial adalah sarana yang mendukung penciptaan lingkungan yang kolaboratif dan interaktif, di mana pengetahuan dibangun bersama melalui pertukaran ide, diskusi, dan kerja sama. Melalui sistem sosial yang baik, siswa tidak hanya memperoleh pengetahuan teoritis, tetapi juga mengembangkan keterampilan sosial yang diperlukan di dunia

kerja abad ke-21, seperti komunikasi efektif, kerjasama tim, dan pemecahan masalah kolektif (Vygotsky, 1978).

Sistem sosial berperan penting dalam menciptakan atmosfer pembelajaran yang mendukung keterlibatan aktif siswa. Guru berperan sebagai fasilitator yang mengarahkan proses pembelajaran, memberikan umpan balik, serta menciptakan kesempatan bagi siswa untuk berdiskusi dan bertanya. Dalam hal ini, guru tidak hanya mentransfer pengetahuan, tetapi juga mengelola interaksi sosial yang mendukung eksplorasi pengetahuan lebih dalam. Pada saat yang sama, siswa diajak untuk bekerja sama, menghargai pandangan orang lain, serta berbagi informasi dan ide-ide yang memperkaya pemahaman mereka tentang materi yang disiswai.

Model PBL berbasis OER, membangun interaksi sosial siswa melalui diskusi kelompok, umpan balik dan refleksi menjadi kunci utama dalam membangun pengetahuan dan keterampilan berpikir kreatif. Wiley dan Hilton (2018) menambahkan bahwa OER memperkaya pengalaman belajar dengan menyediakan akses luas terhadap sumber belajar yang mendukung kolaborasi aktif antar siswa, sehingga keterlibatan dalam proses pembelajaran dapat meningkat secara signifikan.

Interaksi sosial yang kuat juga meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna (Järvelä et al., 2020). Hal ini diperkuat oleh penelitian Tuna dan Nabawi (2007) yang menunjukkan bahwa kolaborasi dalam pembelajaran yang didukung OER secara langsung meningkatkan kinerja belajar dan berpikir kreatif siswa melalui interaksi yang aktif dan konstruktif. Selain itu, Severance dan O'Connor (2022) menegaskan bahwa OER membuka ruang bagi pembelajaran sosial yang lebih luas, di mana siswa dapat melakukan refleksi, berpikir kritis, dan belajar kontekstual secara kolaboratif dalam lingkungan yang inklusif dan dinamis.

Tabel 2.11 Lingkungan Belajar Setiap Fase pada Model PBL berbasis OER

Langkah Sintaks	Lingkungan Belajar yang Dibangun
<i>Contextualize</i>	Guru membantu membuka diskusi dengan memberikan arahan awal dan mendorong siswa untuk mengenali isu yang sedang dihadapi, serta memanfaatkan OER sebagai sumber inspirasi dan referensi dalam mengenali masalah tersebut. Sementara itu, para siswa saling

	bertukar pendapat, membagikan ide, dan bersama-sama menggali serta mempertanyakan permasalahan tersebut dengan pendukung materi dari OER, sehingga tercipta suasana belajar yang hidup, interaktif, dan penuh kerja sama.
<i>Elaborate</i>	Guru memberikan <i>scaffolding</i> untuk membantu siswa memahami konsep-konsep yang lebih kompleks sekaligus mendorong diskusi aktif dengan memanfaatkan OER. Siswa pun bekerja sama dalam kelompok, saling berbagi informasi, dan memberikan masukan satu sama lain dengan pendukung OER yang memperkaya materi dan memperdalam pemahaman konsep secara bersama-sama.
<i>Reframe</i>	Guru memberikan umpan balik konstruktif yang mendorong siswa untuk berpikir kreatif dan mengembangkan ide tanpa merasa dibatasi, sambil memanfaatkan OER sebagai referensi pendukung. Siswa secara aktif berbagi ide dalam kelompok, mengevaluasi berbagai solusi, dan saling memberikan kritik yang membangun dengan pendukung materi dan simulasi dari OER untuk memperkaya diskusi dan pengembangan gagasan.
<i>Implement</i>	Guru memfasilitasi pelaksanaan eksperimen dengan pendukung OER, memberikan umpan balik yang konstruktif untuk membantu pengembangan ide siswa. Siswa bekerja secara kolaboratif dalam kelompok, menguji berbagai solusi yang mereka rancang, serta memperbaiki dan menyempurnakan pendekatan mereka berdasarkan umpan balik yang diperoleh dan materi pendukung dari OER.
<i>Assess</i>	Guru memfasilitasi proses refleksi dengan memanfaatkan OER sebagai bahan evaluasi, serta memberikan umpan balik yang konstruktif untuk mendorong perbaikan dan pengembangan ide lebih lanjut. Siswa secara aktif berdiskusi dalam kelompok untuk mengevaluasi hasil kerja mereka, saling memberikan umpan balik, dan melakukan perbaikan berdasarkan refleksi serta sumber daya yang diperoleh dari OER.

Adaptasi (Wiley&Hilton, 2018; Järvelä et al., 2020)

2.9.3 Prinsip Reaksi

Prinsip reaksi dalam model pembelajaran berfokus pada cara guru memberikan respon terhadap tindakan, pertanyaan, dan interaksi siswa selama proses pembelajaran. Prinsip reaksi sangat penting karena dapat memengaruhi keterlibatan dan motivasi siswa. Respon guru yang tepat dapat mendorong siswa untuk lebih aktif berpartisipasi dalam diskusi, berpikir kritis, dan mengembangkan pemahaman yang lebih mendalam tentang materi yang sedang disiswai. Sebagai fasilitator, guru harus memberikan umpan balik yang konstruktif, tidak hanya untuk memperbaiki kesalahan tetapi juga untuk menghargai usaha dan proses berpikir siswa (Vygotsky, 1978).

Prinsip reaksi pada penerapan model PBL berbasis OER, berfungsi sebagai pedoman bagi guru dalam memberikan respon yang tepat terhadap aktivitas siswa sepanjang proses pembelajaran. Prinsip ini menekankan bahwa guru tidak berperan sebagai pemberi jawaban langsung, melainkan sebagai fasilitator yang memberikan pertanyaan pemicu, apresiasi, dan bimbingan adaptif sesuai dengan kebutuhan serta tingkat pemahaman siswa (Hennessy et al., 2022).

Pertama, ketika siswa mulai mengeksplorasi masalah melalui sumber terbuka (OER), guru bereaksi dengan memberikan pertanyaan pemantik yang mendorong siswa untuk berpikir kritis, misalnya: *“Mengapa roda gigi dapat memperbesar momen gaya?”* atau *“Bagaimana prinsip torsi ini berlaku dalam sistem rem sepeda?”*. Pertanyaan semacam ini menstimulasi siswa untuk lebih mendalami materi yang mereka pelajari dari OER.

Kedua, saat siswa menyampaikan ide-ide kreatif atau merancang solusi, guru menunjukkan apresiasi agar siswa merasa ide mereka dihargai. Apresiasi ini bisa berupa penguatan verbal (*“Ide kamu sangat menarik, mari kita coba uji bersama”*) atau penguatan berbasis digital dengan menyoroti kontribusi siswa dalam forum pembelajaran berbasis OER. Apresiasi ini memperkuat motivasi intrinsik dan keberanian siswa untuk terus berinovasi.

Ketiga, ketika siswa menghadapi kesulitan dalam eksperimen atau pemecahan masalah, guru memberikan *scaffolding* yang relevan. Dalam konteks PBL berbasis OER, bimbingan ini bisa berupa rujukan ke sumber terbuka yang lebih sederhana, pemberian petunjuk teknis untuk eksperimen, atau dorongan agar

siswa memanfaatkan kolaborasi digital dengan rekan dari kelompok lain. Misalnya, saat siswa menguji ide eksperimen tentang dinamika rotasi, guru dapat memberikan masukan teknis agar mereka memperhatikan faktor gesekan atau distribusi massa, sehingga pemahaman menjadi lebih mendalam.

Sehingga, prinsip reaksi dalam PBL berbasis OER tidak hanya membimbing siswa untuk meningkatkan keterampilan akademik, tetapi juga mengembangkan keterampilan sosial, kreativitas, dan literasi digital. Melalui respon yang adaptif dan berbasis OER, guru memastikan bahwa proses belajar benar-benar mendukung siswa dalam membangun pengetahuan secara mandiri sekaligus kolaboratif.

2.9.4 Sistem Pendukung

Sistem pendukung merujuk pada semua sarana, bahan, dan alat yang diperlukan untuk mendukung pelaksanaan model pembelajaran yang efektif. Ini mencakup berbagai sumber daya yang digunakan oleh guru dan siswa untuk mengoptimalkan proses pembelajaran. Sistem pendukung sangat penting karena memberikan akses yang lebih luas dan fleksibel bagi siswa untuk mengeksplorasi materi, melakukan eksperimen, dan memperdalam pemahaman mereka (Hennessy et al., 2022). Selain itu, sistem pendukung juga mencakup teknologi informasi yang memungkinkan siswa mengakses bahan ajar dari berbagai platform pembelajaran digital yang relevan. Ini memberikan kebebasan bagi siswa untuk memilih dan menyesuaikan sumber daya yang paling sesuai dengan gaya belajar mereka, sambil memfasilitasi pembelajaran yang lebih mandiri. Sistem pendukung juga mencakup fasilitas pembelajaran di kelas, seperti laboratorium atau ruang diskusi yang memungkinkan siswa untuk menguji teori dalam situasi nyata atau berkolaborasi dengan teman sekelas mereka dalam menyelesaikan masalah (Piaget, 1952).

Pada model PBL berbasis OER, sistem pendukung diperluas lebih jauh melalui integrasi sumber daya belajar. Pertama, pendukung berupa OER, seperti e-book, artikel ilmiah terbuka, video eksperimen, dan simulasi interaktif berbasis digital, memberikan kesempatan bagi siswa untuk mengakses materi tanpa batas ruang dan waktu. Kedua, terdapat pendukung berupa platform kolaboratif digital, misalnya forum diskusi, *learning management system* (LMS), atau repositori daring

yang memungkinkan siswa berbagi temuan, mendiskusikan ide, dan mengembangkan solusi secara bersama-sama lintas sekolah maupun lintas negara.

Ketiga, pendukung juga hadir melalui alat evaluasi berbasis digital yang dapat memberikan umpan balik real-time. Hal ini sejalan dengan prinsip sibernetik dalam PBL berbasis OER, di mana umpan balik cepat dan adaptif menjadi kunci dalam mengarahkan siswa memperbaiki strategi belajarnya. Keempat, sistem pendukung juga mencakup perangkat teknologi fisik, seperti sensor, komputer, atau perangkat laboratorium virtual (*virtual labs*) yang memberi siswa pengalaman praktis sekaligus aman dalam mengeksplorasi fenomena fisika, termasuk dinamika rotasi.

Sistem pendukung dalam model PBL berbasis OER tidak hanya terbatas pada sarana konvensional seperti buku teks dan laboratorium, tetapi juga mencakup ekosistem digital yang mendukung keterbukaan akses, kolaborasi global, serta pembelajaran yang lebih mandiri dan kreatif. Sistem pendukung ini pada akhirnya memperkuat tujuan PBL berbasis OER untuk menghasilkan pengalaman belajar yang lebih inklusif, fleksibel, dan sesuai dengan tuntutan pendidikan abad ke-21.

2.9.5 Dampak Instruksional dan Pengiring

Dampak instruksional dan dampak pengiring merupakan hasil yang dicapai dari penerapan model pembelajaran. Dampak instruksional mengacu pada pencapaian tujuan pembelajaran yang langsung dicapai oleh siswa melalui penerapan teori dan praktik yang sesuai dengan sintak dan prinsip reaksi yang diterapkan (Pradana, Zahro, & Anggereini, 2021). Dampak instruksional yang diharapkan dari pengembangan model PBL berbasis OER adalah meningkatnya keterampilan berpikir kreatif siswa dalam pemecahan masalah. Dampak pengiring mencakup hasil belajar tambahan yang diperoleh siswa melalui pengalaman mereka dalam proses pembelajaran. Dampak pengiring yang dominan diharapkan adalah terbentuknya *self regulation* atau kemandirian pada siswa. Selain itu diharapkan dapat meningkatkan keterampilan sosial, kolaborasi, komunikasi dan kemampuan untuk berpikir kritis dalam konteks dunia nyata. Model pembelajaran yang efektif akan memiliki dampak instruksional yang jelas dan terukur, serta dampak pengiring yang memberi nilai tambah pada perkembangan pribadi dan akademik siswa.

2.10 Penelitian Relevan

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengeksplorasi penerapan *Problem-Based Learning* (PBL) yang didukung oleh *Open Educational Resources* (OER) dalam beragam konteks pendidikan. Yusuf et al. (2020) dan Johnson dan Miller (2020), misalnya, menekankan bahwa penerapan PBL secara konsisten mendorong pemahaman konseptual siswa, khususnya dalam bidang sains. PBL memungkinkan siswa untuk terlibat secara aktif dalam menyelesaikan permasalahan otentik, sehingga memperkuat penguasaan konsep dasar secara lebih mendalam.

Hendrawan dan Putri (2021) serta Williams et al. (2021) menunjukkan bahwa ketika OER diintegrasikan dalam kerangka PBL, pengalaman belajar siswa menjadi lebih kaya, fleksibel, dan kontekstual. Dalam hal ini, OER tidak hanya berperan sebagai pelengkap materi ajar, melainkan sebagai alat pembelajaran aktif yang memperkuat eksplorasi mandiri, kolaborasi, serta keterlibatan dalam diskusi bermakna. Sinergi antara OER dan PBL berpotensi menciptakan lingkungan pembelajaran yang lebih terbuka dan mendukung *active inquiry*.

Rahmawati et al. (2023) dan Chen dan Zhang (2023) menyoroti pentingnya integrasi PBL berbasis OER dalam mendukung kemandirian belajar siswa, khususnya dalam pembelajaran berbasis digital. Akses terbuka terhadap sumber daya belajar memungkinkan siswa mengembangkan strategi belajar yang lebih adaptif dan personal. Hal ini sejalan dengan semangat *lifelong learning*, di mana siswa secara aktif membentuk dan mengelola pengetahuan berdasarkan kebutuhan dan minatnya.

Studi terbaru oleh Arifin dan Prasetyo (2024) serta Smith dan Anderson (2024) juga mengangkat dimensi kolaboratif dari penggunaan OER. Dengan memanfaatkan platform digital, OER menciptakan ekosistem pembelajaran yang kolaboratif, di mana siswa tidak hanya menjadi konsumen informasi, tetapi juga produsen dan rekan sejawat dalam membangun pengetahuan. Dimensi sosial ini sangat relevan dalam pengembangan *21st-century skills*, khususnya dalam aspek komunikasi, kolaborasi, literasi digital, serta pemecahan masalah kompleks (Beetham & Sharpe, 2013; Voogt et al., 2013).

Konteks Indonesia, Khoirudin (2021) menambahkan bahwa pemanfaatan OER secara sistematis dalam kerangka PBL mendorong pengembangan *student agency* dan kemampuan berpikir kritis-kreatif, terutama ketika siswa dilibatkan dalam proyek berbasis masalah lokal. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa integrasi OER dalam desain pembelajaran PBL memungkinkan siswa untuk mengakses, mengevaluasi, dan menciptakan pengetahuan secara mandiri, yang menjadi ciri utama pembelajaran abad ke-21. OER memberi ruang bagi proses pembelajaran yang reflektif, adaptif, dan kontekstual sehingga mendorong kemampuan *creative problem-solving* dan *innovation literacy*.

OER memberikan kontribusi signifikan dalam mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21, yaitu komunikasi, kolaborasi, kreativitas, dan berpikir kritis (4Cs). Dengan menyediakan materi yang dapat *reuse*, *revise*, *remix*, *redistribute*, dan *retain* (Wiley et al., 2014), OER memungkinkan terjadinya pembelajaran yang kontekstual, partisipatif, dan reflektif. Siswa terdorong untuk berinovasi dalam memodifikasi sumber pembelajaran, berkomunikasi lintas konteks, serta membangun solusi kreatif yang berbasis data dan refleksi.

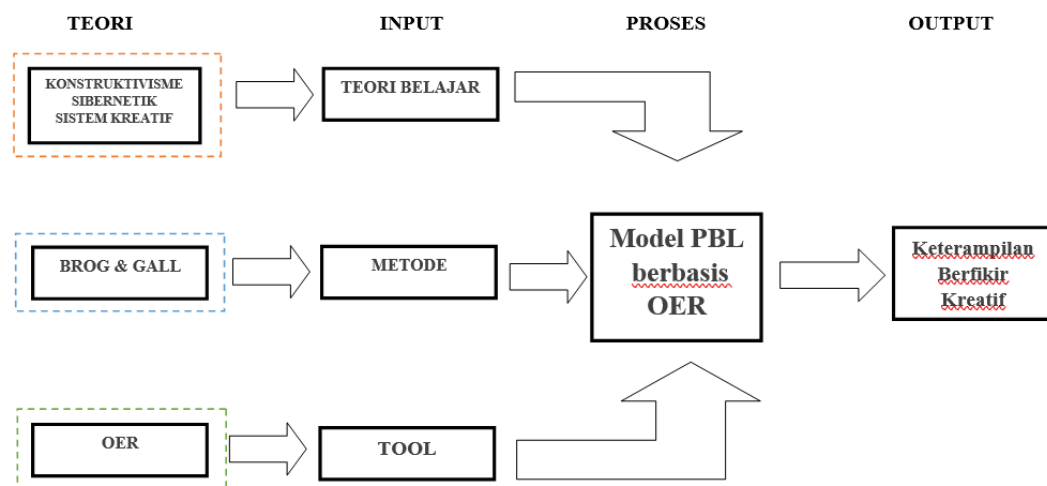
Berbagai temuan diatas memberikan landasan kuat bagi integrasi PBL dan OER, mayoritas studi yang ada masih berfokus pada aspek implementatif dan efek jangka pendek. Masih terbatas kajian yang secara eksplisit mengembangkan kerangka model pembelajaran baru yang secara sistematis mengintegrasikan prinsip-prinsip PBL dengan potensi OER, khususnya dalam konteks peningkatan keterampilan berpikir kreatif di mata pelajaran fisika.

Menjawab celah tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan mengembangkan sebuah Model pembelajaran PBL berbasis OER yang secara teoritis dan empiris dirancang untuk mengembangkan elemen keterampilan berpikir kreatif, yaitu *fluency*, *flexibility*, *originality*, dan *elaboration*. Model ini terdiri atas lima sintaks utama, yaitu *Contextualize*, *Elaborate*, *Reframe*, *Implement* dan *Assess* dimana setiap tahap dibangun berdasarkan integrasi teori konstruktivisme, sibermetik, dan sistem kreatif, serta ditopang oleh kekuatan OER dalam menyediakan ekosistem belajar yang terbuka, kolaboratif, dan berorientasi pada pemecahan masalah nyata. Berdasarkan sintaks yang telah dirancang, akronim dari tahapan tersebut kemudian digunakan sebagai dasar penamaan, sehingga model

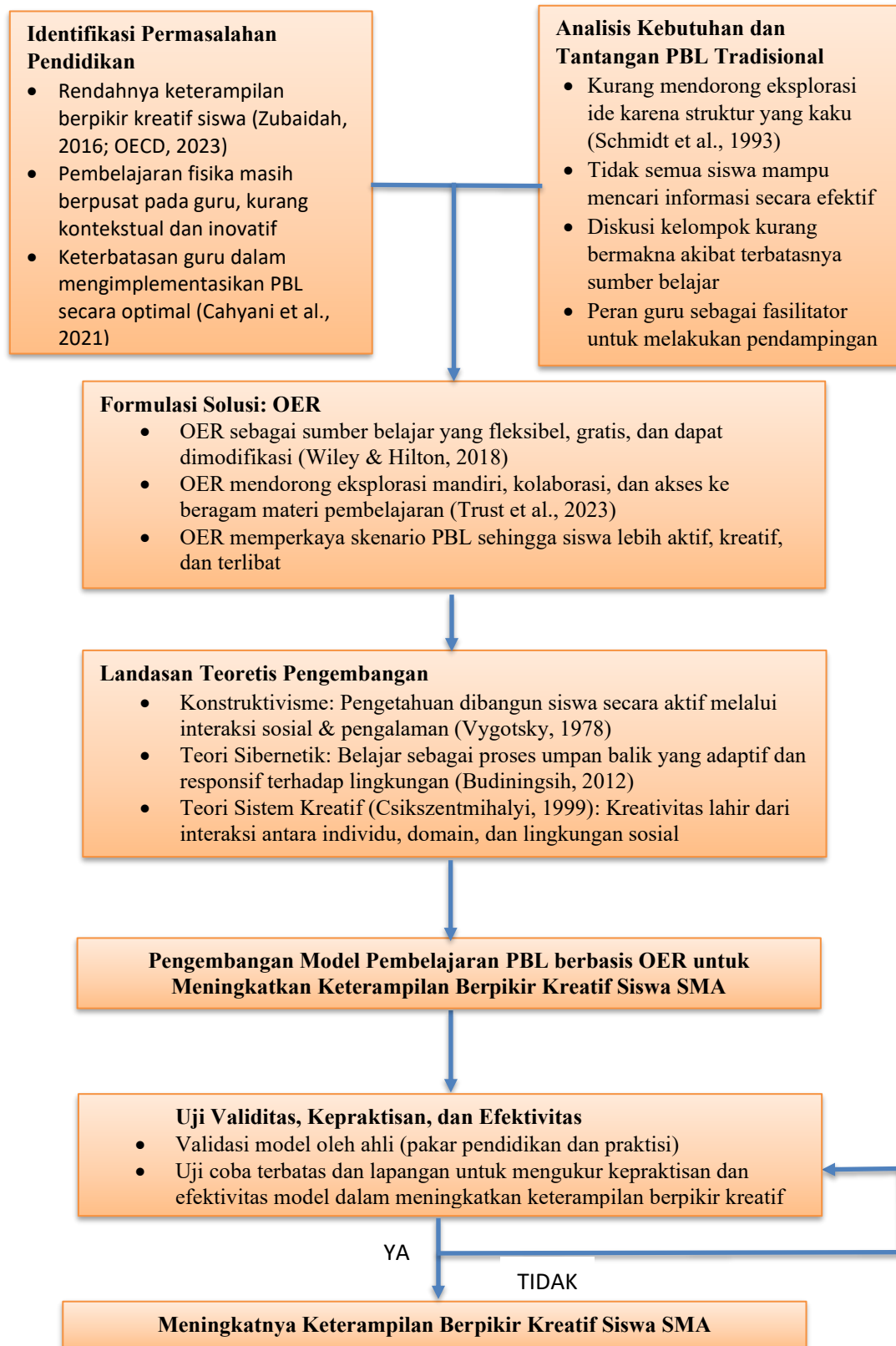
PBL berbasis OER selanjutnya disebut sebagai model CERIA. Pengembangan model CERIA diharapkan tidak hanya memperkaya wacana ilmiah mengenai pembelajaran berbasis OER dan PBL, tetapi juga memberikan kontribusi inovatif dalam bentuk model pembelajaran baru yang valid, efektif, dan aplikatif untuk mendukung pembelajaran abad ke-21 di tingkat pendidikan menengah atas.

2.11 Kerangka berpikir Pengembangan Model Pembelajaran

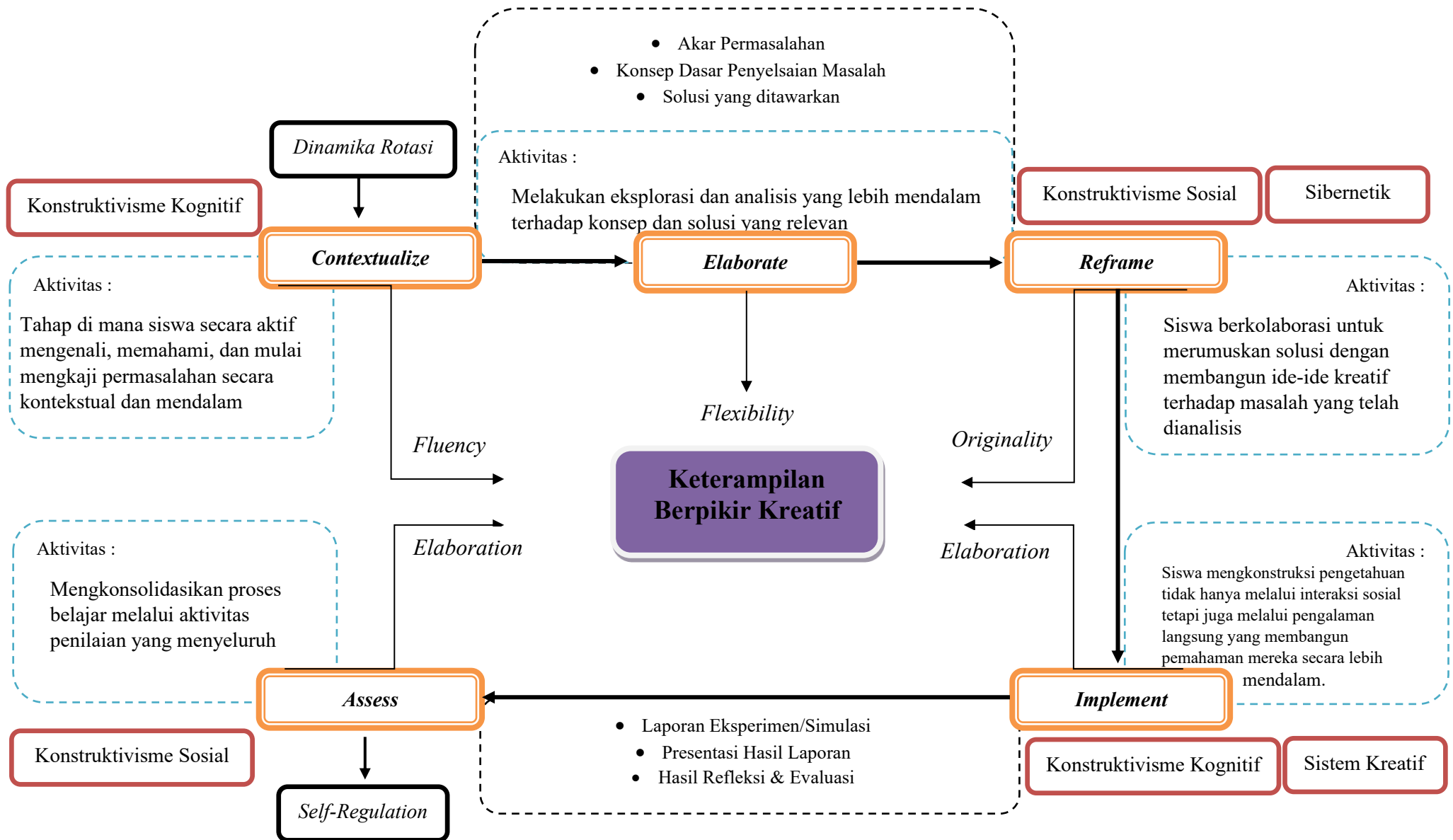
Berdasarkan telaah pustaka dan analisis kebutuhan, menjalankan penelitian dan mengembangkan model pembelajaran menjadi langkah yang sangat penting dalam mengatasi permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya. Karena adanya batasan dalam menggambarkan secara visual, pendekatan pengembangan model dibagi menjadi tiga skema, yaitu kerangka teori (Gambar 2.3), alur berpikir (Gambar 2.4) dan kerangka hipotetik model CERIA (Gambar 2.5)



Gambar 2.3 Kerangka Teori Pengembangan Model



Gambar 2.4 Alur Berpikir



Gambar 2.5 Kerangka Hipotetik Model Pembelajaran PBL berbasis OER

BAB III. METODE PENELITIAN

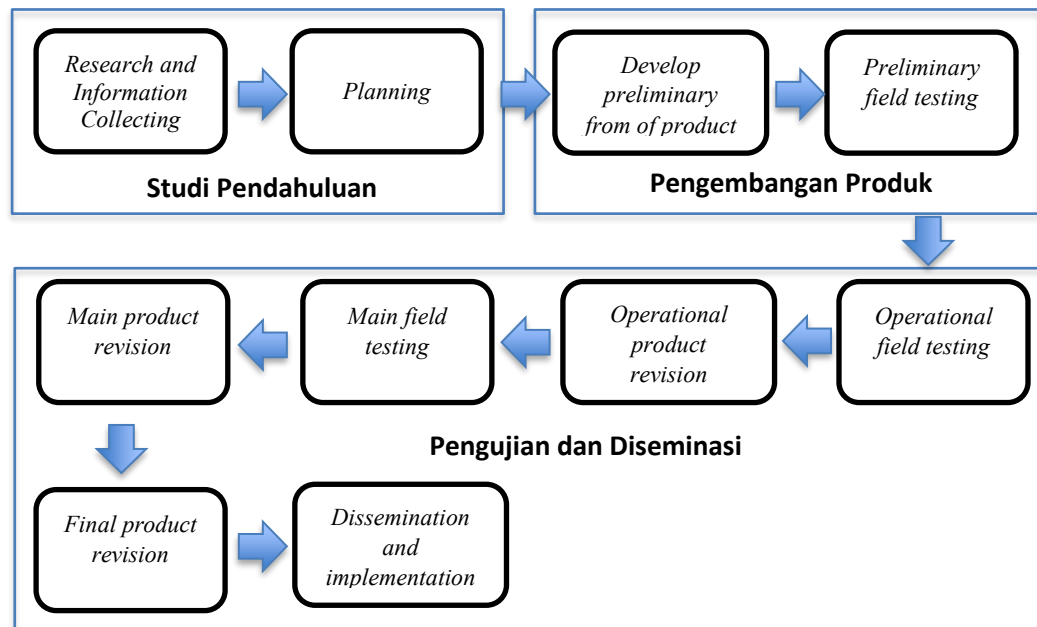
3.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian bertujuan untuk mengembangkan dan menghasilkan model yang valid, praktis dan efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa. Penelitian ini menggunakan pendekatan *mixed methods*, yaitu kombinasi metode kuantitatif dan kualitatif guna memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif terhadap fenomena yang dikaji (Creswell & Plano Clark, 2018). Pendekatan *mixed methods* diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai efektivitas model PBL berbasis OER yang dikembangkan (Creswell, 2014; R. B. Johnson & Onwuegbuzie, 2004). Model PBL berbasis OER diharapkan mampu memberikan solusi terkait peningkatan keterampilan berpikir kreatif khususnya untuk mata pelajaran fisika.

3.2 Desain Penelitian

Peningkatan keterampilan berpikir kreatif pada siswa SMA dilakukan dengan mengembangkan model pembelajaran PBL berbasis OER melalui desain penelitian dan pengembangan (*Research and Development*, R&D), yang mengacu pada model yang dikemukakan oleh Borg & Gall (2003). Menurut Borg & Gall (2003) terdapat sepuluh langkah sistematis, yaitu: (1) *research and information collecting* (penelitian awal dan pengumpulan informasi), (2) *planning* (perencanaan), (3) *develop preliminary form of product* (pengembangan produk awal), (4) *preliminary field testing* (uji coba awal/validasi ahli), (5) *main product revision* (revisi produk awal), (6) *main field testing* (uji coba lapangan), (7) *operational product revision* (revisi produk berdasarkan hasil uji coba lapangan), (8) *operational field testing* (uji coba operasional), (9) *final product revision* (revisi produk akhir), dan (10)

dissemination and implementation (diseminasi serta implementasi). Berikut bagan alur penelitian pengembangan model pembelajaran dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Model Penelitian dan Pengembangan (Borg & Gall, 2003)

Pengembangan model PBL berbasis OER diawali melalui tahapan pendahuluan yang merujuk pada kerangka Borg & Gall (2003), yaitu tahap pertama *research and information collecting* dan tahap kedua *planning*. Pada tahap pertama, fokus diarahkan untuk mengidentifikasi keterbatasan model PBL konvensional, khususnya kendala yang dihadapi siswa dalam mengakses sumber belajar yang relevan. Selain itu, tahap ini juga dimaksudkan untuk menggali potensi pemanfaatan OER sebagai alternatif solusi. Kegiatan penelitian pendahuluan ini tidak hanya berhenti pada studi literatur, tetapi juga mencakup pemahaman terhadap teori-teori pendidikan mutakhir, seperti prinsip konstruktivisme, mekanisme *feedback* dalam perspektif sibernetik, dan gagasan sistem kreatif sebagai landasan konseptual.

Pengumpulan data lapangan dilakukan untuk melengkapi hasil kajian teoretis. Data tersebut meliputi persepsi guru dan siswa mengenai tantangan pembelajaran, kondisi akses terhadap sumber belajar, serta tingkat literasi digital mereka. Hal ini penting agar model yang dikembangkan tidak hanya kuat secara konseptual, tetapi juga realistis dalam penerapannya di ruang kelas. Hasil studi literatur menunjukkan

bahwa OER berkontribusi pada peningkatan aksesibilitas, pengurangan biaya, serta perluasan inklusivitas dalam pembelajaran (Varma & Ren, 2023; Abdous et al., 2023). Meski demikian, sejumlah penelitian menegaskan bahwa efektivitas OER dalam meningkatkan prestasi akademik baru dapat tercapai apabila disertai dengan desain pedagogis yang tepat dan jaminan kualitas materi.

Tahap kedua, yaitu *planning*, dirancang untuk merumuskan kerangka model PBL berbasis OER yang terukur dan aplikatif. Perencanaan mencakup penetapan kualitas sumber belajar, keterlibatan aktif siswa, serta strategi *scaffolding* yang memadai. Di samping itu, perencanaan juga perlu mengintegrasikan sistem *feedback* yang berkesinambungan guna mendukung keterampilan *self-regulation* siswa, sebagaimana ditegaskan dalam teori sibernetik. Dengan demikian, kedua tahap awal ini menjadi landasan penting bagi terciptanya model pembelajaran yang tidak hanya inovatif secara konseptual, tetapi juga efektif secara praktis.

Tahap ketiga adalah *develop preliminary form of product*, yaitu merancang dan menghasilkan prototipe awal model PBL berbasis OER. Perancangan prototipe awal seperti menentukan tujuan, struktur sintaks, peran guru dan siswa, serta pemilihan OER yang sesuai. Selain itu prototipe awal mencakup perangkat pembelajaran seperti modul, lembar kerja peserta didik (LKPD), dan panduan guru yang berbasis pada prinsip konstruktivisme serta memanfaatkan sumber daya terbuka. Produk awal ini berfungsi sebagai draf yang akan dievaluasi pada tahap berikutnya. Tahap keempat *preliminary field testing* yaitu uji coba awal pada skala terbatas dilakukan pada sekelompok kecil siswa untuk menilai apakah model yang dibangun mudah dilaksanakan, dipahami, dan mendukung skenario pemecahan masalah. Pada tahap ini prototipe awal yang dibangun dilakukan validasi ahli untuk melihat keterbacaan materi, aksesibilitas digital, dan reaksi siswa terhadap pengembangan model PBL berbasis OER. Tahap kelima adalah *main product revision*, yaitu merevisi model berdasarkan temuan uji coba awal. Revisi meliputi penyempurnaan instruksi pembelajaran, penyesuaian tingkat kesulitan masalah, atau perbaikan aksesibilitas OER. Revisi menghasilkan prototipe 2 yang dibangun untuk memastikan model semakin praktis dan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Tahap keenam *main field testing*, yaitu uji coba lapangan dalam skala lebih luas. Pada tahap ini model diterapkan di kelas yang lebih besar untuk menilai

efektivitasnya dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan kolaboratif. Data yang diperoleh membantu menilai apakah model dapat berjalan dengan baik dalam konteks pembelajaran yang lebih kompleks. Evaluasi terhadap implementasi model PBL berbasis OER di tiga tempat berbeda diharapkan dapat secara konsisten menunjukkan bahwa struktur yang jelas, kolaborasi interdisipliner, dan orientasi pada keterampilan mampu memberikan kepuasan belajar lebih tinggi, pencapaian kompetensi lebih baik, serta lebih efektif dibanding model PBL konvensional.

Tahap ketujuh adalah *operational product revision*, yaitu melakukan revisi produk berdasarkan hasil uji coba lapangan. Revisi ini difokuskan pada aspek teknis maupun pedagogis agar model semakin valid, praktis, dan efektif. Dalam konteks PBL berbasis OER, revisi dapat mencakup penambahan variasi OER, penyempurnaan instrumen asesmen, atau modifikasi alur pembelajaran. Tahap kedelapan adalah *operational field testing*, yaitu uji coba operasional dalam kondisi nyata di beberapa sekolah atau kelas yang berbeda. Uji coba ini bertujuan untuk menguji konsistensi efektivitas model dalam konteks yang lebih luas dan beragam, sehingga validitas eksternal model dapat terjamin. Tahap kesembilan adalah *final product revision*, yaitu penyempurnaan akhir model berdasarkan temuan dari uji coba operasional. Pada tahap ini, model disempurnakan sehingga siap untuk diimplementasikan secara luas. Dalam konteks PBL berbasis OER, hasilnya berupa model pembelajaran yang terstruktur dengan baik, praktis digunakan, serta dilengkapi dengan perangkat ajar yang mendukung keterampilan abad 21. Tahap terakhir adalah *dissemination and implementation*, yaitu penyebarluasan dan penerapan model ke berbagai sekolah atau institusi pendidikan. Diseminasi dapat dilakukan melalui pelatihan guru, seminar, workshop, maupun publikasi akademik. Dengan demikian, model PBL berbasis OER tidak hanya diuji secara teoritis dan praktis, tetapi juga dapat digunakan secara luas dalam pembelajaran nyata, memberikan kontribusi pada peningkatan kualitas pendidikan.

Aspek kunci yang harus diperhatikan dalam pengembangan model pembelajaran adalah validitas, efektivitas, dan kepraktisan (Merrill, 2002). Validitas mengukur sejauh mana model pembelajaran valid dalam mencapai tujuan yang ditetapkan, termasuk relevansi materi, desain instruksional, dan aktivitas

belajar terhadap tujuan pembelajaran (Cronbach & Meehl, 1955). Efektivitas merujuk kepada sejauh mana model pembelajaran berhasil mencapai tujuan pembelajaran yang diinginkan, menilai sejauh mana siswa memahami dan menguasai materi, serta menerapkan pengetahuan dan keterampilan yang disiswai dalam situasi nyata (Kirkpatrick & Kirkpatrick, 2006). Sementara itu, kepraktisan berkaitan dengan kemudahan implementasi model pembelajaran dalam konteks nyata, termasuk pertimbangan atas ketersediaan sumber daya, kemampuan guru dalam mengimplementasikan model, dan penerimaan siswa terhadap model pembelajaran (Borg & Gall, 2003).

3.3 Waktu, Tempat dan Subyek Penelitian

3.3.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 2 tahun 4 bulan mulai dari bulan Juni 2022 sampai dengan Oktober 2024. Tahap studi pendahuluan dilaksanakan dari bulan Juni 2022 sampai dengan Januari 2023 dengan melakukan studi literatur dan penelitian kondisi awal siswa. Tahap selanjutnya pengembangan dan desain model dilakukan dari bulan februari 2023 sampai dengan Juli 2023 dengan menyusun buku model, instrument test, perangkat pembelajaran. Tahap validasi model dan uji coba instrument yang dilaksanakan mulai Agustus sampai dengan Desember 2023. Tahap pengujian akhir dan implementasi dilakukan mulai bulan januari 2024 sampai dengan Oktober 2024 di pembelajaran semester genap tahun ajaran 2023/2024.

3.3.2 Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di SMAS YP Unila (Bandar Lampung) atau urban, SMAN 1 Negeri Katon (Pesawaran) atau sub urban, dan SMAN 2 Buay Bahuga (Way Kanan) atau rural. Pemilihan lokasi penelitian di SMAS YP Unila, SMAN 1 Negeri Katon, dan SMAN 2 Buay Bahuga didasarkan pada perbedaan yang mencakup daerah perkotaan dan pedesaan, perbedaan akses dan infrastruktur pendidikan, tantangan akses teknologi, pengaruh lingkungan sosial dan budaya. SMAS YP Unila, yang terletak di daerah perkotaan, memiliki akses lebih mudah ke sumber daya pendidikan dan teknologi pembelajaran modern dan sosial budaya

yang kompetitif. Sebaliknya, SMAN 1 Negeri Katon dan SMAN 2 Buay Bahuga, yang berada di daerah pedesaan, menghadapi tantangan dalam hal aksesibilitas sumber daya pendidikan, infrastruktur, teknologi serta sosial budaya. Perbedaan ini sangat relevan karena akan mempengaruhi ketersediaan fasilitas dan kesiapan siswa serta guru dalam mengadopsi model pembelajaran baru. Pemilihan ini diharapkan dapat menghasilkan data yang mencakup berbagai kondisi yang relevan untuk penelitian.

3.3.3 Subyek Penelitian

Subyek penelitian ini adalah siswa SMA kelas XI dengan peminatan IPA di 3 sekolah yaitu, SMA YP Unila, SMAN 1 Negeri Katon dan SMAN 2 Buay Bahuga. Sampel penelitian terdiri dari dua kelas yang dibagi menjadi kelas eksperimen dan kelas kontrol, masing-masing di setiap sekolah sasaran. Penentuan responden menggunakan teknik non-probabilitas dengan metode *purposive sampling*. Pemilihan *purposive sampling* ini dilakukan karena penelitian bertujuan untuk memilih sampel yang memiliki karakteristik atau kriteria yang relevan dengan tujuan penelitian, yaitu siswa SMA kelas XI dengan peminatan IPA.

Tabel 3.1 Daftar Sekolah Penelitian

Kelas Eksperimen	Guru Pengampu Mapel	Jumlah Siswa
SMAS YP Unila	Fisika	28
SMAN 1 Negeri Katon	Fisika	32
SMAN 2 Buay Bahuga	Fisika	29

Sumber (Data Hasil Penelitian, 2025)

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai pentingnya keterampilan berpikir kreatif, faktor-faktor yang mempengaruhinya, serta kontribusi PBL dan OER dalam meningkatkan keterampilan tersebut. Penelitian dimulai dengan studi literatur yang mengkaji konsep dasar berpikir kreatif dalam konteks pendidikan. Berpikir kreatif merupakan keterampilan esensial untuk menghadapi tantangan global dan perubahan yang

cepat, karena memungkinkan siswa untuk menghasilkan ide-ide inovatif dan mencari solusi yang lebih efektif dalam menyelesaikan masalah (Robinson, 2021). Dalam penelitian ini, keterampilan berpikir kreatif diukur menggunakan empat indikator utama yang dikemukakan oleh Torrance (2018), yaitu *fluency*, *flexibility*, *originality*, dan *elaboration*.

Studi literatur ini juga meneliti berbagai faktor yang mempengaruhi keterampilan berpikir kreatif, seperti lingkungan belajar, strategi pembelajaran, sumber daya yang digunakan, serta peran guru dalam memberikan umpan balik yang mendukung eksplorasi ide siswa (Beghetto & Kaufman, 2021). Upaya untuk membangun model pembelajaran yang efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif, penelitian ini mengkaji teori, metode, dan pendekatan pembelajaran yang menjadi dasar dalam perancangan model. Studi ini juga mengevaluasi keunggulan, kelemahan, serta pendukung yang diperlukan dalam pengembangan model pembelajaran.

Selain studi literatur, penelitian ini juga melibatkan studi lapangan sebagai bagian dari tahap penelitian pendahuluan. Studi lapangan dilakukan melalui tes berpikir kreatif, yang bertujuan untuk memperoleh data empiris mengenai keterampilan berpikir kreatif siswa sebelum penerapan model PBL berbasis OER. Studi lapangan ini juga mengidentifikasi tantangan dalam implementasi PBL yang sudah diterapkan di sekolah, termasuk kesiapan guru dalam membimbing siswa dalam proses pemecahan masalah dan keterbatasan sumber daya yang ada dalam pembelajaran. Berdasarkan data yang diperoleh, model pembelajaran PBL berbasis OER yang dikembangkan dalam penelitian ini akan dirancang untuk menjawab tantangan yang ada dan meningkatkan efektivitas pembelajaran dalam membentuk keterampilan berpikir kreatif siswa.

3.4.2 Tahap Pengembangan Produk

a. Penyusunan Draf Produk

Berdasarkan hasil tinjauan literatur dan temuan dari studi lapangan, peneliti melakukan identifikasi kebutuhan terhadap produk yang akan dikembangkan agar sesuai dengan permasalahan dan kebutuhan di lapangan. Langkah pertama dalam proses ini adalah merancang draf awal model PBL berbasis OER, yang disusun dengan merujuk pada berbagai teori belajar yang relevan guna

memastikan landasan ilmiah yang kuat dalam pengembangannya. Model ini dirancang agar mampu mengakomodasi kebutuhan pembelajaran yang inovatif dan efektif bagi siswa. Selanjutnya, peneliti menyusun instrumen penelitian yang mencakup Rencana Pengembangan Pembelajaran (RPP) serta Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD), yang bertujuan untuk mendukung keterlaksanaan implementasi model dalam proses pembelajaran. Selain itu, untuk memastikan kualitas model yang dikembangkan, peneliti juga menyusun instrumen evaluasi yang bertujuan untuk mengukur tiga aspek utama: validitas model, kepraktisan model, dan keefektifan model. Validitas model diuji melalui kajian oleh para ahli guna memastikan kesesuaian model dengan teori pendidikan dan kebutuhan pembelajaran. Kepraktisan model diukur melalui uji coba di lingkungan pembelajaran untuk menilai kemudahan implementasi bagi pendidik dan siswa. Sementara itu, efektivitas model dianalisis melalui hasil pembelajaran (*pretest & posttest*) yang diperoleh siswa setelah menggunakan model ini.

b. Validasi Produk

Seluruh produk yang telah di rancang selanjutnya divalidasi oleh para ahli. Validasi difokuskan pada validasi isi, validasi konstruk dan validasi Bahasa untuk mengukur kualitas produk model PBL berbasis OER yang dikembangkan. Validasi produk mengacu pada karakteristik dan indikator dari masing-masing variable atau aspek yang dikembangkan. Produk yang akan divalidasi antara lain: 1) model pembelajaran PBL berbasis OER, 2) Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD), 3) rencana pengembangan pembelajaran (RPP), 4) instrument tes berpikir kreatif, 5) lembar observasi keterlaksanaan model, 6) lembar observasi guru dalam pengelolaan model dan 7) angket pemanfaatan Lembar Kerja Peserta Didik. Pada penelitian ini terdapat sembilan orang validator yang akan memvalidasi produk pengembangan model PBL berbasis OER. Sebanyak lima orang akan memvalidasi buku model, RPP dan LKPD serta empat orang memvalidasi lembar observasi keterlaksanaan model, angket guru, angket siswa dan instrumen tes berpikir kreatif. Kesembilan orang validator dapat di lihat pada tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Daftar Validator

No	Nama Validator	Instansi
1	Prof. Dr. Qomariyatus Sholihah, Ams.Hyp, S.T., M.Kes., IPU.ASEAN.Eng	Universitas Brawijaya
2	Dr. Widowati Pusporini, M.Pd	Universitas Negeri Yogyakarta
3	Dr. Rinderiyana, M.Pd	BPMP Lampung
4	Prof. Dr. Ahmad Zainudin, M.Si	Universitas Lampung
5	Dr. Gurum Ahmad Fauzi, M.Si	Universitas Lampung
6	Djoko Arisworo, M.Pd	P4TK IPA Bandung
7	Prof. Dr. Muhammad Fuad, M.Pd	Universitas Lampung
8	Dr. Ernawati, M.Pd	BPMP Lampung
9	Dr. Armina, M.Pd	Dinas Pendidikan Provinsi Lampung

Sumber (Data Penelitian, 2025)

3.4.3 Tahap Pengujian

a) Uji Coba Terbatas

Uji coba terbatas bertujuan untuk mengevaluasi kelayakan awal model PBL berbasis OER menilai kepraktisan dan validitas instrumen tes, mengidentifikasi kelemahan dan kelebihan, memperoleh respons awal pengguna, serta mengumpulkan data awal tentang efektivitas model sebelum diterapkan dalam skala yang lebih luas (Plomp & Nieveen, 2013; Tessmer, 2013; McKenney & Reeves, 2019). Uji coba terbatas dilaksanakan di SMAS YP Unila dengan melibatkan 15 orang siswa dan 1 orang guru mata pelajaran fisika. Uji coba menggunakan pengumpulan data kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif di ambil menggunakan lembar observasi keterlaksanaan model serta angket respon siswa dan guru sedangkan data kuantitatif menggunakan instrumen tes berpikir kreatif (*pretest&posttest*). Data hasil uji coba terbatas selanjutnya dilakukan analisis deskriptif kualitatif untuk menilai kepraktisan model PBL berbasis OER dan analisis kuantitatif dengan membandingkan nilai *posttest* dan *pretest*. Hasil dari uji coba terbatas membantu dalam melakukan revisi dan perbaikan model agar lebih siap untuk tahap uji coba lapangan.

b) Uji Coba Lapangan

Desain uji coba lapangan menggunakan *quasi-experimental* dengan *nonequivalent control group design*. Desain ini memungkinkan peneliti untuk membandingkan efektivitas model yang dikembangkan (kelas eksperimen) dengan kelas yang menggunakan metode konvensional (kelas kontrol). Pada awal penelitian, kedua kelompok diberikan *pretest* untuk mengukur kemampuan awal mereka. Setelah intervensi diberikan kepada kelas eksperimen, sedangkan kelas kontrol tetap menggunakan model pembelajaran PBL konvensional, dilakukan *posttest* untuk mengukur perubahan atau peningkatan hasil belajar yang disebabkan oleh penerapan model yang dikembangkan. Berikut skema rancangan *quasi-experimental* dengan *nonequivalent control group design* (Sugiyono, 2018; Hasjarjo, 2019; Panisuswari, 2023).

Tabel 3.3 Skema Rancangan Uji Coba Lapangan

Kelompok	<i>Pretest</i>	Perlakuan	<i>Posttest</i>
Eksperimen	O ₁	C	O ₂
Kontrol	O ₁	K	O ₂

Adaptasi (Creswell, J. W., 2012)

Keterangan:

O₁ : *Pretest*

O₂ : *Posttest*

C : Intervensi model pembelajaran PBL berbasis OER

K : Model pembelajaran PBL konvensional

Uji coba lapangan dilaksanakan di tiga sekolah yaitu SMAS YP Unila, SMAN 1 Negeri Katon dan SMAN 2 Buay Bahuga. Setiap sekolah menggunakan 1 kelas eksperimen dan 1 kelas kontrol, di mana kelompok eksperimen dan kelompok kontrol tidak dipilih secara acak (*non-randomized*). Dalam desain ini, kedua kelompok diberikan *pretest* untuk mengukur kemampuan awal sebelum perlakuan (*treatment*) dan *posttest* untuk mengevaluasi perubahan setelah perlakuan diberikan kepada kelompok eksperimen. Nilai *pretest* dan *posttest* keterampilan berpikir kreatif di analisis untuk melihat keefektifan model PBL berbasis OER dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa.

Berikut adalah tabel yang menunjukkan rentang nilai untuk mengklasifikasikan tingkat berpikir kreatif (tinggi, sedang, dan rendah) yang dapat diterapkan dalam penelitian, seperti yang dijelaskan oleh Runco (2014):

Tabel 3.4 Rentang Nilai Klasifikasi Berpikir Kreatif

Kategori Berpikir Kreatif	Rentang Nilai
Tinggi	81 – 100
Sedang	51 – 80
Rendah	0 – 50

Adaptasi (Runco, 2014)

3.4.4 Diseminasi Produk

Model pembelajaran PBL berbasis OER yang dihasilkan pada tahap akhir merupakan model yang telah melalui rangkaian panjang uji coba, validasi, serta revisi berulang. Proses pengembangan ini memastikan bahwa model tidak hanya sekadar konseptual, tetapi benar-benar layak diterapkan dalam praktik pembelajaran. Model final tersebut memenuhi tiga kriteria utama dalam penelitian pengembangan, yaitu validitas, kepraktisan, dan efektivitas. Validitas dicapai melalui proses penilaian oleh para ahli (*expert judgment*) yang menilai kesesuaian isi, konstruk, dan bahasa. Kepraktisan dibuktikan melalui uji coba lapangan terbatas, di mana guru dan siswa menilai kemudahan penggunaan serta keterpakaian model dalam situasi nyata. Sementara itu, efektivitas ditunjukkan melalui peningkatan keterampilan berpikir kreatif siswa, yang diukur dengan instrumen yang telah teruji secara empiris.

Proses uji coba dan revisi dilakukan secara berulang pada berbagai tahap, mulai dari uji coba awal, uji coba lapangan, hingga uji operasional. Setiap hasil uji coba dianalisis untuk menemukan kelemahan, yang kemudian dijadikan dasar perbaikan sehingga model yang dikembangkan benar-benar adaptif dan responsif terhadap kebutuhan pembelajaran. Oleh karena itu model final tidak hanya valid secara teoretis tetapi juga relevan secara praktis serta terbukti mampu meningkatkan kompetensi siswa dalam pemecahan masalah berbasis OER.

Tahap akhir pengembangan adalah diseminasi model, yang dilakukan melalui dua jalur utama. Pertama, publikasi ilmiah di jurnal bereputasi nasional maupun

internasional sebagai bentuk pertanggungjawaban akademik sekaligus kontribusi bagi pengembangan ilmu pendidikan. Kedua, penyelenggaraan pelatihan dan workshop bagi pendidik, yang bertujuan memperkenalkan sintaks model, perangkat pembelajaran, serta strategi implementasi di kelas. Dengan demikian, model PBL berbasis OER yang final bukan hanya merupakan hasil penelitian, tetapi juga produk inovatif yang siap diadopsi oleh komunitas pendidikan untuk mendukung pembelajaran abad ke-21.

3.5 Teknik Pengumpulan Data

a) Data Analisis Kebutuhan

Tahap pendahuluan dilakukan studi literatur dan studi lapangan untuk memperoleh data yang sesuai dengan kebutuhan model. Studi literatur dilakukan dengan dilakukan dengan bantuan *Artificial Intelligence* (AI) untuk memperoleh artikel penelitian yang relevan dengan tema penelitian. Menggunakan ChatGPT untuk mencari daftar artikel yang relevan berdasarkan kata kunci dan meringkas artikel ilmiah untuk memahami inti dari penelitian.

Selain studi literatur, studi lapangan di lakukan untuk mengetahui persepsi guru dan siswa terkait model pembelajaran PBL menggunakan *google form* yang dibagikan ke guru dan siswa yang mampu dan mengikuti mata pelajaran fisika jenjang SMA dan tes kemampuan berpikir kreatif siswa. Penelitian awal di lakukan antara bulan juni 2022 sampai dengan agustus 2022.

b) Data Validitas Produk

Data validitas model pembelajaran PBL berbasis OER pada tahap uji coba awal diperoleh melalui uji validasi konstruk, isi, dan bahasa untuk memastikan bahwa model yang dikembangkan memenuhi standar akademik dan praktis. Proses validasi ini dilakukan oleh sembilan validator yang dipilih berdasarkan keahlian mereka dalam bidang pendidikan dan pengembangan model pembelajaran. Para validator bertugas memberikan penilaian terhadap kelayakan buku model, perangkat pembelajaran, dan instrumen yang digunakan dalam implementasi model. Agar model yang dikembangkan memiliki tingkat validitas, kepraktisan, dan efektivitas yang tinggi, validasi dilakukan berdasarkan enam syarat utama dalam pengembangan model, yaitu berbasis teori, memiliki sintaks yang jelas,

mengandung prinsip reaksi yang sesuai, beroperasi dalam sistem sosial yang mendukung, dilengkapi dengan prinsip pendukung yang memadai, serta memiliki efek instruksional dan efek pengiring yang dapat meningkatkan pengalaman belajar siswa. Selain melakukan validasi terhadap model pembelajaran, validator juga mengevaluasi perangkat pembelajaran dan instrumen yang digunakan dalam pelaksanaan model pembelajaran PBL berbasis OER. Untuk memudahkan penilaian, digunakan skala Likert, di mana validator dapat memberikan respons mulai dari sangat tidak setuju, tidak setuju, netral, setuju, hingga sangat setuju.

c) Data Kepraktisan Produk

Data kepraktisan model pembelajaran PBL berbasis OER diperoleh melalui respons siswa dan guru terhadap keterlaksanaan model dalam proses pembelajaran. Pengumpulan data ini dilakukan selama uji coba lapangan, di mana model diterapkan dalam skala yang lebih besar untuk melihat sejauh mana model ini dapat dijalankan dengan baik di lingkungan belajar yang sebenarnya. Untuk menilai kepraktisan model, digunakan instrumen keterlaksanaan model serta lembar observasi, yang diisi oleh siswa, guru dan observer selama pelaksanaan pembelajaran. Instrumen ini dirancang untuk mengukur bagaimana model pembelajaran yang dikembangkan dapat diterapkan secara efektif, apakah langkah-langkahnya dapat dipahami dengan baik, serta sejauh mana siswa dan guru merasa nyaman dalam menggunakan model tersebut. Penilaian terhadap keterlaksanaan model dilakukan menggunakan skala Likert, yang memberikan opsi jawaban mulai dari sangat tidak setuju, tidak setuju, netral, setuju, hingga sangat setuju.

d) Data Keefektifan Produk

Data keefektifan model pembelajaran digunakan untuk menilai sejauh mana model PBL berbasis OER mampu meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa. Sumber data keefektifan model diperoleh melalui *pretest dan posttest*, yang digunakan untuk mengukur peningkatan hasil belajar siswa sebelum dan sesudah menggunakan model PBL berbasis OER. Instrumen test keterampilan berpikir kreatif terdiri dari 10 soal yang terbagi untuk empat indikator keterampilan berpikir kreatif. Selain itu, data keefektifan juga dikumpulkan melalui observasi pembelajaran, di mana observer mencatat bagaimana siswa berpartisipasi dan

merespons model pembelajaran selama proses belajar berlangsung. Angket digunakan untuk mengumpulkan umpan balik dari guru dan siswa terkait pengalaman mereka dalam menerapkan model pembelajaran ini. Pengambilan data keefektifan model di lakukan pada saat uji coba lapangan.

Tabel 3.5 Keterkaitan Data Penelitian dengan Instrumen Penelitian

No	Data Penelitian	Teknik Pengumpulan data	Instrumen Penelitian
1	Validasi model pembelajaran dan perangkat pembelajaran	Angket	Lembar validasi model
2	Observasi pelaksanaan model pembelajaran	Observasi	Lembar observasi keterlaksanaan model, angket respon siswa dan guru
3	Berpikir kreatif	Test	Instrumen test keterampilan berpikir kreatif

Adaptasi (Sugiyono, 2016; Arikunto, 2013; Cropley, 2001)

3.6 Teknik Analisis Data

Analisis data dalam penelitian dan pengembangan model di lakukan dalam tiga tahap sesuai dengan tahapan pengembangan model yaitu tahap studi pendahuluan, pengembangan dan pengujian pada uji coba lapangan.

1) Tahap Pendahuluan

Pada tahap pendahuluan, data dikumpulkan melalui studi literatur dan studi lapangan untuk mendapatkan pemahaman yang mendalam terkait penelitian yang dilakukan. Data studi literatur diperoleh dari hasil tinjauan artikel-artikel ilmiah yang relevan dengan tema penelitian. Artikel yang dikaji kemudian dipetakan berdasarkan variabel penelitian. Sementara itu, data studi lapangan dikumpulkan melalui pengukuran langsung menggunakan tes keterampilan berpikir kreatif. Tes ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kemampuan berpikir kreatif siswa sebelum intervensi dilakukan. Baik data dari studi literatur maupun studi lapangan kemudian dianalisis secara kuantitatif.

2) Tahap Pengembangan

a) Validitas model, perangkat pembelajaran dan lembar observasi

Analisis data dalam tahap validasi produk dikembangkan menggunakan lembar yang mencakup kelayakan konten, bahasa dan konstruksi model serta perangkat pembelajaran. Data diperoleh dari lembar validasi yang telah dilengkapi oleh validator, dan kemudian dianalisis dengan mengklasifikasikan data berdasarkan frekuensi dan tren dari setiap respon berdasarkan pertanyaan survei dan jumlah responden. Setiap respon validator diberi skor berdasarkan skala Likert, yaitu: Sangat Setuju (Skor 5), Setuju (Skor 4), Cukup Setuju (Skor 3), Tidak Setuju (Skor 2), dan Sangat Tidak Setuju (Skor 1). Validitas dihitung berdasarkan total skor yang diberikan oleh ahli terhadap total skor maksimal, dan kemudian dikonversi menjadi indeks validitas (Sugiyono, 2019).

$$\text{Validitas Indeks (VI)} = \frac{\text{Total Skor yang Diperoleh}}{\text{Total Skor Maksimal}}$$

Tabel 3.6 Kriteria validitas Model

<i>Validitas Indeks</i>	Kriteria
$VI \geq 0.80$	Valid
$0.70 < VI \leq 0.79$	Cukup Valid
$VI \leq 0.70$	Tidak Valid

Adaptasi (Sugiyono, 2019)

Jika hasil penilaian menunjukkan bahwa konstruksi, konten dan bahasa instrumen atau perangkat pembelajaran memerlukan perbaikan, atau mendapatkan kategori kurang/tidak valid, maka proses validasi oleh ahli dapat dilakukan lebih dari sekali. Namun, jika instrumen dan perangkat sudah dinyatakan valid/sangat valid oleh ahli, maka validasi kedua tidak perlu dilakukan dan instrumen dinyatakan siap untuk digunakan/diujicobakan.

b) Validitas dan Realibilitas Instrumen berpikir Kreatif

Sebelum mengumpulkan data dalam penelitian, penting untuk memastikan bahwa instrumen penelitian yang digunakan valid dan reliabel. Instrumen keterampilan berpikir kreatif tidak saja di uji konten dan uji konstruk tetapi juga pengujian validitas dan realibilitas instrument. Validitas dan reliabilitas adalah dua komponen kunci dalam kualitas pengukuran, dan kedua konsep ini memainkan peran penting dalam menentukan kredibilitas dan generalisasi hasil penelitian.

Validitas merujuk pada sejauh mana suatu instrumen mampu mengukur apa yang seharusnya diukur. Untuk menguji validitas, biasanya dilakukan korelasi antara skor dari instrumen dengan skor dari instrumen lain yang telah valid atau dengan variabel lain yang relevan. Salah satu cara umum untuk menghitung ini adalah dengan menggunakan koefisien korelasi produk momen Pearson (r). Nilai r dapat berkisar antara -1 hingga 1, dengan nilai mendekati 1 atau -1 menunjukkan hubungan yang kuat. Rumus korelasi Product Moment tersebut adalah sebagai berikut (Arikunto, 2006).

$$r_{xy} = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{N \sum X^2 - (\sum X)^2\} \{N \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}}$$

Keterangan :

r_{xy} : koefisien korelasi antara x dan y

X : skor butir

Y : skor total

N : ukuran data

Nilai r_{xy} yang diperoleh akan dibandingkan dengan harga r product moment pada tabel pada taraf signifikansi 0,05. Bila $r_{xy} > r_{tab}$ maka item tersebut dinyatakan valid.

Tabel 3.7 Klasifikasi Koefisien Korelasi Uji Validitas

Nilai Koefisien Korelasi	Interpretasi
0.00 - 0.19	Korelasi Sangat lemah
0.20 - 0.39	Korelasi Lemah
0.40 - 0.59	Korelasi Sedang
0.60 - 0.79	Korelasi Kuat
0.80 - 1.00	Korelasi Sangat kuat

Adaptasi (Santoso, 2018)

Koefisien korelasi berkisar antara -1 hingga +1, di mana nilai positif menunjukkan hubungan positif dan nilai negatif menunjukkan hubungan negatif antara dua variabel. Keabsahan instrumen dapat ditentukan berdasarkan kekuatan hubungan ini. Agar instrumen penelitian yang digunakan dinyatakan valid, koefisien korelasi harus bernilai minimal 0.40, yang menunjukkan hubungan yang setidaknya moderat antara variabel tersebut. Namun, batas ini mungkin berbeda tergantung pada standar dalam disiplin ilmu tertentu, oleh karena itu selalu penting untuk merujuk kepada standar yang diterima secara luas dalam bidang penelitian Anda (DeVellis, 2016).

Reliabilitas menunjuk kepada keajegan pengukuran. Keajegan suatu hasil tes adalah apabila dengan tes yang sama diberikan kepada kelompok siswa yang berbeda, atau tes yang berbeda diberikan pada kelompok yang sama akan memberikan hasil yang sama. Jadi, berapa kalipun dilakukan tes dengan instrumen yang reliabel akan memberikan data yang sama. Untuk memperoleh reliabilitas soal prestasi belajar digunakan rumus *Cronbach's Alpha* yaitu :

$$r_{11} = \left[\frac{k}{k-1} \right] \left[1 - \frac{\sum \sigma_b^2}{\sigma_t^2} \right]$$

Keterangan:

 r_{11} : Koefisien reliabilitas instrumen yang dicari k : Banyaknya butir pertanyaan atau banyaknya soal $\sum \sigma_b^2$: Jumlah variansi skor butir soal ke-i, $i = 1, 2, 3, 4, \dots, n$ σ_t^2 : Variansi total

Nilai r yang diperoleh dari hasil perhitungan dengan rumus *Alpha Cronbach* kemudian akan dikonsultasikan dengan harga r tabel dengan $\alpha = 0.05$ dan $dk = N-2$ (N = banyaknya siswa). Bila $r_{hit} > r_{tab}$ maka instrumen dinyatakan reliabel. Berikut ini adalah tabel klasifikasi hasil reliabilitas berdasarkan nilai koefisien alpha (*Cronbach's alpha*).

Tabel 3.8 Klasifikasi Reliabilitas

Nilai Koefisien Alpha	Interpretasi
0.00 - 0.60	Tidak dapat diandalkan
0.60 - 0.70	Rendah, namun dapat diterima
0.70 - 0.80	Dapat diterima
0.80 - 0.90	Baik
> 0.90	Sangat baik

Adaptasi (Gliem & Gliem, 2003)

Batas reliabilitas yang dapat diterima biasanya dianggap sebagai nilai *Cronbach's alpha* sebesar 0.70 atau lebih. Namun, dalam beberapa kasus, nilai sebesar 0.60 dapat diterima, tergantung pada konteks dan tujuan penelitian (Mallery & George, 2000). Sedangkan pada penelitian ini batas *Cronbach's alpha* dinyatakan minimal sebesar 0.70.

3) Tahap Pengujian

a. Uji Coba Terbatas

Uji coba terbatas digunakan untuk menguji kepraktisan model pembelajaran. Uji coba terbatas bertujuan untuk melihat sejauh mana model PBL berbasis OER dapat diterapkan dalam kondisi nyata dan apakah model tersebut mudah digunakan oleh guru serta siswa sebelum diuji dalam skala yang lebih luas. Data kepraktisan diambil dari hasil eksperimen model dengan 15 orang siswa, 1 orang guru dan 1 orang observer. Hasil dari uji coba terbatas digunakan dalam melakukan revisi dan perbaikan model agar lebih siap untuk tahap implementasi berikutnya.

Menurut Nieveen (2007), kepraktisan merujuk pada sejauh mana produk yang dikembangkan dapat digunakan secara efektif oleh pengguna (guru, siswa, maupun praktisi) dan sejauh mana mereka bersedia

menerapkannya dalam konteks pembelajaran nyata. Uji kepraktisan model pembelajaran bertujuan untuk menilai sejauh mana model PBL berbasis OER dapat diterapkan dengan mudah dan efektif dalam konteks pembelajaran. Proses ini melibatkan pengumpulan data melalui angket respon guru dan siswa serta observasi keterlaksanaan model oleh observer yang kemudian dianalisis dengan langkah-langkah berikut:

a. Pengumpulan Data:

- Distribusi Angket: Sebarkan angket kepada responden yang telah menggunakan atau mengamati penerapan model pembelajaran PBL berbasis OER. Responden terdiri dari siswa, guru dan observer.
- Skala Penilaian: Setiap respon responden diberi skor berdasarkan skala Likert, yaitu: Sangat Setuju (Skor 5), Setuju (Skor 4), Netral/Cukup Setuju (Skor 3), Tidak Setuju (Skor 2), dan Sangat Tidak Setuju (Skor 1) (Sugiyono, 2019).

b. Analisis Data:

- Perhitungan Skor Total: Jumlahkan skor dari semua item angket untuk setiap responden.
- Indeks Kepraktisan: Hitung indeks kepraktisan dengan rumus:

$$\text{Indeks Kepraktisan (K)} = \frac{\text{Total Skor yang di peroleh}}{\text{Total Skor Maksimal}}$$

Kategori kepraktisan ditentukan berdasarkan persentase yang diperoleh. Berikut adalah tabel kriteria kepraktisan model pembelajaran yang dapat Anda gunakan untuk menilai hasil kepraktisan berdasarkan indeks rata-rata dari guru dan siswa. Kriteria ini mengacu pada pendekatan kuantitatif dari validitas praktikalitas seperti yang digunakan dalam penelitian R&D (Sugiyono, 2019; Nieveen, 2007).

Tabel 3.9 Kriteria Kepraktisan Model

Presentase	Kriteria
$IK \geq 0.81$	Sangat Praktis/Sangat Baik
$0,71 \leq IK \leq 0,80$	Praktis/Baik
$0.61 \leq IK \leq 0.70$	Cukup Praktis/Cukup Baik
$IK \leq 0.60$	Tidak Praktis/Tidak Baik

Adaptasi (Sugiyono, 2019; Nieveen, 2007)

Kategori ini digunakan untuk menilai tingkat keterlaksanaan model PBL berbasis OER. Selain itu, Nieveen (1999) menyatakan bahwa aspek kepraktisan terpenuhi jika:

1. Para ahli dan praktisi menyatakan bahwa produk yang dikembangkan dapat diterapkan/valid.
2. Produk tersebut dapat digunakan dengan mudah oleh pengguna sasaran.

b. Uji Coba Lapangan

Setelah model PBL berbasis OER diuji secara terbatas dan dilakukan revisi berdasarkan hasil uji coba awal, uji coba lapangan dilakukan untuk menguji keefektifan model bekerja dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa. Uji coba lapangan menggunakan *Quasi-Experimental Design* dengan *Nonequivalent Control Group Design*, di mana setiap sekolah memiliki satu kelas eksperimen dan satu kelas kontrol. Data keefektifan dikumpulkan melalui hasil *pretest-posttest* keterampilan berpikir kreatif.

3.7 Efektivitas Model

Pengujian efektivitas model dilakukan untuk mengukur keefektifan model PBL berbasis OER dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif. Serangkaian uji untuk mengukur keefektifan di gunakan bantuan aplikasi SPSS. Uji efektivitas dapat dilakukan dengan beberapa langkah yaitu :

1. N-gain

N-gain adalah ukuran yang digunakan untuk menilai perubahan yang terjadi dalam konteks pembelajaran, terutama untuk mengukur peningkatan dalam pengetahuan atau keterampilan siswa setelah diterapkannya suatu

intervensi, dibandingkan dengan potensi peningkatan maksimal (Hake, 1998). Rumus *N-gain* dihitung dengan menggunakan data *pretest* dan *posttest* siswa:

$$N - gain = \frac{(Skor_{Posttest} - Skor_{Pretest})}{(Skor_{Maks} - Skor_{Pretest})}$$

Keterangan:

$Skor_{Pretest}$: skor yang diperoleh siswa sebelum diberikan intervensi

$Skor_{Posttest}$: skor yang diperoleh siswa sesudah diberikan intervensi

$Skor_{Maks}$: skor tertinggi yang dapat dicapai pada instrumen tes

Tabel 3.10 Kriteria *N-gain*

<i>N-gain</i>	Kriteria
$N-gain \geq 0.6$	Peningkatan tinggi
$0.3 \leq N-gain < 0.6$	Peningkatan sedang
$N-gain < 0.3$	Peningkatan rendah

Adaptasi (Hake, 1998)

2. Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk melihat apakah data yang diperoleh dari *pretest* dan *posttest* berdistribusi normal atau tidak, agar hasil analisis statistik dapat diterima secara valid (Pallant, 2013). Uji normalitas penting karena analisis statistik parametrik seperti *t-test* memerlukan data yang berdistribusi normal.

Kriteria Keputusan:

- $p\text{-value} > 0.05$: Data berdistribusi normal
- $p\text{-value} \leq 0.05$: Data tidak berdistribusi normal

Interpretasi:

- Jika data berdistribusi normal, maka dapat digunakan *t-test* untuk analisis lebih lanjut.

3. Uji Homogenitas

Uji Homogenitas dilakukan untuk memeriksa apakah varians antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol homogen (sama) atau tidak. Uji ini sangat penting dalam analisis statistik karena memastikan bahwa

kedua kelompok (eksperimen dan kontrol) memiliki karakteristik varians yang setara, yang menjadi salah satu asumsi dasar dalam pengujian hipotesis menggunakan *t-test*. Jika varians antar kelompok tidak homogen, maka hasil dari analisis statistik seperti *t-test* bisa menjadi tidak valid (Ruxton, 2006).

Kriteria Keputusan:

- $p\text{-value} > 0.05$: Varians antar kelompok homogen
- $p\text{-value} \leq 0.05$: Varians antar kelompok tidak homogen

Interpretasi:

Jika varians homogen, maka *t-test* dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut, karena *t-test* mengasumsikan bahwa varians antar kelompok adalah homogen. Jika $p\text{-value} > 0.05$, artinya tidak ada perbedaan signifikan dalam varians antar kelompok eksperimen dan kontrol, sehingga analisis lebih lanjut dapat dilakukan dengan *t-test*..

4. *Independent t-Test*

Independent t-test adalah teknik analisis statistik inferensial yang digunakan untuk membandingkan dua rata-rata dari dua kelompok yang berbeda, misalnya kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Pada konteks penelitian ini, *Independent t-test* digunakan untuk mengukur perbedaan antara penerapan model pembelajaran PBL berbasis OER (eksperimen) dan model pembelajaran PBL konvensional (kontrol) terhadap keterampilan berpikir kreatif siswa. Perhitungan dilakukan berdasarkan nilai *N-gain*, yang merupakan selisih antara skor post-test dan pre-test yang dibagi dengan skor maksimal yang mungkin dicapai.

Independent t-test dilakukan menggunakan aplikasi SPSS dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Merumuskan hipotesis:

- H_0 (nol): Tidak ada perbedaan rata-rata antara model pembelajaran PBL berbasis OER dengan model PBL konvensional.

- H_1 (alternatif): Ada perbedaan rata-rata yang signifikan antara model pembelajaran PBL berbasis OER dengan model PBL konvensional.
2. Menentukan taraf signifikansi (α), dengan nilai 0,05.
 3. Menghitung nilai t_{hitung} dengan menggunakan rumus yang sesuai untuk *independent t-test*.
 4. Menentukan nilai t_{tabel} dari distribusi t dengan derajat kebebasan (df) yang dihitung berdasarkan ukuran sampel kedua kelompok.
 5. Membandingkan nilai t_{hitung} dan t_{tabel}
 - Jika $t_{hitung} > t_{tabel}$, maka H_0 ditolak artinya ada perbedaan signifikan
 - Jika $t_{hitung} \leq t_{tabel}$, maka H_0 diterima artinya tidak ada perbedaan signifikan

Dengan melakukan uji ini, dapat diketahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara dua model pembelajaran terhadap keterampilan berpikir kreatif siswa.

5. *Effect Size*

Effect size adalah ukuran yang digunakan untuk menggambarkan besar pengaruh atau perbedaan antara dua kelompok atau lebih. Pada penelitian ini, *effect size* digunakan untuk menunjukkan seberapa besar pengaruh suatu intervensi (model pembelajaran PBL berbasis OER) terhadap perubahan yang terjadi pada siswa. Salah satu cara umum untuk menghitung *effect size* adalah dengan menggunakan *Cohen's d* yang dihitung sebagai perbedaan antara dua rata-rata, dibagi dengan deviasi standar gabungan:

$$d = \frac{M_1 - M_2}{SD_{pooled}}$$

$$\text{dimana } SD_{pooled} = \sqrt{\frac{(n_1-1).SD_1^2 + (n_2-1).SD_2^2}{n_1+n_2-2}}$$

Keterangan:

- M_1, M_2 adalah rata-rata dari dua kelompok yang dibandingkan.
- SD_{pooled} adalah deviasi standar gabungan dari kedua kelompok.
- SD_1 dan SD_2 adalah standar deviasi dari masing-masing kelompok

Nilai *Cohen's d* memberikan informasi mengenai kekuatan pengaruh yang tidak hanya bergantung pada signifikansi statistik, tetapi juga pada besar kecilnya perbedaan yang terjadi. Kriteria interpretasi *Cohen's d* dapat dilihat pada Tabel 3.11 berikut.

Tabel 3.11 Kriteria *Effect Size (Cohen's d)*

<i>Effect Size</i>	Kriteria
Cohen's $d < 0,2$	Efek sangat kecil
$0,2 \leq \text{Cohen's } d \leq 0,49$	Efek kecil
$0,5 \leq \text{Cohen's } d \leq 0,79$	Efek sedang
$0,8 \leq \text{Cohen's } d \leq 0,99$	Efek besar
Cohen's $d > 1$	Efek sangat besar

Adaptasi (Field, 2022)

6. One Way ANOVA

One Way ANOVA adalah metode statistik yang digunakan untuk menguji apakah terdapat perbedaan rata-rata dari lebih dari dua kelompok yang terpengaruh oleh satu faktor independen. Pada penelitian ini, *One Way ANOVA* digunakan untuk melihat apakah penerapan model pembelajaran PBL berbasis OER memiliki efektivitas yang berbeda berdasarkan lokasi geografis sekolah (*urban, suburban, dan rural*).

Tujuan dari analisis *one way ANOVA* adalah untuk menguji apakah terdapat perbedaan yang signifikan rata-rata *N-gain*, yang mencerminkan peningkatan keterampilan berpikir kreatif siswa. *N-gain* yang di analisis adalah kelas eksperimen yang menerapkan model pembelajaran PBL berbasis OER. Perbandingan ini dilakukan dengan mempertimbangkan lokasi geografis sekolah (*urban, suburban, dan rural*). *N-gain* dihitung dengan cara mengurangi skor *posttest* dari skor *pretest*, kemudian hasilnya dibagi dengan skor maksimal yang dapat dicapai.

Hasil analisis *one way* ANOVA akan memberikan gambaran tentang sejauh mana model PBL berbasis OER mampu meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa di semua lokasi geografis sekolah (*urban, suburban, dan rural*).

Langkah-langkah Analisis:

1. Tujuan Analisis:

- Menguji apakah ada perbedaan rata-rata *N-gain* antara sekolah-sekolah di lokasi urban, suburban, dan rural yang menerapkan model PBL berbasis OER.

2. Merumuskan Hipotesis:

- Hipotesis Nol (H_0): Tidak ada perbedaan rata-rata *N-gain* yang signifikan antara sekolah di lokasi urban, suburban, dan rural yang menggunakan model PBL berbasis OER.
- Hipotesis Alternatif (H_1): Ada perbedaan rata-rata *N-gain* yang signifikan antara sekolah di lokasi urban, suburban, dan rural yang menggunakan model PBL berbasis OER.

3. Uji Prasyarat:

- Uji normalitas: Data *N-gain* pada masing-masing kelompok lokasi harus terdistribusi normal.
- Uji homogenitas varians: Varians antar kelompok lokasi harus homogen.

4. Melakukan *One Way* ANOVA:

- Menggunakan perangkat lunak statistik seperti SPSS untuk melakukan perhitungan *One Way* ANOVA.

5. Menentukan Tingkat Signifikansi (α):

- α ditetapkan pada 0,05.

6. Membandingkan Nilai p dengan α :

- Jika nilai $p \leq 0,05$, maka kita menolak H_0 dan menerima H_1 , yang berarti ada perbedaan yang signifikan antara rata-rata *N-gain* di lokasi urban, suburban, dan rural. Ini menunjukkan bahwa efektivitas model PBL berbasis OER berbeda tergantung lokasi geografis sekolah.

- Jika nilai $p > 0,05$, maka kita tidak menolak H_0 , yang berarti tidak ada perbedaan yang signifikan antara lokasi urban, suburban, dan rural dalam hal penerapan model PBL berbasis OER. Artinya, efektivitas model PBL berbasis OER sama di ketiga lokasi tersebut.

BAB V. KESIMPULAN, IMPLIKASI DAN SARAN

Bab ini menyajikan kesimpulan, implikasi dan saran berdasarkan hasil penelitian mengenai pengembangan Model CERIA untuk meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa SMA dalam mata pelajaran fisika.

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan penelitian adalah dihasilkannya “Model Ceria untuk Pembelajaran Fisika” untuk meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa SMA, dengan bukti temuan hasil penelitian sebagai berikut:

1. Penelitian pengembangan model pembelajaran PBL berbasis OER menghasilkan sintaks *Contextualize*, *Elaborate*, *Reframe*, *Implement*, dan *Assess*, yang selanjutnya disebut sebagai model CERIA.
2. Model CERIA terbukti valid, dengan indeks validitas rata-rata konstruk 0,906, konten 0,924, dan bahasa 0,918.
3. Model CERIA terbukti sangat praktis dan responsif terhadap kebutuhan pembelajaran kontemporer, dengan indeks kepraktisan rata-rata respon siswa 0,936, guru 0,922, dan observer 0,927.
4. Model CERIA terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa, yang dibuktikan melalui hasil *independent t-test* dengan nilai signifikansi $< 0,05$ dan *effect size* sebesar 0,97 (Cohen's $d > 0,8$). Selain itu, model CERIA juga terbukti memiliki tingkat efektivitas yang konsisten dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa di berbagai daerah, baik *urban*, *suburban*, maupun *rural*, sebagaimana ditunjukkan oleh hasil *one-way ANOVA* dengan nilai signifikansi $> 0,05$.

5.2 Implikasi

Implikasi yang muncul dari penerapan model CERIA mencakup aspek kebijakan, teori, metodologi, dan praktik, yang diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kualitas pembelajaran dan pengembangan keterampilan berpikir kreatif siswa sesuai dengan tuntutan pendidikan abad ke-21.

1. Implikasi Kebijakan dan Praktis

Model CERIA dapat diterapkan untuk mendukung pendekatan pembelajaran mendalam untuk meningkatkan keterampilan berpikir kreatif dengan memberikan pendukung sumber belajar sesuai dengan minat bakat dan gaya belajar.

2. Implikasi Teoritis dan Metodologis

Model CERIA meningkatkan efektifitas model pembelajaran PBL untuk meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa dengan menekankan karakteristik teori konstruktivisme, sibermetik dan sistem kreatif dalam setiap sintaks, sistem sosial, prinsip reaksi dan sistem pendukung serta dampak instruksional dan pengiring.

3. Implikasi Sosial dan Kultural

Penerapan model CERIA dapat membantu mengatasi ketimpangan akses terhadap sumber daya pendidikan di berbagai wilayah, baik perkotaan maupun pedesaan. Tersedianya OER mendukung pemerataan kualitas pendidikan, mengurangi kesenjangan pendidikan antara daerah yang memiliki akses terbatas dan daerah yang lebih maju. Selain itu, model CERIA juga mendukung pembelajaran yang lebih inklusif, dengan memungkinkan siswa untuk belajar sesuai dengan latar belakang sosial dan budaya mereka masing-masing.

4. Implikasi untuk Pengembangan Kurikulum

Model CERIA dapat menjadi dasar untuk mengembangkan kurikulum yang lebih dinamis dan berfokus pada keterampilan berpikir kreatif, yang relevan dengan kebutuhan abad ke-21. Kurikulum ini sejalan dengan pendekatan pembelajaran mendalam, yang tidak hanya menekankan penguasaan fakta, tetapi juga pengembangan keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan reflektif.

Mengintegrasikan model CERIA, pembelajaran menjadi lebih bermakna dan kontekstual, mendorong siswa untuk menghubungkan teori dengan praktik, serta mengembangkan solusi inovatif terhadap masalah nyata.

5.3 Saran

Upaya untuk memaksimalkan potensi model CERIA dalam pembelajaran, berikut saran yang bersifat strategis dan operasional:

1. Guru perlu diberikan pelatihan berkelanjutan dalam mengimplementasikan model CERIA, terutama dalam menyusun perangkat pembelajaran berbasis OER, memberikan *scaffolding* yang adaptif, serta membangun ekosistem kelas yang mendukung eksplorasi dan kreativitas. Kompetensi guru sebagai fasilitator kreatif dan reflektif menjadi kunci keberhasilan model ini.
2. Sekolah perlu memperkuat dukungan terhadap integrasi OER dalam kurikulum, termasuk penyediaan akses internet, perangkat digital, dan kebijakan fleksibel terkait penggunaan sumber belajar terbuka. Model ini sangat cocok diadopsi dalam kerangka kurikulum nasional dengan pendekatan pembelajaran mendalam.
3. Model CERIA dapat dikembangkan lebih lanjut sebagai pendekatan lintas mata pelajaran, tidak terbatas pada fisika, karena strukturnya yang adaptif terhadap berbagai disiplin ilmu. Kurikulum perlu dirancang agar memfasilitasi pembelajaran reflektif, transdisipliner, dan terbuka, serta mengintegrasikan prinsip-prinsip pembelajaran berbasis masalah, teknologi, dan kolaborasi global.
4. Penelitian lanjutan dapat difokuskan pada pengujian jangka panjang terhadap dampak model CERIA terhadap aspek afektif, sosial, dan akademik lainnya. Studi komparatif jenjang pendidikan, dan karakteristik siswa juga penting untuk memperluas generalisasi temuan.
5. Perlu sinergi antara lembaga pendidikan dan pemerintah daerah untuk menciptakan platform OER yang mudah diakses, berbahasa lokal, kontekstual, dan interaktif. Pengembangan sistem umpan balik digital otomatis untuk meningkatkan keterlibatan siswa dalam evaluasi diri secara *real-time*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdous, M. (2024). *Unlocking the potential of open educational resources: Trends, benefits, and challenges in U.S. higher education*. Old Dominion University.
- Adeoye, M. A., & Jimoh, H. A. (2023). Problem-Solving Skills Among 21st-Century Learners Toward Creativity and Innovation Ideas. *Thinking Skills and Creativity Journal*, 6(1), 52–58. <https://doi.org/10.23887/tscj.v6i1.62708>.
- Almulla, M. A. (2020). The Effectiveness of the Project-Based Learning (PBL) Approach as a Way to Engage Students in Learning. *Sage Open*, 10(3). <https://doi.org/10.1177/2158244020938702>
- Amabile, T. (2020). *Creativity in Context: Update to the Social Psychology of Creativity*. Cambridge University Press.
- Amabile, T. M. (1996). *Creativity and innovation in organizations* (Vol. 5). Harvard Business School Boston.
- Arends, R. L. (1997). *Classroom Instruction and management*. McGraw-Hill Book Co.
- Arends, R. I. (2008). *Learning to Teach* (7th ed.). McGraw-Hill.
- Arifin, M., & Prasetyo, H. (2024). Integrasi OER dalam PBL untuk Meningkatkan Kemampuan Kolaborasi Siswa. *Jurnal Pendidikan Inovatif*, 12(2), 101–115.
- Arikunto, S. (2006). Prosedur penelitian tindakan kelas. *Bumi Aksara*, 136(2), 2–3.
- Arikunto, S. (2013). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik* (Edisi Revisi). Jakarta: Rineka Cipta.
- Aritonang, H. W., & Zubir, M. (2022). Perbedaan hasil belajar dan motivasi belajar siswa dengan menggunakan model PBL dan pembelajaran konvensional berbantuan media ispring pada materi laju reaksi. *Educenter: Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 1(8), 572–578. <https://doi.org/10.55904/educenter.v1i8.107>
- Ashby, W. R. (1956). *An Introduction to Cybernetics*. J. Wiley.
- Asriadi, M., & Istiyono, E. (2020). Exploration of Creative Thinking Skills of Students in Physics Learning. *Journal of Educational Science and Technology (EST)*, 151–158. <https://doi.org/10.26858/est.v6i2.12737>

- Baptista, M. (2025). *Self-Regulation and Teacher Feedback in Problem-Based Learning on the Water Hardness*. *Education Sciences*, 15(3), 309.
- Barrett, P., Davies, F., Zhang, Y., & Barrett, L. (2015). The Impact of Classroom Design on Pupils' Learning: Final Results of a Holistic, Multi-level Analysis. *Building and Environment*, 8(9), 118–133.
- Barrow, H. S. (2002). Is *Problem Based Learning* an Effective Educational Approach? *Medical Education*, 36(3), 236–241.
- Barrows, H. S. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education*, 20(6), 481–486. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x>
- Barrows, H. S., & Tamblyn, R. M. (1980). *Problem Based Learning: An approach to medical education* (Vol. 1). Springer Publishing Company.
- Bateson, G. (2000). Steps to an ecology of mind: Collected essays in anthropology, psychiatry, evolution, and epistemology. University of Chicago press.
- Beghetto, R. A., & Kaufman, J. C. (2007). Toward a broader conception of creativity: A case for "mini-c" creativity. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 1(2), 73. <https://doi.org/10.1037/1931-3896.1.2.73>
- Beghetto, R. A., & Kaufman, J. C. (2021a). Creative Learning in Education. In *The Palgrave Handbook of Positive Education* (pp. 473–491). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-64537-3_19
- Beghetto, R. A., & Kaufman, J. C. (2021b). *Nurturing Creativity in the Classroom: Developing Multiple Perspectives*. Cambridge University Press.
- Bilbao, J., Varela, C., Rebollar, C., Bravo, E., & García, O. (2018). Selecting assessments for Problem Based Learning. *International Journal of Education and Learning Systems*, 3.
- Borg, W. R., & Gall, M. D. (2003). Educational research: An introduction. *British Journal of Educational Studies*, 32(3). <https://philpapers.org/rec/BORERA-2>
- Bouffard, L. (2017). Ryan, R. M. et Deci, E. L. (2017). Self-determination theory. Basic psychological needs in motivation, development and wellness. New York, NY : Guilford Press. *Revue Québécoise de Psychologie*, 38(3), 231. <https://doi.org/10.7202/1041847ar>
- Braßler, M. (2016). Interdisciplinary *Problem Based Learning*—A Student-Centered Pedagogy to Teach Social Sustainable Development in Higher Education (pp. 245–257). https://doi.org/10.1007/978-3-319-32928-4_17
- Brassler, M., & Dettmers, J. (2017). How to enhance interdisciplinary competence—Interdisciplinary *Problem Based Learning* versus interdisciplinary project-based learning. *Interdisciplinary Journal of Problem Based Learning*, 11(2). <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1686>
- Brookfield, S. D. (2017). *Becoming a Critically Reflective Teacher*.

- Bruner, J. S. (1961). The act of discovery. *Harvard Educational Review*.
<https://psycnet.apa.org/record/1962-00777-001>
- Budiningsih, A. (2012). *Belajar dan Pembelajaran*.
- Carson, S. (2012). *Your creative brain: Seven steps to maximize imagination, productivity, and innovation in your life* (Vol. 4). John Wiley & Sons.
- Carson, S. H. (2012). *Creativity and the Mind: Exploring Insights in the Cognitive Sciences*. Oxford University Press, USA.
- Chen, L., & Zhang, W. (2023). The Impact of OER-Based PBL on Student Self-Regulated Learning. *International Journal of Educational Technology*, 18(4), 55–70.
- Chen, S.-Y., Lai, C.-F., Lai, Y.-H., & Su, Y.-S. (2022). Effect of project-based learning on development of students' creative thinking. *International Journal of Electrical Engineering & Education*, 59(3), 232–250.
<https://doi.org/10.1177/0020720919846808>
- Chu, C., Buchman-Schmitt, J. M., Stanley, I. H., Hom, M. A., Tucker, R. P., Hagan, C. R., Rogers, M. L., Podlogar, M. C., Chiurliza, B., & Ringer, F. B. (2017). The interpersonal theory of suicide: A systematic review and meta-analysis of a decade of cross-national research. *Psychological Bulletin*, 143(12), 1313. <https://doi.org/10.1037/bul0000123>
- Chu, S. K. W., Reynolds, R. B., Tavares, N. J., & Notari, M. (2020). *21st Century Skills Development through Inquiry-Based Learning: From Theory to Practice*. Springer.
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches* (4th ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and Conducting Mixed Methods Research* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE.
- Cronbach, L. J., & Meehl, P. E. (1955). Construct validity in psychological tests. *Psychological Bulletin*, 52(4), 281. <https://doi.org/10.1037/h0040957>
- Cropley, A. J. (2006). In Praise of Convergent Thinking. *Creativity Research Journal*, 18 (3), 391-404. https://doi.org/10.1207/s15326934crj1803_13
- Cropley, A. J. (2001). Defining and measuring creativity: Are creativity tests worth using? *Roeper Review*, 23(2), 72–79. <https://doi.org/10.1080/02783190009554069>
- Csikszentmihalyi, M. (1996). Creativity: Flow and the Psychology of Discovery and Invention. In *Harper/ Collins*. Harper/ Collins.
- Csikszentmihalyi, M. (1997). Flow and the psychology of discovery and invention. *HarperPerennial*, New York, 39, 1–16.
- Csikszentmihalyi, M. (2019a). *A Meta-theoretical Analysis of Creativity Theories*. Jawaharlal Nehru University New Delhi.

- Csikszentmihalyi, M. (2019b). *Creativity: The Psychology of Discovery and Invention*. HarperCollins.
- Csikszentmihalyi, M. (2021). *Creativity: Flow and the Psychology of Discovery and Invention*. Harper Perennial.
- Csikszentmihalyi, M., & Sawyer, R. K. (2019). *The Systems Model of Creativity: The Collected Works of Mihaly Csikszentmihalyi*. Springer.
- Czerniewicz, L. (2018). Inequality as Higher Education Goes Online. In N. Bonderup Dohn, S. Cranmer, J.-A. Sime, M. De Laat, & T. Ryberg (Eds.), *Networked Learning* (pp. 95–106). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74857-3_6
- Czerniewicz, L. (2021). *Digital Inequalities in Education: Addressing Challenges with OER*. Routledge.
- D'Mello, S., & Graesser, A. (2012). Dynamics of affective states during complex learning. *Learning and Instruction*, 22(2), 145–157. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2011.10.001>
- Dabbagh, N., Kitsantas, A., & Chirinos, D. S. (2023). Student-Centered Learning in the Digital Age: Challenges and Opportunities. *Educational Technology*, 3(2), 45–58.
- Darmuki, A., Nugrahani, F., Fathurohman, I., Kanzunnudin, M., & Hidayati, N. A. (2023). The Impact of Inquiry Collaboration Project Based Learning Model of Indonesian Language Course Achievement. *International Journal of Instruction*, 16(2), 247–266. <https://doi.org/10.29333/iji.2023.16215a>
- Darwati, I. M., & Purana, I. M. (2021). Problem Based Learning (PBL): Suatu model pembelajaran untuk mengembangkan cara berpikir kritis siswa. *Widya Accarya*, 12(1), 61–69. <https://doi.org/10.46650/wa.12.1.1056.61-69>
- Davies, D., Jindal-Snape, D., Collier, C., Digby, R., Hay, P., & Howe, A. (2013). Creative learning environments in education—A systematic literature review. *Thinking Skills and Creativity*, 8, 80–91. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2012.07.004>
- de los Arcos, B., Farrow, R., Perryman, L.-A., Pitt, R., & Weller, M. (2014). OER evidence report 2013-2014. <https://oro.open.ac.uk/41866/>
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2017). *Intrinsic Motivation and Self-determination in Human Behavior*. Springer Science & Business Media.
- Deimann, M., & Farrow, R. (2022). *Open Education and Digital Transformation: Implications for Lifelong Learning*. Routledge.
- Dissanayake, C. (2021). *General Systems Theory Based Conceptual Framework for Restructuring the Higher Education Institution System*.
- DeVellis, R. F. (2016). *Scale Development: Theory and Applications* (4th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

- Dewey, J. (1986). Experience and Education. *The Educational Forum*, 50(3), 241–252. <https://doi.org/10.1080/00131728609335764>
- Dolmans, D. H. J. M. (2019). How theory and design-based research can mature PBL practice and research. *Advances in Health Sciences Education*, 24(5), 879–891. <https://doi.org/10.1007/s10459-019-09940-2>
- Dolmans, D. H. J. M., De Grave, W., Wolfhagen, I. H. A. P., & Van Der Vleuten, C. P. M. (2005). *Problem Based Learning*: Future challenges for educational practice and research. *Medical Education*, 39(7), 732–741. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2929.2005.02205.x>
- Dolmans, D. H. J. M., Loyens, S. M. M., Marcq, H., & Gijbels, D. (2016). Deep and surface learning in *Problem Based Learning*: A review of the literature. *Advances in Health Sciences Education*, 21(5), 1087–1112. <https://doi.org/10.1007/s10459-015-9645-6>
- Elizabeth, A., & Sigahitong, M. M. (2018). Pengaruh Model Problem Based Learning Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa SMA. *Prisma Sains: Jurnal Pengkajian Ilmu Dan Pembelajaran Matematika Dan IPA IKIP Mataram*, 6(2), 66–76.
- Ertmer, P. A., & Simons, K. D. (2006). Jumping the PBL implementation hurdle: Supporting the efforts of K–12 teachers. *Interdisciplinary Journal of Problem Based Learning*, 1(1), 40–54. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1005>
- Field, A. (2022). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics* (6th ed.). SAGE Publications.
- Ford, M. J., & Forman, E. A. (2006). Chapter 1: Redefining disciplinary learning in classroom contexts. *Review of Research in Education*, 30(1), 1–32. <https://doi.org/10.3102/0091732X030001001>
- Forte-Celaya, J., Ibarra, L., & Glasserman-Morales, L. D. (2021). Analysis of Creative Thinking Skills Development under Active Learning Strategies. *Education Sciences*, 11(10), 621. <https://doi.org/10.3390/educsci11100621>
- Gkrimpizi, T., Peristeras, V., & Magnisalis, I. (2023). Classification of Barriers to Digital Transformation in Higher Education Institutions: Systematic Literature Review. *Education Sciences*, 13(7), 746. <https://doi.org/10.3390/educsci13070746>
- Gliem, J. A., A & Gliem, R. R. (2003). Calculating, Interpreting, and Reporting Cronbach's Alpha Reliability Coefficient for Likert-type scales. *Midwest Research-to-Practice Conference in Adult, Continuing, and Community Education*.
- Gravetter, F. J., & Wallnau, L. B. (2021). *Statistics for the Behavioral Sciences* (11th ed.). Cengage Learning
- Guilford, J. P. (1950). *Fundamental statistics in psychology and education*. <https://psycnet.apa.org/record/1950-04974-000>

- Guilford, J. P. (1967). *The Nature of Human intelligence*. NY: McGraw-Hill Book Company.
- Hadiwidjaja, R. D. (2020). *Pemanfaatan Open Educational Resources (OER) Diera Digital : Evaluasi Kualitas Dry Lab Akuntansi (DLA) Oleh Pengguna Pada Institusi Pendidikan Jarak Jauh*. 119–135.
- Hair, J. F., Black, W. C., & Babin, B. J. (2020). *Multivariate Data Analysis* (8th ed.). Cengage Learning.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-Engagement Versus Traditional Methods: A Six-thousand-student survei of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64-74.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2013). *Fundamentals of physics*. John Wiley & Sons.
- Hammond, J., & Gibbons, P. F. (2005). Putting *scaffolding* to work. Prospect. <https://opus.lib.uts.edu.au/handle/10453/6610>
- Handayani, A., & Koeswanti, H. D. (2021). Meta-analisis model pembelajaran Problem Based Learning (pbl) untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif. *Jurnal Basicedu*, 5(3), 1349–1355.
- Hannafin, M., Land, S., & Oliver, K. (2013). Open learning environments: Foundations, methods, and models. In *Instructional-design theories and models* (pp. 115–140). Routledge.
- Hasjarjo, N. (2019). *Metode Penelitian Eksperimen*. Yogyakarta: Deepublish.
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112. <https://doi.org/10.3102/003465430298487>
- Haynes, S. N., Smith, G. T., & Hunsley, J. (2018). *Scientific Foundations of Clinical Assessment*. Routledge.
- Head, A., & Eisenberg, M. (2010). Truth be told: How college students evaluate and use information in the digital age. Available at SSRN 2281485.
- Hegarty, B. (2015). Attributes of open pedagogy: A model for using open educational resources. *Educational Technology*, 3–13.
- Henderson, C., Beach, A., & Famiano, M. (2007). Diffusion of Educational Innovations via Co-Teaching. *AIP Conference Proceedings*, 883(1), 117–120. <https://doi.org/10.1063/1.2508706>
- Hendrawan, F., & Putri, A. (2021). Pemanfaatan OER dalam Pembelajaran Berbasis Masalah untuk Siswa SMA. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 9(1), 120–135.
- Hennessy, S., D'Angelo, S., McIntyre, N., Koomar, S., Kreimeia, A., Cao, L., Brugha, M., & Zubairi, A. (2022). Technology Use for Teacher Professional Development in Low- and Middle-Income Countries: A systematic review.

Computers and Education Open, 3, 100080.
<https://doi.org/10.1016/j.caeo.2022.100080>

- Hidayah, R., Fajarah, F., Parlan, P., & Dasna, I. W. (2021). Collaborative Problem Based Learning Model for Creative Thinking Ability. *Journal of Asian Multicultural Research for Educational Study*, 2(2), 24–30. <https://doi.org/10.47616/jamres.v2i2.156>
- Hidayati, N., & Fauziah, N. (2023). Lembar Validasi: Instrumen yang Digunakan Untuk Menilai Produk yang Dikembangkan Pada Penelitian Pengembangan Bidang Pendidikan. *Biology and Education Journal*, 3(2).
- Hilton III, J. L., Gaudet, D., Clark, P., Robinson, J., & Wiley, D. (2013). The adoption of open educational resources by one community college math department. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 14(4), 37–50. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v14i4.1523>
- Hilton Iii, J., Wiley, D., Stein, J., & Johnson, A. (2010). The four ‘R’s of openness and ALMS analysis: Frameworks for open educational resources. *Open Learning: The Journal of Open, Distance and e-Learning*, 25(1), 37–44. <https://doi.org/10.1080/02680510903482132>
- Hmelo, C. E., & Evensen, D. H. (2000). Introduction: *Problem Based Learning: Gaining insights on learning interactions through multiple methods of inquiry*. In *Problem Based Learning* (pp. 1–16). Routledge.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). *Problem Based Learning: What and How Do Students Learn?* *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). *Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006)*. *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107. <https://doi.org/10.1080/00461520701263368>
- Hodgkinson-Williams, C., & Arinto, P. B. (2020). *Adoption and Impact of OER in the Global South*. *African Minds*.
- Hung, W. (2011). Theory to reality: A few issues in implementing *Problem Based Learning*. *Educational Technology Research and Development*, 59(4). <https://doi.org/10.1007/s11423-011-9198-1>
- Hung, W. (2016). All PBL Starts Here: The Problem. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 10(2). <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1604>
- Hung, W., Jonassen, D. H., & Liu, R. (2008). *Problem Based Learning*. In *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 485–506). Routledge.
- Hwang, G. J., Wang, S. Y., & Lai, C. L. (2020). Effects of a Social Regulation-Based Collaborative Learning Approach on Students’ Learning, Self-Regulation and Motivation. *British Journal of Educational Technology*, 51(3), 969–990.

- Hylén, J. (2020). Open educational resources: Opportunities and challenges.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1987). Learning together and alone: Cooperative, competitive, and individualistic learning. Prentice-Hall, Inc.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2009). An Educational Psychology Success Story: Social Interdependence Theory and Cooperative Learning. *Educational Researcher*, 38(5), 365–379. <https://doi.org/10.3102/0013189X09339057>
- Johnson, D., & Miller, T. (2020). Enhancing Conceptual Understanding in Physics through PBL. *Science Education Review*, 25(3), 45–60.
- Johnson, M., & Simmons, P. (2022). Technologi-Enhanced Learning in Problem-Based Education: A Systematic Review. *Journal of Learning Technologies*, 38(4), 55–72.
- Johnson, R. B., & Onwuegbuzie, A. J. (2004). Mixed Methods Research: A Research Paradigm Whose Time Has Come. *Educational Researcher*, 33(7), 14–26. <https://doi.org/10.3102/0013189X033007014>
- Jonassen, D. H. (1994). Technology as cognitive tools: Learners as designers. ITForum Paper, 1(1), 67–80.
- Jonassen, D. H. (2020). *Learning to Solve Problems: A Handbook for Designing Problem-Solving Learning Environments*. Routledge.
- Joyce, B. R., Weil, M., & Calhoun, E. (2009). Models of Teaching. Pearson/Allyn and Bacon Publishers.
- Joyce, B., & Calhoun, E. (2024). Models of teaching. Taylor & Francis.
- Kafai, Y. B., & Resnick, M. (2012). Constructionism in practice: Designing, thinking, and learning in a digital world. Routledge.
- Kaufman, J. C. (2022). *Creativity in Education and Beyond: A Closer Look at Creative Thinking Skills and Their Impact on Learning*. Cambridge University Press.
- Khairuddin, S. M. H. S., Saidun, Z., & Hashim, M. S. (2019). Measuring the effects of work motivation on stress and performance linkages in SME. *Asian Academy of Management Journal*, 24, 1–15. <https://doi.org/10.21315/aamj2019.24.s2.1>
- Kim, H. (2021). Open Educational Resources and Their Impact on Higher Education Learning Outcomes: A Meta Analysis. *Educational REsearch Review*.
- Kim, S. (2023). Vocational education and numeracy acquisition of young adults: A comparison of education systems in German and English speaking countries. *European Journal of Education*, 58(4). <https://doi.org/10.1111/ejed.12578>
- Kim, H., Choi, H., Han, J., & So, H. J. (2019). Enhancing Student Creativity

- through Project-Based Learning in STEM Education: A Systematic Review. *International Journal of STEM Education*, 6(1), 1–17.
- Kim, K. H. (2021). *The Creativity Challenge: How We Can Recapture American Innovation*. Prometheus.
- Kim, M., & Reeves, T. C. (2020). Revisiting Authentic Learning: Perspectives from the Digital Age. *Educational Research and Development*, 68(3), 1201–1219. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11423-020-09734-2>
- Kirkpatrick, D., & Kirkpatrick, J. (2006). Evaluating training programs: The four levels. Berrett-Koehler Publishers.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Kirschner, P. A., Sweller, J., Kirschner, F., & Zambrano R., J. (2018). From Cognitive Load Theory to Collaborative Cognitive Load Theory. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 13(2), 213–233. <https://doi.org/10.1007/s11412-018-9277-y>
- Kumar, R., & Lee, H. (2022). PBL dan OER Integration for Developing Creative Thinking Skills. *International Journal of Educational Innovation*, 27(2), 88–104.
- Kumar, S., Ritzhaupt, A., & Pedro, N. S. (2022). Development and validation of the Online Instructor Support Survey (OISS). *Online Learning*, 26(1). <https://doi.org/10.24059/olj.v26i1.2622>
- Lane, A. (2010). Designing for innovation around OER. *Journal of Interactive Media in Education*. <https://doi.org/10.5334/2010-2>
- Lapuz, A. M., & Fulgencio, M. N. (2020). Improving the critical thinking skills of secondary school students using *Problem Based Learning*. Lapuz, AME, & Fulgencio, MN (2020). Improving the Critical Thinking Skills of Secondary School Students Using *Problem Based Learning*. *International Journal of Academic Multidisciplinary Research*, (4), 1, 1–7.
- Learning, P.-B. (2013). *Problem Based Learning*. The International Handbook of Collaborative Learning, 370.
- Lesgold, A. (1988). *Problem Solving and Intelligence* (In R. J. S). Cambridge University Press.
- Lesgold, A. (1988). Toward a Theory of Curriculum for Use in Designing Intelligent Instructional Systems. In H. Mandl & A. Lesgold (Eds.), *Learning Issues for Intelligent Tutoring Systems* (pp. 114–137). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-6350-7_6
- Linder, A., Airey, J., Mayaba, N., & Webb, P. (2014). Fostering Disciplinary Literacy? South African Physics Lecturers' Educational Responses to their

- Students' Lack of Representational Competence. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 18(3), 242–252. <https://doi.org/10.1080/10288457.2014.953294>
- Mallery, P., & George, D. (2000). *SPSS for windows step by step*. Allyn & Bacon, Inc. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/557542>
- Mardiansyah, F., Haryanto, H., & Gusti, D. R. (2022). Pengaruh model pembelajaran Problem Based Learning (PBL) dan kemampuan pemecahan masalah terhadap kemampuan berpikir kreatif siswa pada materi larutan penyangga. *Journal on Teacher Education*, 4(2), 293–303.
- McKenney, S., & Reeves, T.C. (2019). *Conducting Educational Design Research* (2nd ed.). New York: Routledge.
- Merrill, M.D. (2002). First Principles of Instruction. *Educational Technology Research and Development*, 50, 43–59. <https://doi.org/10.1007/BF02505024>
- Mishra, S., & Singh, A. (2017). Higher education faculty attitude, motivation and perception of quality and barriers towards OER in India. International Development Research Centre.
- Mishra, S., Sharma, R., & Singh, P. (2022). *Transformative Learning Through OER: Case Studies and Empirical Research*. Springer.
- Mulyati, T. (2015). Peningkatan hasil belajar matematika melalui pembelajaran berbasis masalah. *EduHumaniora: Jurnal Pendidikan Dasar Kampus Cibiru*, 7(2), 120–131. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Murphy, P. K., Firetto, C. M., & Greene, J. A. (2017). Enriching Students' Scientific Thinking Through Relational Reasoning: Seeking Evidence in Texts, Tasks, and Talk. *Educational Psychology Review*, 29(1), 105–117. Scopus.
- Moust, J. H. C., Van Berkel, H. J. M., & Schmidt, H. G. (2021). *Problem Based Learning: A Framework for Research on its Outcomes and Implementation Issues*. *Medical Teacher*, 43(6), 570–577. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/0142159X.2021.1890123>
- Nieveen, N. (2007). Formative Evaluation in Educational Design Research. In T. Plom & N. Nieveen (Eds.), *An Introduction to Educational Design Research* (pp. 89–102). Enschede: SLO-Netherlands Institute for Curriculum Development.
- Ningrum, M., & Puadi, E. (2023). Efektivitas Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) terhadap Peningkatan Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis Siswa SMK. *Indo-MathEdu Intellectuals Journal*, 4(3), 1568–1575.
- OECD, P. (2016). *Programme for international student assesment (PISA) results*. PISA: OECD Publishing.

- OECD. (2019). PISA 2018 assessment and analytical framework. OECD publishing.
- OECD. (2021). *The Future of Education and Skills 2030*. OECD Publishing.
- Orey, D. C. (2012). In seeking a holistic tool for ethnomathematics: Reflections on using ethnomodeling as a pedagogical action for uncovering ethnomathematical practices. *Alternative Forms of Knowing (in) Mathematics: Celebrations of Diversity of Mathematical Practices*, Query date: 2021-10-23 15:56:01, 183–203. <https://doi.org/10.1007/978-94-6091-921-3>
- Otto, D., & Kerres, M. (2022). Increasing Sustainability in Open Learning: Prospects of a Distributed Learning Ecosystem for Open Educational Resources. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.866917>
- Palincsar, A. S. (1998). Social Constructivist Perspectives on Teaching And Learning. *Annual Review of Psychology*, 49(1), 345–375. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.49.1.345>
- Panisuswari, N. P. (2023). *Metode Penelitian Kuantitatif dalam Pendidikan*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Paul, R., & Elder, L. (2019). *Critical Thinking: Tools for Taking Charge of Your Learning and Your Life*. Pearson Education.
- Paul, R., & Elder, L. (2019). *The Thinker's Guide to Socratic Questioning*. Rowman & Littlefield.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Petrides, L., Jimes, C., Middleton-Detzner, C., Walling, J., & Weiss, S. (2011). Open textbook adoption and use: Implications for teachers and learners. *Open Learning: The Journal of Open, Distance and e-Learning*, 26(1), 39–49. <https://doi.org/10.1080/02680513.2011.538563>
- Petrides, Petrides, L., Jimes, Cynthia, Middleton-Detzner, Clare, MPP, Howell, Holly, & MA. (2010). *OER as a Model for Enhanced Teaching and Learning*.
- Piaget, J. (1952). *The origins of intelligence in children*. W W Norton & Co. <https://doi.org/10.1037/11494-000>
- Piaget, J. (1976). Piaget's Theory. In B. Inhelder, H. H. Chipman, & C. Zwingmann (Eds.), *Piaget and His School* (pp. 11–23). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-46323-5_2
- Plomp, T., & Nieveen, N. (2013). *Educational Design Research - Part A: An Introduction*. Enschede, The Netherlands: SLO.

- Pradana, J. L., Zahro, L. F., & Anggrerini, R. (2021). Pengaruh Penggunaan Model Pembelajaran Berbasis Masalah terhadap Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Pendidikan Al-Ikhlash*, 9(1).
- Pratama, Y. A., Sopandi, W., & Hidayah, Y. (2019). RADEC Learning Model (Read-Answer-Discuss-Explain And CERIA): The Importance of Building Critical Thinking Skills In Indonesian Context. *International Journal for Educational and Vocational Studies*, 1(2). <https://doi.org/10.29103/ijevs.v1i2.1379>
- Pratomo, L. C., Siswandari, S., & Wardani, D. K. (2021). The Effectiveness of Design Thinking in Improving Student Creativity Skills and Entrepreneurial Alertness. *International Journal of Instruction*, 14(4), 695–712. <https://doi.org/10.29333/iji.2021.14440a>
- Putri, A. A. (2021). The effectiveness of khan academy as a science learning support to improve student's mastery of skills: Literature review. *Journal of Environmental and Science Education*, 1(2), 52–56. <https://doi.org/10.15294/jese.v1i2.50370>
- Rahmawati, R., Nugraha, D., & Sari, T. (2023). Efektivitas CERIA dalam Meningkatkan Kemandirian Belajar. *Jurnal Pendidikan Digital*, 7(2), 85–97.
- Robinson, K. (2021). *Out of Our Minds: Learning to be Creativity*. Wiley.
- Robinson, L. (2021). Investigating Critical Thinking Disposition, Self-Efficacy, Self-Regulation, and Self-Identity amongst Online Students. *Institute of Education Sciences*, 55(3), 325–337.
- Runco, M. A., & Acar, S. (2012). Divergent Thinking as an Indicator of Creative Potential. *Creativity Research Journal*, 24(1), 66–75. <https://doi.org/10.1080/10400419.2012.652929>
- Runco, M. A., & Jaeger, G. J. (2012a). The Standard Definition of Creativity. *Creativity Research Journal*, 24(1), 92–96.
- Runco, M. A., & Jaeger, G. J. (2012b). The Standard Definition of Creativity. *Creativity Research Journal*, 24(1), 92–96.
- Runco, M. A., & Jaeger, G. J. (2022). The Standard Definition of Creativity: A Framework for Research and Practice. *Creativity Research Journal*, 34(2), 126–135. <https://doi.org/10.1080/10400419.2022.1445723>
- Sadler, D. R. (2010). Beyond feedback: developing student capability in complex appraisal. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 35(5), 535–550. <https://doi.org/10.1080/02602930903541015>
- Savery, J. R. (2006). Overview of *Problem Based Learning*: Definitions and Distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem Based Learning*, 1(1), 9–20.
- Savery, J. R. (2015). Overview of *Problem Based Learning*: Definitions and distinctions. Essential Readings in *Problem Based Learning*: Exploring and

- Extending the Legacy of Howard S. Barrows, 9(2), 5–15.
<https://doi.org/10.2307/j.ctt6wq6fh.6>
- Sawyer, R. K. (2021). *The Creativity Classroom: Innovative Teaching for 21st-Century Learners*. Teacher College Press.
- Scheiter, K., Gerjets, P., & Schuh, J. (2010). The acquisition of problem-solving skills in mathematics: How animations can aid understanding of structural problem features and solution procedures. *Instructional Science*, 38(5), 487–502.
- Schunk, D. H. (2020). *Learning Theories: An Educational Perspective*. Pearson Education.
- Schunk, D. H. (2021). *Handbook of Self-Regulation of Learning and Performance*.
- Schmidt, H. G. (1993). Foundations of *Problem Based Learning*: Some explanatory notes. *Medical Education*, 27(5), 422–432. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1993.tb00296.x>
- Schmidt, H. G. (2019). Foundations of *Problem Based Learning*: The Cognitive Perspective. *Instructional Science*, 47(4), 489–507.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11251-019-09469-1>
- Schmidt, H. G., Lovens, S. M. M., Van Gog, T., & Paas, F. (2007). *Problem Based Learning* is Compatible with Human Cognitive Architecture: Commentary on Kirschner, Sweller, and Clark. *Educational Psychologist*, 42(2), 91–97.
<https://doi.org/10.1080/00461520701263426>
- Schunk, D. H., & Zimmerman, B. J. (2012). Self-Regulation and Learning. In *Handbook of Psychology, Second Edition*. Wiley.
<https://doi.org/10.1002/9781118133880.hop207003>
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum.
- Scott, D. W. (2015). *Multivariate density estimation: Theory, practice, and visualization*. John Wiley & Sons.
- Sedayu, A., Herpratiwi, H., Yulianti, D., & Distrik, I. W. (2024). Impact of OER-assisted *Problem Based Learning* on Creative Thinking and Self-Efficacy in Physics Education. *Qubahan Academic Journal*, 4(3), 748–762.
<https://doi.org/10.48161/qaj.v4n3a817>
- Sedayu, A., Herpratiwi, H., Yuliyanti, D., & Distrik, I. W. (2023). A Quantitative Study on the Effectiveness of Open Educational Resources (OER) in Enhancing Creative Thinking Skills. *Tadris: Jurnal Keguruan Dan Ilmu Tarbiyah*, 8(2), 389–398.
- Sejzi, A. A., & Aris, B. bin. (2012). Constructivist Approach in Virtual Universities. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 56, 426–431.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.672>
- Siemens, G. (2005). Connectivism: a new learning theory? *Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2(1), 1–5.

<http://elearning.surf.nl/e-learning/english/3793>

- Siemens, G. (2019). Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 6(2), 3–10.
- Siemens, G. (2021). Data-driven Learning: The Impact of Learning Analytics on Education. *Educational Technology Research and Development*, 68(3), 421–437.
- Smith, D. P., & Keyfitz, N. (2013). On the Rate of Growth of the Population of the United States since 1790 and its Mathematical Representation. In *Demogr. Res. Monogr.* (p. 293). Springer Science and Business Media B.V.; Scopus. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35858-6_32
- Smith, J., & Anderson, K. (2024). Collaboration Skills Improvement through OER in PBL Context. *Educational Research Journal*, 19(1), 30–45.
- Smith, T. I., Eaton, P., Brahmia, S. W., Olsho, A., Boudreaux, A., Depalma, C., Lasasso, V., Whitener, C., & Straguzzi, S. (2019). Using psychometric tools as a window into students' quantitative reasoning in introductory physics. In Cao Y., Wolf S., & Bennett M. (Eds.), *Phys. Educ. Res. Conf. Proc.* (pp. 560–566). American Association of Physics Teachers; Scopus.
- Stavrou, D., Duit, R., & Komorek, M. (2008). A teaching and learning sequence about the interplay of chance and determinism in nonlinear systems. *Physics Education*, 43(4), 417. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/43/4/011>
- Sternberg, R. J. (2019). The Augmented Theory of Successful Intelligence. In *The Cambridge Handbook of Intelligence* (pp. 679–708). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108770422.029>
- Sternberg, R. J. (2020). *The Nature of Creativity: Contemporary Psychological Perspectives*. Cambridge University Press.
- Stracke, C. M. (2021). *Open Educational Practices: Enhancing Collaboration and Innovation in Higher Education*. Springer.
- Sugiyono. (2008). Metode penelitian pendidikan:(pendekatan kuantitatif, kualitatif dan R & D). Alfabeta.
- Sugiyono. (2016) Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta
- Sugiyono. (2018). Metode Penelitian Kombinasi (Mix Methods). Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. (2019). Statistika untuk Penelitian. Bandung: Alfabeta.
- Sunyono. (2014). Model Pembelajaran Berbasis Multipel Representasi dalam Membangun Model Mental dan Penguasaan Konsep Mahasiswa Kimia Dasar. Program Pascasarjana Pendidikan Sains, Universitas Negeri Surabaya

- Sukackè, V., Guerra, A. O. P. de C., Ellinger, D., Carlos, V., Petronienė, S., Gaižiūnienė, L., Blanch, S., Marbà-Tallada, A., & Brose, A. (2022). Towards Active Evidence-Based Learning in Engineering Education: A Systematic Literature Review of PBL, PjBL, and CBL. *Sustainability*, 14(21), 13955. <https://doi.org/10.3390/su142113955>
- Suryani, Z., & Rostika, D. (2023). Meningkatkan Kreativitas Siswa Kelas 1 SD Melalui Program Semester Kurikulum Merdeka Materi SBDP. *Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 3(2), 09–16.
- Taherdoost, H. (2018). Validity and Reliability of Research Instruments: How to Test the Validation of a Questionnaire/ Survey in a Research. *International Journal of Academic Research in Management*, 7(3), 25–36.
- Tanzillal, M. I., Balqis, P., Qolbi, R. Z., & Bullaili, U. K. (2024). *Analisis Ketersediaan Peralatan , Bahan Ajar dan Keterlaksanaan Kegiatan Praktikum Pada Laboratorium Pendidikan Fisika Prodi Tadris Fisika , Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan , Universitas Islam Negeri Syarif*. 2(6), 729–735.
- Te Winkel, W., Rikers, R., & Schmidt, H. G. (2006). Digital support for a constructivist approach to education: The case of a problem-based psychology curriculum. *Problem Based Learning Online*, 13–32.
- Tessmer, O. L., Jiao, Y., Cruz, J. A., Kramer, D. M., & Chen, J. (2013). Functional approach to high-throughput plant growth analysis. *BMC Systems Biology*, 7(S6), S17. <https://doi.org/10.1186/1752-0509-7-S6-S17>
- Tlili, A., Burgos, D., Huang, R., Mishra, S., Sharma, R. C., & Bozkurt, A. (2021). An Analysis of Peer-Reviewed Publications on Open Educational Practices (OEP) from 2007 to 2020: A Bibliometric Mapping Analysis. *Sustainability*, 13(19), 10798. <https://doi.org/10.3390/su131910798>
- Tomlinson, C. A. (2001). How to differentiate instruction in mixed-ability classrooms. Ascd.
- Torrance, E. P. (1987). Teaching for creativity. *Frontiers of Creativity Research: Beyond the Basics*, 189, 215.
- Torrance, E. P. (2018). *The Nature of Creativity as Manifest in its Testing*. Cambridge University Press.
- Trust, T., Maloy, R. W., & Edwards, S. (2023). College student engagement in OER design projects: Impacts on attitudes, motivation, and learning. *Active Learning in Higher Education*, 24(3), 353–371. <https://doi.org/10.1177/14697874221081454>
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st Century Skills: Learning for Life in Our Times* (Jossey-Bass (ed.)).
- Tuna, A., & Nabawi, R. (2020). The Effect of *Problem Based Learning* on Students' Creativity in Science Learning. *Journal of Science Education*, 14(2), 88–101.

- Tyas, R. (2017). Kesulitan penerapan Problem Based Learning dalam pembelajaran matematika. *Jurnal Tecnoscienza*, 2(1), 43–52.
- UNESCO. (2019). *Open Educational Resources (OER): Transforming Education through Knowledge Sharing* (Issue September). UNESCO Publishing.
- UNESCO. (2021). *Education for the Future: Global Trends and Challenges*. UNESCO Publishing.
- Van Berkel, H. J. M., & Dolmans, D. H. J. M. (2006). The influence of tutoring competencies on problems, group functioning and student achievement in *Problem Based Learning*. *Medical Education*, 40(8), 730–736. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2929.2006.02530.x>
- Varma, S. G., & Ren, X. (2023). *An initiative to develop OER-based general education courses in higher education*. *Open Praxis*, 15(2), 124–133.
- Veletsianos, G. (2022). *Learning in Digital Contexts: Challenges and Opportunities*. University Press.
- Vischers-Pleijers, A. J. S. F., Dolmans, D. H. J. M., Wolfhagen, I. H. A. P., & van der Vleuten, C. P. M. (2021). Exploring the Quality of Group Discussions in *Problem Based Learning*. *Higher Education*, 61(4), 357–372. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10734-020-00584-x>
- Von Bertalanffy, L. (1968). *General System Theory: Foundations, Development*. George Braziller.
- Voon, S. H., & Amran, M. S. (2021). *Pengaplikasian Teori Pembelajaran Konstruktivisme dalam Pembelajaran Matematik* [Application of Constructivism Learning Theory in Mathematical Learning]. *Jurnal Sains Insani*, 6 (2), 73–82.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: Development of higher psychological processes*. Harvard university press.
- Vygotsky, L. S. (2020). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.
- Walker, C., Nolen, T., Du, J., & Davis, H. (2019). *Applying Design Thinking*: 19–19. <https://doi.org/10.1145/3347709.3347775>
- Wiener, N. (2019). *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*. The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/11810.001.0001>
- Wiley, D., Bliss, T. J., & McEwen, M. (2014). Open Educational Resources: A Review of the Literature. In *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (pp. 781–789). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_63
- Wiley, D., & Hilton, J., III. (2009). Openness, dynamic specialization, and the disaggregated future of higher education. *International Review of Research*

- in Open and Distributed Learning*, 10(5), 1–16.
<https://doi.org/10.19173/irrodl.v10i5.768>
- Wiley, D., & Hilton Iii, J. L. (2018). Defining OER-enabled pedagogy. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 19(4).
<https://doi.org/10.19173/irrodl.v19i4.3601>
- Wiley, D., Hilton, J., & Bliss, T. (2022a). Defining OER-Enabled Pedagogy: The Role of Openness in Teaching and Learning. *Journal of Open, Flexible, and Distance Learning*, 26(1), 45–63.
- Wiley, D., Bliss, T. J., & McEwen, M. (2014). Open Educational Resources: A Review of the Literature. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (pp. 781–789). Springer New York.
- Wilson, L. O. (2016). Blooms Taxonomy Revised - Understanding the New Version of Bloom's Taxonomy. *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*, 1(1), 1–8.
- Wilson, D., & Simmons, J. (2020). Physics Education in the Digital Era: Enhancing Conceptual Understanding through Virtual Labs. *Journal of Sciences Education*, 29(3), 112–130.
- Winner, E., Goldstein, T. R., & Vincent-Lancrin, S. (2013). Art for art's sake. The Impact of Arts Education. OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/9789264180789-en>
- Woolfolk, A. (2016). *Educational psychology*. Pearson.
- World Economic Forum. (2022). The future of jobs report 2020 | world economic forum. *The Future of Jobs Report, October*, 1163.
<https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020/digest>
- Wu, X.-Y. (2024). *Unveiling the dynamics of self-regulated learning in project-based learning environments*. *Heliyon*, 10, e27335.
- Yew, E. H. J., & Schmidt, H. G. (2009). Evidence for Constructivist Learning in PBL. *Advances in Health Sciences Education*, 14(2), 251–273.
- Yu, H. (2024). Enhancing creative cognition through project-based learning: An in-depth scholarly exploration. *Heliyon*, 10(6), e27706.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27706>
- Yu, Z., Guindani, M., Grieco, S. F., Chen, L., Holmes, T. C., & Xu, X. (2022). Beyond t test and ANOVA: applications of mixed-effects models for more rigorous statistical analysis in neuroscience research. *Neuron*, 110(1), 21–35. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2021.10.030>
- Yuan, L., MacNeill, S., & Kraan, W. (2020). Open Educational Resources- Opportunities and Challenges. *Journal of Open Learning and Technology*, 6(2), 98–114.

- Yusuf, A., Rahman, B., & Wulandari, D. (2020). Peningkatan Pemahaman Konsep Fisika melalui PBL. *Jurnal Sains Dan Pembelajaran*, 8(4), 200–215.
- Zhang, R., Shi, J., & Zhang, J. (2023). Research on the Quality of Collaboration in Project-Based Learning Based on Group Awareness. *Sustainability*, 15(15), 11901. <https://doi.org/10.3390/su151511901>
- Zimmerman, B. J. (2020). A social cognitive view of self-regulated academic learning. *Journal of Educational Psychology*, 81(3), 329. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.81.3.329>