

**IMPLEMENTASI PjBL-STEM BERBASIS ESD
(*EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT*)
PADA TOPIK ENERGI TERBARUKAN UNTUK
MENINGKATKAN KEMAMPUAN
BERPIKIR SISTEM**

(Skripsi)

Oleh

**TEDDY KURNIAWAN
NPM 1913022039**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

IMPLEMENTASI PjBL-STEM BERBASIS ESD (*EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT*) PADA TOPIK ENERGI TERBARUKAN UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR SISTEM

Oleh

Teddy Kurniawan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan pengaruh pembelajaran PjBL-STEM Berbasis ESD (*Education for Sustainable Development*) untuk meningkatkan kemampuan berpikir sistem peserta didik pada topik energi terbarukan. Penelitian ini dilakukan di SMAN 1 Menggala dan Sampel yang digunakan, yaitu peserta didik kelas XI IPA 3 dan XI IPA 5 Tahun Ajaran 2022/2023. Desain Penelitian yang digunakan, yaitu *non-equivalent control group design*. Instrumen penelitian yang digunakan adalah soal tes pilahan ganda. Pembelajaran dengan menerapkan model PjBL-STEM berbasis ESD mampu meningkatkan kemampuan berpikir sistem peserta didik hal ini terlihat dari rata-rata *N-Gain* pada kelas eksperimen sebesar 0,63 lebih besar dari pada kelas kontrol dengan nilai rata-rata *N-Gain* sebesar 0,40 dengan kategori sedang. Berdasarkan data tersebut menunjukkan bahwa kemampuan berpikir sistem peserta didik mempunyai perbedaan yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Serta didukung oleh data hasil uji hipotesis *Independent Sample T-Test* diperoleh nilai Sig. (*2 tailed*) $< 0,05$, maka dapat diambil keputusan bahwa Implementasi PjBL-STEM berbasis ESD dapat meningkatkan kemampuan berpikir sistem peserta didik pada topik energi terbarukan.

Kata kunci: PjBL-STEM, ESD (*Education for Sustainable Development*), Kemampuan Berpikir Sistem.

**IMPLEMENTASI PjBL-STEM BERBASIS ESD
(*EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT*)
PADA TOPIK ENERGI TERBARUKAN UNTUK
MENINGKATKAN KEMAMPUAN
BERPIKIR SISTEM**

Oleh

Teddy Kurniawan

Skripsi

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

Pada

**Program Studi Pendidikan Fisika
Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi

**: IMPLEMENTASI PjBL-STEM
BERBASIS ESD (*EDUCATION FOR
SUSTAINABLE DEVELOPMENT*) PADA
TOPIK ENERGI TERBARUKAN UNTUK
MENINGKATKAN KEMAMPUAN
BERPIKIR SISTEM**

Nama Mahasiswa

: *Teddy Kurniawan*

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1913022039

Program Studi

: Pendidikan Fisika

Jurusan

: Pendidikan MIPA

Fakultas

: Keguruan dan Ilmu Pendidikan



1. Komisi Pembimbing

Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.
NIP. 19681210 199303 1 002

Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd.
NIP. 19600301 198503 1 003

2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA

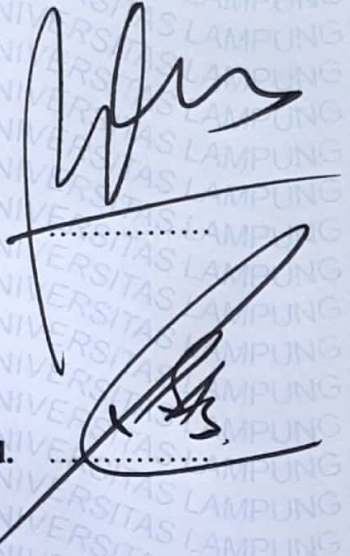
Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd.
NIP. 19600301 198503 1 003

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.



Sekretaris

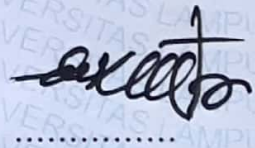
: Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd.



Penguji

Bukan Pembimbing

: Dr. I Wayan Distrik, M.Si.



Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan



Prof. Dr. Sunyono, M.Si.

NIP. 19651230 199111 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 16 Agustus 2023

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini adalah:

Nama : Teddy Kurniawan
NPM : 1913022039
Fakultas/Jurusan : KIP/ Pendidikan MIPA
Program Studi : Pendidikan Fisika
Alamat : Jl. Akasia Lk. Gunung Sakti, RT. 001 RW. 002,
Kec. Menggala, Kel. Menggala Selatan Kab. Tulang
Bawang.

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

Bandar Lampung, 16 Agustus 2023



Teddy Kurniawan
1913022039

RIWAYAT HIDUP

Penulis Skripsi ini bernama Teddy Kurniawan, dilahirkan di Menggala Kab. Tulang bawang pada tanggal 22 Juni 2001 sebagai anak keempat dari pasangan Bapak Mursalin Perwatin dan Ibu Sinaryati Patih. Penulis mengawali pendidikan formal pada tahun 2006 sebagai siswa di Sekolah TKN Menggala dan lulus pada tahun 2007, kemudian penulis melanjutkan Pendidikan di SDN 01 Gunung Sakti. Pada tahun 2013, penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 2 Menggala. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 1 Menggala dan lulus pada tahun 2019. Pada tahun yang sama penulis diterima dan terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika di Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menempuh pendidikan sebagai mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika penulis aktif dalam berbagai macam kegiatan organisasi. Penulis pernah menjadi Ketua Divisi Minat dan Bakat dari Aliansi Mahasiswa Pendidikan Fisika (Almafika) pada tahun 2020, selain itu Penulis juga pernah menjadi Ketua Divisi Pembinaan dari Aliansi Mahasiswa Pendidikan Fisika (Almafika) pada tahun 2021, serta menjadi staf bidang usaha Koperasi Mahasiswa (Kopma Unila). Penulis juga melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada tahun 2022 di Kecamatan Banjar Agung, Desa Tunggal Warga, Kabupaten Tulang Bawang. Kegiatan tersebut juga bersamaan dengan pelaksanaan Pengenalan Lapangan Persekolahan (PLP) 1 dan 2 yang dilaksanakan di SMP IT Nurul Iman.

MOTTO

“Sesungguhnya Allah SWT bebas melaksanakan kehendak-Nya, dia telah menjadikan untuk setiap sesuatu menurut takarannya”

(Q.S. At-Thalaq:3)

"Tingkat kebahagiaan tertinggi adalah mensyukuri apa yang di miliki"

(Teddy Kurniawan)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah rabbil 'alamin, dengan mengucapkan syukur atas kehadiran Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, serta shalawat beriring salam selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW. Bersama rasa syukur yang mendalam, penulis mempersembahkan karya tulis ini sebagai rasa tanggung jawab dalam menyelesaikan pendidikan serta tanda bakti kasih sayang yang tulus kepada:

1. Kedua Orang tua tercinta, Aby Mursalin Perwatin dan Memeh Sinaryati Patih yang tidak henti-hentinya memberikan kasih sayang, mendidik, memotivasi dan mendoakan saya selalu, Semoga Allah SWT senantiasa memberikan kesehatan dan umur yang panjang hingga saya dapat membahagiakan kalian;
2. Kakak-kakak tercinta Mira Santi, S.Pd., Tommy Anggara, S.P., Mirnawati, S.Pd., dan adik saya Tyo Mardiyana yang selalu memberikan kasih sayang, doa serta dukungannya;
3. Keluarga besar yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi, dan semangat;
4. Para pendidik yang telah mengajarkan ilmu pengetahuan dan pengalaman, serta senantiasa memberikan bimbingan terbaik kepada penulis dengan tulus dan ikhlas;
5. Sahabat dan teman-teman yang setia menemani dalam perjuangan;
6. Almamater tercinta Universitas Lampung.

SANWACANA

Alhamdulillah rabbil'alamin segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pendidikan di FKIP Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Bapak Prof. Dr. Sunyono, M.Si., selaku Dekan FKIP Universitas Lampung;
3. Bapak Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA, sekaligus Pembimbing II atas kesabaran dan keikhlasan dalam memberikan kritik dan saran yang membangun kepada penulis selama menyelesaikan skripsi.
4. Ibu Dr. Viyanti, S.Pd., M.Pd., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika;
5. Bapak Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si., selaku Pembimbing Akademik sekaligus Pembimbing I atas kesabarannya dalam memberikan bimbingan, arahan dan motivasi kepada penulis selama menyelesaikan skripsi;
6. Bapak Dr. I Wayan Distrik, M.Si., selaku Pembahas yang selalu memberikan arahan dan saran untuk perbaikan skripsi ini;
7. Bapak dan Ibu Dosen serta staf Program Studi Pendidikan Fisika dan Jurusan Pendidikan MIPA Universitas Lampung yang telah membimbing penulis dalam setiap proses pembelajaran;
8. Ibu Sitinursiah, M.Pd., selaku Kepala Sekolah SMAN 1 Menggala yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melaksanakan penelitian;

9. Ibu Wenni Sintia, S.Pd., selaku guru mata pelajaran fisika SMAN 1 Menggala yang telah banyak membantu dan bekerja sama dalam melaksanakan penelitian;
10. Seluruh Bapak dan Ibu dewan guru SMAN 1 Menggala, beserta staf tata usaha yang membantu penulis dalam melakukan penelitian;
11. Siswa dan siswi kelas XI MIPA 3 dan XI MIPA 5 SMAN 1 Menggala atas bantuan dan kerjasamanya selama penelitian berlangsung;
12. Nona pemilik NPM 1913022009 yang telah mebersamai penulis selama penyusunan dan pengerjaan skirpsi dalam kondisi apapun. Terimakasih telah menjadi rumah yang tidak hanya berupa tanah dan bangunan.
13. Sahabat *family netherlands* yang selalu memberikan keceriaan saat merasa jenuh di kampus, yaitu Nong, Meita, Anis, Syifa, Tria, Fijri, Yulinda, Fajri dan Dana;
14. Keluarga besar CABE (Club Akademik Prof. Abe);
15. Teman-teman seperjuangan Sigma 19 (Sinergi Mahasiswa) Pendidikan Fisika angkatan 2019);
16. Kepada semua pihak yang terlibat dalam membantu penyelesaian penyusunan skripsi ini.

Semoga Allah melimpahkan rahmat dan nikmat kepada kita semua serta semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menjadi tambahan referensi untuk penelitian lain.

Bandar Lampung, 16 Agustus 2023

Teddy Kurniawan
NPM 1913022039

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	6
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Kerangka Teoritis.....	8
2.1.1 Teori Pendekatan STEM (<i>Science, Technology, Engineering, and Mathematics</i>)	8
2.1.2 Model Pembelajaran <i>Project Based Learning</i> (PjBL)-STEM ..	11
2.1.3 <i>Education for Sustainable Development</i> (ESD).....	13
2.1.4 Kemampuan Berpikir Sistem (<i>System Thinking Skils</i>)	16
2.1.5 Energi Terbarukan	17
2.1.6 Teori Konstruktivisme	19
2.2 Pemetaan Materi	21
2.3 Penelitian yang Relevan	22
2.4 Kerangka Pemikiran.....	23
2.5 Anggapan Dasar	25
2.6 Hipotesis Penelitian.....	25
III. METODE PENELITIAN.....	26
3.1 Pelaksanaan Penelitian	26
3.2 Populasi dan Sampel Penelitian.....	26
3.3 Variabel Penelitian	26
3.4 Desain Penelitian	27
3.6 Istrumen Penelitian	30
3.7 Analisis Instrumen Penelitian.	30
3.7.1 Uji Validitas	30
3.7.2 Uji Reliabilitas	32
3.8 Teknik Pengumpulan Data	33
3.9 Teknik Analisis Data.....	34

3.9.1	Menghitung <i>N-Gain</i>	34
3.9.2	Uji Normalitas.....	35
3.9.3	Uji Homogenitas	35
3.10	Pengujian Hipotesis.....	36
3.10.1	Uji <i>Independent Sampel T-Test</i>	36
3.10.2	Uji <i>Effect Size</i>	36
3.10.3	Uji <i>Analysis of Covariance (ANCOVA)</i>	37
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1	Hasil Penelitian.....	38
4.1.1	Pelaksanaan Penelitian.....	38
4.1.2	Analisis Data Hasil Penelitian.....	39
4.1.3	Pengujian Hipotesis	41
4.2	Pembahasan	44
V.	SIMPULAN DAN SARAN.....	53
5.1	Simpulan.....	53
5.2	Saran.....	53
	DAFTAR PUSTAKA.....	55
	LAMPIRAN	62

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Definisi Literasi STEM	9
2. Sintaks PjBL-STEM.....	13
3. Isu-isu yang dapat Dikaitkan dalam ESD.....	15
4. Indikator Berpikir Sistem	17
5. Pemetaan Materi	21
6. Penelitian yang Relevan	22
7. Desain Eksperimen <i>Pretest Posttest Control Group Design</i>	27
8. Tahap Pelaksanaan pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol.....	29
9. Hasil Uji Validitas.....	31
10. Kriteria Nilai <i>Cronbach's Alpha</i>	32
11. Klasifikasi Rata-rata <i>N-Gain</i>	34
12. Interpretasi Uji Homogenitas.....	35
13. Interpretasi <i>Effect Size</i>	37
14. Hasil <i>Pretest</i> dan <i>Posttes</i> Kemampuan Berpikir Sistem Kedua Kelas.	39
15. Data Perolehan Skor <i>N-gain</i> Kemampuan Berpikir Sistem	40
16. Hasil Uji Normalitas	40
17. Hasil Uji Homogenitas	41
18. Hasil Uji <i>Independent Sample T-Test</i>	42
19. Hasil Uji <i>Analysis of Covariance</i> (ANCOVA).....	43
20. Hasil Uji <i>Effect Size</i>	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Integrasi Model PjBL dan STEM	11
2. ESD Model (Sumber: Shohel & Howes, 2011).....	14
3. Hubungan Berpikir Sistem, Berpikir Analitik, dan Berpikir Statistik Saling Melengkapi.	16
4. Kerangka Pemikiran.....	24
5. Grafik Hasil Rata-rata <i>N-gain</i>	44
6. Grafik Ketercapaian Indikator Berpikir Sistem.....	45
7. Contoh Jawaban Siswa di LKPD pada Tahap <i>Reflection</i>	47
8. Diskusi Kelompok Pada Tahap <i>Research</i>	48
9. Contoh Rancangan Produk	49
10. Pembuatan <i>Powerbank</i> Bertenaga Surya	49
11. Proses Uji Coba Produk	50
12. Tahapan Mengkomunikasikan Hasil Produk.....	51

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era globalisasi saat ini ilmu pengetahuan dan teknologi berkembang sangat pesat. Hal tersebut secara tidak langsung menuntut generasi masa kini untuk siap menghadapi perkembangan yang ada. Salah satu yang harus dipersiapkan adalah Pendidikan. Pendidikan abad ke-21 diperlukan untuk dapat membentuk generasi yang kreatif, inovatif, dan kompetitif (Surani, 2019). Pendidikan pada abad ke-21 menuntut peserta didik untuk mempunyai *mindset* dan pola pikir yang luas. Keterampilan yang harus dimiliki oleh peserta didik saat ini, yaitu mencakup keterampilan berpikir kritis (*critical thinking*), pemecahan masalah (*problem solving*), kolaborasi (*collaboration*), komunikasi (*communication*), dan kreativitas (*creative*) (Zubaidah, 2019). Pembelajaran di sekolah sangat berperan penting dalam mewujudkan keterampilan-keterampilan tersebut. Di sekolah peserta didik mempelajari berbagai ilmu pengetahuan, salah satunya adalah ilmu fisika.

Fisika merupakan salah satu ilmu sains yang menguraikan gejala-gejala alam di sekitar berdasarkan struktur logika, kemudian menemukan aturan atau hukum alam yang dapat menerangkan gejala tersebut (Amin dan Sulistiyono, 2021). Pemahaman konsep merupakan salah satu indikator penting dalam keberhasilan belajar fisika, karena dalam belajar fisika peserta didik dituntut untuk memahami konsepnya bukan hanya sekedar menghafal teori. Pembelajaran fisika memiliki tujuan diantaranya mengembangkan pengetahuan, pemahaman, dan kemampuan analisis terhadap lingkungan dan sekitarnya (Azizah dkk.,2015).

Di dalam pembelajaran fisika peserta didik akan selalu berhadapan dengan permasalahan yang berkaitan erat dengan alam dan lingkungan sekitar yang merupakan salah satu fokus dalam pembangunan berkelanjutan. Fisika merupakan salah satu pembelajaran yang mendukung tercapainya *Sustainable Development Goals* (SDGs) atau pembangunan yang berguna untuk menjaga keseimbangan dunia tanpa merugikan generasi mendatang (Kiswanda *et al.*, 2022). Dapat dikatakan bahwa pembelajaran fisika mengambil peran penting dalam terciptanya *Education for Sustainable Development* (ESD). Pembelajaran fisika yang dipadukan dalam prinsip pembangunan berkelanjutan dapat dijadikan sebagai sudut pandang yang luas dalam tumbuhnya sikap rasa ingin tahu dan ide-ide baru (Kiswanda *et al.*, 2022).

UNESCO (2021) mencanangkan, *Education for Sustainable Development: menuju pencapaian SDGs* (ESD untuk 2030) adalah kerangka kerja global untuk implementasi ESD periode 2020-2030, ESD untuk tahun 2030 dibangun di atas pelajaran yang dipetik dari Program Aksi Global tentang ESD dan bertujuan untuk memperkuat kualitas dan relevansi pembelajaran melalui peninjauan kembali tujuan dan nilai-nilai yang mendukung pendidikan dalam rangka mengembangkan pengetahuan, keterampilan, nilai-nilai dan sikap yang diperlukan untuk mencapai SDGs.

ESD merupakan pendidikan yang berprinsip pada pembangunan yang berkelanjutan. Konferensi dunia tentang pengembangan pendidikan untuk berkelanjutan, mendefinisikan ESD sebagai "pendekatan untuk pengajaran dan pembelajaran berdasarkan cita-cita dan prinsip-prinsip yang mendasari berkelanjutan" termasuk dengan isu-isu utama meliputi hak asasi manusia, pengurangan kemiskinan, mata pencaharian berkelanjutan, perubahan iklim, gender kesetaraan, tanggung jawab sosial dan perlindungan budaya asli secara integral (Kopnina *and* Meijers, 2014). Semua ini merupakan pendekatan komprehensif untuk pendidikan dan pembelajaran berkualitas. Pada tahun 2030, semua peserta didik dipastikan memperoleh pengetahuan dan keterampilan yang dibutuhkan untuk mempromosikan pembangunan

berkelanjutan (Budiastra *et al.*, 2021). UNESCO (2020) menyatakan ESD dapat memberdayakan peserta didik untuk memberikan perubahan dengan mengembangkan pengetahuan, keterampilan, sikap, kompetensi, dan nilai-nilai yang diperlukan yang salah satunya adalah kemampuan kompleks *problem solving*. Kemampuan ini akan berkembang jika siswa dilatihkan berpikir secara sistemik yang disebut kemampuan berpikir sistem.

Berdasarkan hasil wawancara peneliti dengan pendidik bidang studi fisika di SMA Negeri 1 Menggala yang dilaksanakan pada tanggal 24 Oktober 2022. Proses pembelajaran belum sampai satu tahun dalam pelaksanaan secara tatap muka langsung atau *offline*, hal ini disebabkan karena sebelumnya masih dalam situasi dan kondisi pandemi, sehingga masih dalam tahap penyesuaian. Didalam pembelajarannya guru sudah menggunakan media pembelajaran berupa *Power Point Persentation* (PPT) yang dihubungkan dengan LCD Proyektor agar mempermudah peserta didik dalam menerima nalar yang diberikan. Kegiatan pembelajaran dilakukan menggunakan metode ceramah dan diskusi dengan pendekatan saintifik. Metode ini dirasa kurang memberikan dampak bagi siswa terutama dalam pemahaman konsep serta pemecahan masalah baik yang sederhana hingga masalah yang cukup kompleks. Pendidik mengatakan bahwa didalam pembelajaran kurang adanya partisipasi aktif dari siswa, proses pembelajaran masi mengandalkan guru sebagai pemberi informasi terkait materi, peserta didik masih rendah dalam memecahkan permasalahan pada pembelajaran. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan berpikir sistem peserta didik masih rendah, oleh karena itu kemampuan berpikir sistem sangat diperlukan dalam pemecahan masalah.

Kemampuan berpikir sistem atau *system thinking* akan menunjang proses pembelajaran yang dapat mempermudah siswa dalam pemecahan masalah dan memahami konsep. Pentingnya kemampuan berpikir sistem agar peserta didik dapat mengetahui masalah yang saling berhubungan antar komponen dalam proses pembelajaran dan mencari strategi untuk menyelesaikan masalah pembelajaran sehingga meningkatkan kualitas proses pembelajaran (Casnas *et*

al., 2022). Dengan kemampuan berpikir sistem siswa akan mampu mengenali dan memahami hubungan, mampu menganalisis sistem yang kompleks, dan mampu menghadapi ketidakpastian. Berpikir sistem merupakan salah satu jenis pemikiran yang bersifat kompleks dan dibutuhkan siswa dalam pembelajaran fisika (Nuraeni dkk., 2020).

Berdasarkan studi kasus dilapangan, bahwa salah satu permasalahan kondisi lingkungan sekolah yang menjadi tempat penelitian, yaitu Menggala Kabupaten Tulang Bawang merupakan wilayah yang berada didataran rendah dan beriklim tropis serta mempunyai cuaca yang panas, dengan ketinggian antara 2 Mdpl s/d 44 Mdpl. Selain itu, dibeberapa wilayah lingkungan sekitar masih belum terjangkau oleh adanya listrik, sehingga warga masih menggunakan genset sebagai sumber energinya. Dilatarbelakangi oleh permasalahan tersebut siswa dapat melatih kemampuan berpikir sistem dengan mengimplementasikan keterampilannya membuat alat peraga *power bank* untuk mengisi daya baterai *handphone* yang memanfaatkan cahaya matahari sebagai sumber energinya. Produk ini dapat membantu dan memudahkan dalam pengisian baterai saat tidak ada listrik bahkan saat diluar ruangan sekalipun, serta lebih hemat karena menggunakan cahaya matahari sebagai sumber tenaganya. Ini sejalan dan mendukung tercapainya tujuan dari *Education for Sustainable Development (ESD)*, dimana peserta didik dapat mengimplementasikan pembelajaran dengan memperhatikan dampak terhadap lingkungan sekitar, sosial dan perekonomian yang berkelanjutan.

Selain itu, solusi yang ditawarkan juga yaitu dengan menerapkan model dan pendekatan yang berpusat pada siswa adalah PjBL (*Project Based Learning*) yang di integrasikan dengan pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). PjBL-STEM merupakan suatu model pembelajaran yang menekankan pada proses mendesain sampai proses menghasilkan produk (Erlinawati dkk., 2019). Pengetahuan akan menjadi lebih bermakna jika proses pembelajaran diintegrasikan kedalam aspek aspek yang terkandung didalam STEM (Mulyani, 2019).

Beberapa manfaat dari pendekatan STEM membuat siswa mampu memecahkan masalah menjadi lebih baik, inovator, inventors, mandiri, pemikir logis, dan literasi teknologi (Stohlmann *et al.*, 2012). Pembelajaran STEM digunakan sebagai alternatif pembelajaran karena siswa dapat berlatih untuk menerapkan pengetahuannya dalam membuat desain pemecahan masalah yang relevan dengan lingkungan sekitar dengan memanfaatkan teknik dan teknologi. Hasil penelitian dari Wibowo (2018) menyatakan bahwa penerapan pendekatan STEM dalam pembelajaran fisika dapat meningkatkan keterampilan ilmiah peserta didik. Selain itu, pengajaran dan pembelajaran yang berkaitan dengan STEM) sangat relevan dengan pembangunan berkelanjutan (Hopkinson *and* James, 2010).

Pendidikan yang baik akan memberikan manusia budi pekerti yang luhur dan berkah alam semesta, memenuhi kebutuhan dengan memperhatikan kebutuhan generasi sekarang dan yang akan datang. Berpikir mengenai keberlanjutan bumi yang terus berkembang, mencakup pembangunan dari perspektif ekonomi, sosial dan lingkungan. Karena itu, dibutuhkan pembelajaran PjBL-STEM yang berbasis pada pendidikan pembangunan berkelanjutan, untuk membangun kesadaran dan sikap peserta didik terhadap pentingnya pemeliharaan lingkungan dan harmonisasi sosial ekonomi yang berkelanjutan, sehingga menjadi salah satu alternatif dalam meningkatkan kemampuan berpikir sistem peserta didik, agar dapat memecahkan masalah yang berkaitan dengan isu-isu berkelanjutan. Hal ini didukung oleh hasil observasi di sekolah, maka peneliti telah melakukan penelitian yang berjudul “Implementasi PjBL-STEM berbasis *Education for Sustainable Development* (ESD) pada Topik Energi Terbarukan untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Sistem”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu apakah terdapat perbedaan kemampuan berpikir sistem peserta didik antara kelas yang menggunakan PjBL-STEM

berbasis ESD (*Education for Sustainable Development*) dengan kelas konvensional pada topik energi terbarukan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat dan mendeskripsikan perbedaan kemampuan berpikir sistem peserta didik antara kelas yang menggunakan PjBL-STEM berbasis ESD (*Education for Sustainable Development*) dengan kelas konvensional pada topik energi terbarukan.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat bagi berbagai pihak, diantaranya:

1. Bagi pendidik dapat membantu pendidik dalam meningkatkan kemampuan berpikir sistem peserta didik dengan menggunakan PjBL-STEM berbasis ESD (*Education for Sustainable Development*).
2. Bagi peserta didik dapat menambah wawasan dan pemahaman pada materi energi terbarukan serta melatih meningkatkan kemampuan berpikir sistem melalui PjBL-STEM berbasis ESD.
3. Bagi peneliti dapat digunakan sebagai tolak ukur dalam poses pembelajaran menggunakan PjBL-STEM, sehingga dapat diperbaiki pada pembelajaran selanjutnya.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup atau batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini menggunakan model pembelajaran PjBL-STEM, dimana dalam proses pembelajarannya lebih menekankan pada proses desain dan pemecahan masalah dalam kehidupan nyata. Model PjBL-STEM ini

menggunakan indikator menurut Laboy Rush (2010), dengan sintaks *Reflection, Research, Discovery, Application, Communication*.

2. Penelitian ini menggunakan pendekatan STEM, yang mengintegrasikan empat bidang, yaitu *Science, Technology, Engginering, and Mathematics* menjadi kesatuan.
3. Penelitian ini menggunakan pembelajaran berbasis *Education for Sustainable Development (ESD)*, yaitu suatu pembelajaran berdasarkan cita-cita dan prinsip berkelanjutan, dengan dilatarbelakangi berdasarkan studi kasus yang ada dilapangan dan lingkungan tempat penelitian.
4. Penelitian ini berorientasi pada kemampuan berpikir sistem (*system thinking skills*) menurut Meilinda (2018) dengan indikator, yaitu mampu mengenali struktur dan peran dari komponen dalam sistem, mampu menganalisis interaksi komponen dalam sistem, mampu menganalisis pola atau permodelan dalam sistem, dan mampu memprediksi/retropeksi prilaku sistem akibat interaksi dalam sistem.
5. Materi yang disajikan dalam penelitian ini adalah materi Energi Terbarukan kelas XII semester 2 pada KD 3.11 Menganalisis keterbatasan sumber energi dan dampaknya bagi kehidupan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kerangka Teoritis

2.1.1 Teori Pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*)

STEM adalah bentuk instruksi integratif yang menggabungkan empat disiplin ilmu, yaitu sains, teknologi, teknik, dan matematika. STEM dikembangkan untuk menghasilkan pembelajaran yang bermakna melalui integrasi pengetahuan, konsep dan keterampilan secara sistematis (Tseng *et al.*, 2013). Empat bidang yang harus dimasukkan dalam desain sistem pengetahuan untuk memungkinkan siswa memperoleh pengetahuan terkait STEM, yaitu: penerapan konsep sains, konsep sistem dan rekayasa, matematika terapan, dan teknologi (Lou *et al.*, 2011). Menurut Sandall *et al* (2018) STEM terintegrasi melibatkan integrasi sains, teknologi, teknik, dan matematika serta bidang studi lainnya melalui pengalaman belajar berbasis proyek yang membutuhkan penerapan pengetahuan untuk memecahkan masalah dunia nyata yang otentik dalam lingkungan kolaboratif untuk kepentingan siswa. Oleh karena itu, dalam proses pembelajaran dengan pendekatan STEM, peserta didik akan membutuhkan jenis alat dan bahan yang dapat membantu untuk melakukan proses investigasi terkait solusi terhadap permasalahan yang ada dalam kehidupan nyata (Abdurrahman *et al.*, 2019). Penelitian dari Rosidin *et al* (2019) mengungkapkan bahwa, pembelajaran STEM mampu memberikan pengaruh terhadap peningkatan belajar siswa, dengan menggunakan pendekatan STEM, siswa tidak hanya menghafal konsep tetapi juga

memahami konsep yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari. Berdasarkan pada perspektif pendidikan, pengenalan STEM dapat berupa berbagai kegiatan, namun secara umum, biasanya mencakup penggantian strategi pengajaran konvensional dengan lebih banyak penyelidikan dan pendekatan berbasis proyek (Breiner *et al.*, 2012). Pada pembelajaran STEM peran guru bukan sebagai ahli yang bertugas untuk mentransfer pengetahuan, namun sebagai pembimbing peserta didik dalam proses pembelajaran, mengarahkan mereka untuk mengembangkan keterampilan, dan membantu dalam mencari atau mengembangkan pemahamannya sendiri dari proses pembelajaran (Zamista, 2018). Beberapa manfaat dari pendekatan STEM membuat siswa mampu memecahkan masalah menjadi lebih baik, inovator, inventors, mandiri, pemikir logis, dan literasi teknologi (Stohlmann *et al.*, 2012). Penerapan STEM dapat mengembangkan pengetahuan dan keterampilan kognitif siswa yang terintegrasi seperti keterampilan pemecahan masalah, melalui konteks otentik (Chen *et al.*, 2019). Hal ini juga didukung oleh Davidi dkk (2021) mengatakan bahwa pembelajaran dengan menggunakan STEM akan memunculkan keterampilan dalam diri siswa, seperti kemampuan menyelesaikan masalah dan kemampuan melakukan penyelidikan.

Selain itu, STEM juga dapat meningkatkan kompetensi yang menjadi tuntutan abad ke-21, termasuk kompetensi kognitif seperti berpikir kritis, inovasi, atribut interpersonal seperti kolaborasi, komunikasi tanggung jawab, serta inisiatif dan fleksibilitas (Simeon *et al.*, 2020). Adapun definisi dari literasi STEM dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Definisi Literasi STEM

STEM	Keterangan
Sains (<i>Science</i>)	Literasi sains yaitu kemampuan dalam mengidentifikasi informasi ilmiah, lalu mengaplikasikannya dalam dunia nyata yang juga mempunyai peran dalam mencari solusi.

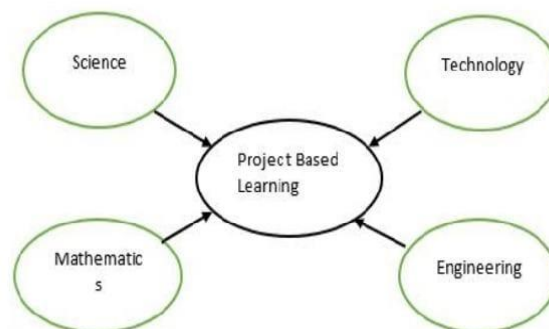
Teknologi (<i>Technology</i>)	Literasi teknologi yaitu keterampilan dalam menggunakan berbagai teknologi, belajar mengembangkan teknologi, menganalisis teknologi, dapat mempengaruhi pemikiran siswa dan masyarakat.
Teknik (<i>Engineering</i>)	Literasi desain yaitu kemampuan dalam mengembangkan teknologi dengan desain yang lebih kreatif dan inovatif melalui penggabungan berbagai bidang keilmuan.
Matematika (<i>Mathematics</i>)	Literasi matematik yaitu kemampuan dalam menganalisis dan menyampaikan gagasan, rumusan, menyelesaikan masalah secara matematik dalam pengaplikasiannya

Sumber: Bybee, 2013.

STEM sangat *relevan* jika di implementasikan kedalam pembelajaran fisika, selain dapat memfasilitasi keterampilan ilmiah, STEM juga mampu memberikan aktivitas fisik secara digital (Wibowo, 2018). Fisika merupakan salah ilmu sains. Sains memerlukan matematika sebagai alat dalam mengolah data, sedangkan teknologi dan teknik merupakan aplikasi dari sains itu sendiri. Pembelajaran fisika dengan pendekatan STEM tidak hanya mempelajari ilmu pengetahuan saja, namun mengkaitkannya dengan teknologi, teknik, dan matematika. Berikut merupakan empat aspek pembelajar fisika dengan pendekatan STEM: (1) Sains, penggunaan pengetahuan dan keterampilan proses sains untuk memahami dan memanipulasi gejala alam; (2) Teknologi, penggunaan teknologi, yaitu mengetahui bagaimana teknologi baru dapat dikembangkan dan teknologi dapat di gunakan untuk memudahkan kerja manusia; (3) Teknik, yaitu mengoprasikan, mendesain atau merangkai dengan merujuk pada sains dan teknologi; (4) Matematika, menganalisis, menunjukkan bukti, menyelesaikan masalah, menginterpretasikan solusi dari data dan hasil perhitungan (Siswanto, 2018).

2.1.2 Model Pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL)-STEM

Model *Project Based Learning* berbasis STEM adalah suatu model pembelajaran yang membentuk siswa dalam suatu kelompok untuk menyelesaikan suatu proyek dimana proyek tersebut mengintegrasikan sains, teknologi, engineering, dan matematika (Erlinawati *et al.*, 2019). *Project Based Learning* dan STEM memiliki kelebihan dan kekurangan yang saling melengkapi. Pada *Project Based Learning* peserta didik memahami konsep dengan membuat produk, sedangkan pada pembelajaran STEM terjadi proses perancangan dan *redesign* (*engineering design proces*) sehingga dapat menciptakan produk terbaik (Elva dan Irawati, 2021). Karakteristik PjBL-STEM lebih menekankan pada proses desain. Proses desain merupakan pendekatan sistematis untuk mengembangkan solusi dari permasalahan dengan hasil yang jelas (Capraro *et al.*, 2013). Strategi PjBL-STEM pada pembelajarannya, siswa dihadapkan pada sebuah proyek secara langsung, dimana siswa mengaitkan setiap konten materi muatan STEM dalam menunjang keberhasilan pengerjaan proyek. Dengan menerapkan strategi ini dapat menumbuhkan kreatifitas siswa dalam menyelesaikan masalah yang dihadapi (Amri dkk., 2020). Berikut merupakan gambar pengintergrasian PjBL dan STEM.



Gambar 1. Integrasi Model PjBL dan STEM

Gambar 1, menunjukkan bahwa, STEM dalam PjBL merupakan pendekatan yang menintegrasikan empat disiplin ilmu STEM dengan PjBL. STEM merupakan suatu pendekatan pembelajaran secara integrasi antara pengetahuan, teknologi, teknik, dan matematika untuk mengembangkan kreatifitas siswa dengan berorientasi pada kehidupan sehari-hari (Amri dkk., 2020).

Penggunaan PjBL-STEM ini dapat meningkatkan keterampilan pemecahan masalah siswa dalam pembelajaran fisika (Samsudin dkk., 2018). Menggabungkan STEM dengan PjBL akan membuat siswa terlibat secara maksimal dalam proses pembelajarannya, karena PjBL-STEM menekankan pada perancangan dan pengembangan suatu proyek yang mengharuskan siswa menjalani setiap proses dari STEM itu sendiri (Samsudin dkk., 2020).

PjBL terintegrasi STEM sangat tepat diterapkan dalam pembelajaran karena mampu berpengaruh terhadap interaksi siswa dengan lingkungannya. Model pembelajaran ini memiliki kelebihan untuk meningkatkan aktivitas belajar siswa, karena menuntut siswa untuk aktif menyelesaikan suatu proyek dan diterapkan dalam kehidupan sehari-hari (Astuti *et al.*, 2019). Sejalan dengan apa yang disampaikan oleh Tseng *et al* (2013) dalam penelitiannya, Model PjBL-STEM dapat meningkatkan kefetifan belajar dan membuat pembelajaran menjadi lebih bermakna serta mempengaruhi sikap siswa dalam mengambil keputusan dan menyelesaikan masalah dalam kehidupan nyata. Berikut merupakan sintaks dalam model PjBL-STEM menurut Laboy Rush (2010), yaitu:

Tabel 2. Sintaks PjBL-STEM

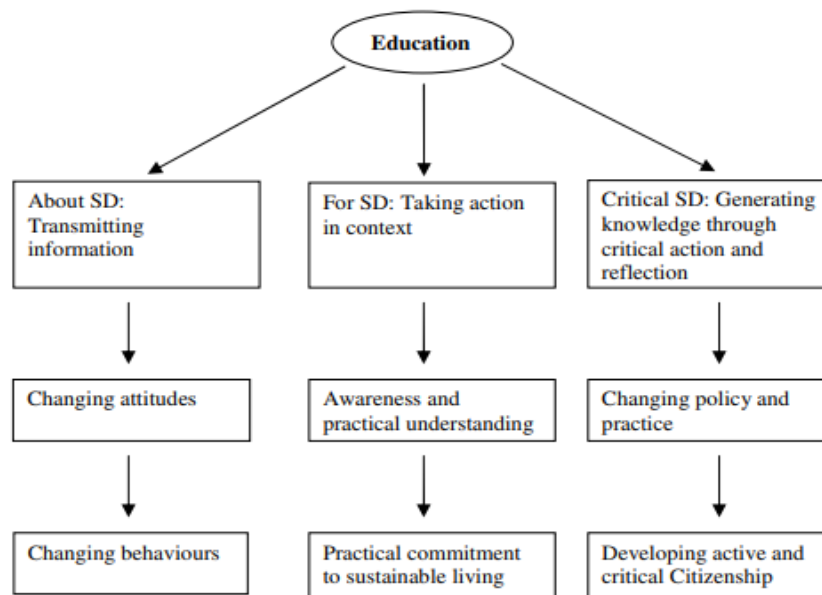
PjBL STEM	Langkah- langkah
<i>Reflection</i>	Membawa siswa ke dalam konteks masalah dan memberikan inspirasi kepada siswa agar dapat segera mulai menyelidiki atau menginvestigasi suatu masalah.
<i>Research</i>	Seorang guru memberikan pembelajaran sains, memilih referensi bacaan terkait materi untuk mengumpulkan sumber informasi yang relevan sesuai dengan pembelajaran.
<i>Discovery</i>	Penemuan yang melibatkan proses research dan informasi yang diketahui dalam penyusunan <i>project</i> dapat membuat siswa belajar mandiri dan menentukan apa yang masih belum diketahui, mengembangkan kemampuan siswa dalam membangun <i>habit of mind</i> dari proses merancang atau mendesain suatu <i>project</i> .
<i>Application</i>	Menguji produk/solusi untuk memecahkan masalah, menguji produk yang telah dibuat dari ketentuan yang ditetapkan sebelumnya, hasil yang diperoleh di evaluasi dan diperbaiki untuk perbaikan langkah sebelumnya.
<i>Communication</i>	Mempresentasi hasil <i>project</i> yang telah di rancang hal ini mampu menambah keterampilan komunikasi serta kolaborasi agar dapat menerima umpan balik .

Berdasarkan sintaks di atas model pada penelitian ini menggunakan PjBL-STEM menurut Laboy Rush (2010) dengan langkah-langkah: *Reflection, research, discovery, application, communication*.

2.1.3 Education for Sustainable Development (ESD)

Education for Sustainable Development (ESD) pada dasarnya adalah tentang hubungan antara kesadaran manusia secara keseluruhan terhadap alam sebagai sistem pendukung kesehatan bumi dengan tanggung jawab terhadap masa kini dan masa depan dunia (Haque, 2013). ESD bertujuan untuk mengintegrasikan prinsip-prinsip, nilai-

nilai, dan praktik pembangunan berkelanjutan kedalam aspek pendidikan dan pembelajaran yang akan mendorong terhadap perubahan perilaku yang mengarah pada masa depan yang berkelanjutan dalam hal integritas lingkungan, kelangsungan ekonomi dan masyarakat yang adil untuk generasi masa kini dan masa depan (Eze, 2022). Pendidikan sangat penting untuk mempromosikan pembangunan berkelanjutan dan meningkatkan kapasitas masyarakat untuk menangani isu-isu lingkungan dan pembangunan, seperti yang dijelaskan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. ESD Model (Sumber: *Shohel & Howes, 2011*)

Menjelaskan lebih lanjut dari ketiga model *Sustainable Development* pada Gambar 2, yaitu : 1) *Education about sustainable development*, memberikan kesadaran kemudian menghasilkan perubahan sikap dan kemudian perilaku; 2) *Education for sustainable development*, berfokus pada tindakan yang mengubah sikap dan membangun kesadaran untuk hidup dan kemudian mengembangkan praktik seumur hidup; 3) *Critical education towards sustainable development*, menekankan menghasilkan pengetahuan melalui tindakan kritis, dan pengembangan kewarganegaraan yang aktif dan kritis.

Pendidikan dapat menjadi sarana untuk mencapai pemahaman warga terhadap *sustainable development*. Pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan atau sering disebut *Education for Sustainable Development* (ESD) adalah pendidikan yang memberdayakan peserta didik untuk mengambil keputusan berdasarkan informasi dan tindakan yang bertanggung jawab untuk integritas lingkungan, kelayakan ekonomi dan masyarakat yang adil, untuk generasi sekarang dan mendatang, dengan tetap menghormati keragaman budaya (Taimur and Sattar, 2019). Pendapat yang tidak jauh berbeda dikemukakan oleh Pauw *et al* (2015) yaitu, ESD berarti memasukkan isu-isu kunci pembangunan berkelanjutan ke dalam pengajaran dan pembelajaran; misalnya, perubahan iklim, pengurangan risiko bencana, keanekaragaman hayati, pengentasan kemiskinan, dan konsumsi berkelanjutan. Hal ini juga membutuhkan partisipatif metode pengajaran dan pembelajaran yang memotivasi dan memberdayakan peserta didik untuk mengubah perilaku diri mereka dan mengambil tindakan untuk pembangunan berkelanjutan. Ruang lingkup isu-isu yang dapat dikaitkan dalam ESD sangatlah luas, beberapa bidang dijelaskan dalam **Tabel 3**.

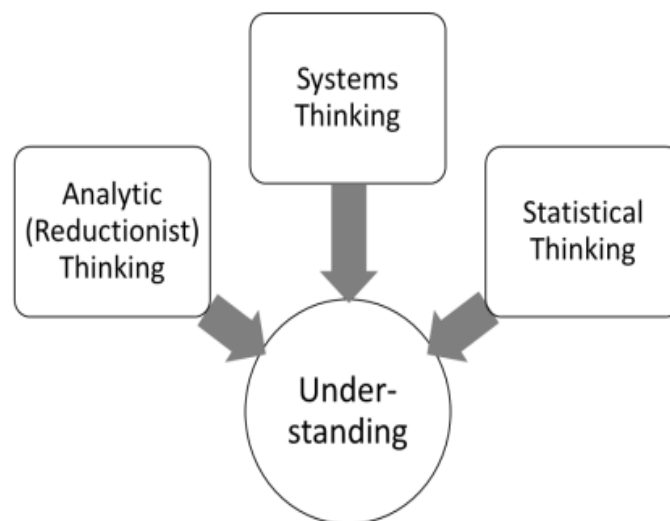
Tabel 3. Isu-isu yang dapat dikaitkan dalam ESD

Bidang	Contoh
Lingkungan	Perubahan iklim; pengurangan risiko bencana; keanekaragaman hayati; perlindungan lingkungan; pengelolaan sumber daya alam; kerusakan kota; dan ketersediaan air.
Social ekonomi	pertumbuhan ekonomi; kemiskinan; harga pangan; pengasingan sosial; keadilan; jaminan utang; kesehatan; kesetaraan gender; keragaman budaya; pola produksi dan konsumsi; pertumbuhan populasi; dan migrasi.
Politik	kewarganegaraan; perdamaian; etika; hak asasi manusia; demokrasi dan pemerintahan.

Sumber: Roinn *et al.*, 2014.

2.1.4 Kemampuan Berpikir Sistem (*System Thinking Skills*)

Berpikir sistem mirip dengan apa yang disebut pemikiran holistik dalam penekanannya pada dinamika seluruh sistem dan pentingnya interaksi antar komponen sebagai penentu perilaku keseluruhan sistem (Clark *et al.*, 2017). Berpikir sistem membantu dalam mengatur pikiran dengan cara yang bermakna dan membuat hubungan antara masalah yang tidak terkait menjadi saling berkaitan. Hal ini sejalan juga dengan pendapat dari Monat *and* Gannon (2015) berpikir sistem adalah kebalikan dari pemikiran linier, dan berfokus pada hubungan antara komponen sistem. Berpikir sistem tidak dapat menggantikan pemikiran statistik atau reduksionis (analitik), melainkan mereka saling melengkapi untuk mencapai sebuah pemahaman, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan berpikir sistem, berpikir analitik, dan berpikir statistik saling melengkapi.

Berpikir sistem dapat memungkinkan pemahaman masalah yang lebih baik. Melihat masalah sebagai suatu sistem dapat menghindari jebakan yang hanya berfokus pada satu hal yang salah. Pemahaman sebagai suatu sistem memperluas fokus pada hubungan antara apa yang salah dengan komponen lainnya (Abdullah *et al.*, 2021). Paradigma berpikir sistem, bila dipadukan dengan proses pembelajaran *self-directed learning*, akan melahirkan peserta didik yang haus akan pemahaman bagaimana segala sesuatunya dapat berfungsi dan akan terus mencari tahu cara kerjanya (Richmond, 1993). Menerapkan berpikir sistem mencakup menganalisis interaksi antar komponen dalam sistem kompleks untuk menghasilkan produk (Redhana, 2019). Hasil penelitian dari Abdurrahman *et al* (2022) menyatakan bahwa kemampuan berpikir sistem dapat ditingkatkan secara signifikan dengan pembelajaran yang dapat merangsang siswa untuk mulai mengenali masalah nyata dalam hidup dan kemudian secara aktif dan kreatif memecahkan masalah. Indikator berpikir sistem yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada indikator menurut Meilinda *et al.*, (2018) yang disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Indikator Berpikir Sistem

No.	Indikator
1.	Mampu mengenali struktur dan peran dari komponen dalam sistem
2.	Mampu menganalisis interaksi komponen dalam sistem.
3.	Mampu menganalisis pola/pemodelan pada sistem.
4.	Mampu memprediksi / retrospektif perilaku sistem akibat interaksi dalam sistem

Sumber: Meilinda *et al.*, 2018.

2.1.5 Energi Terbarukan

Sumber energi berdasarkan kelestariannya dibagi menjadi dua, yaitu sumber energi terbarukan dan tak terbarukan. Sumber energi terbarukan adalah sumber energi yang dapat digunakan berkelanjutan karena akan

selalu tersedia di alam dalam waktu yang relatif lama, seperti sinar matahari, air dan angin. Sumber energi tak terbarukan adalah sumber energi yang membutuhkan waktu relatif lama untuk pembentukannya, seperti batu bara, minyak bumi dan gas alam (Pujiyanto dkk., 2016).

Indonesia masih bertopang pada sumber energi tak terbarukan, seperti pada Bahan Bakar Minyak (BBM) yang diolah dari minyak mentah serta energi listrik. Energi listrik menjadi energi yang selalu digunakan oleh masyarakat. Pada 2013, *ASEAN Centre for Energy (ACE)* mencatat bahwa Indonesia adalah negara pengguna listrik yang paling boros di antara negara ASEAN lainnya (Hakim, 2020). Pembangkit listrik di Indonesia masih menggunakan sumber energi yang didominasi oleh batu bara, gas, dan minyak bumi. Seiring waktu sumber energi ini akan mengalami keterbatasan jumlah. Mengganti penggunaan sumber energi tersebut dapat menjadi solusi, salah satu sumber energi yang tepat untuk digunakan dalam pembangkit listrik adalah sumber energi surya. Hal ini didukung karena Indonesia merupakan negara tropis yang mempunyai potensi energi surya dengan insolasi harian rata – rata 4,5 – 4,8 kWh/m²/ hari (Rahayuningtyas dkk., 2014).

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan model paling sederhana dibangun dengan melekatkan panel fotovoltaik pada atap rumah dan bangunan, yang menangkap paparan sinar matahari sepanjang hari dan menggunakannya untuk memenuhi kebutuhan listrik rumah atau bangunan yang bersangkutan, menjadikan PLTS sebagai sumber energi yang efisien dan ramah lingkungan (Modjo, 2019). Hal ini juga didukung oleh penelitian dari Wahyuni dkk (2020) yang menunjukkan bahwa Produksi energi listrik yang dikeluarkan PLN adalah sebesar 175 kWh/tahun atau sebesar 49,8 % dari total keseluruhan energi. Sedangkan energi yang diproduksi oleh pembangkit tenaga surya adalah 176 kWh/tahun atau sebesar 50,2 %. Hal ini menunjukkan bahwa energi surya yang dipasang mampu menopang

kebutuhan masyarakat dengan baik dan mendominasi dalam produksi energi secara keseluruhan.

Panel surya sendiri merupakan perangkat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Sel surya atau sel fotovoltaik menyerap energi matahari dan menyebabkan arus mengalir di antara dua lapisan bermuatan (Ismangil dan Susanto, 2019).

2.1.6 Teori Konstruktivisme

Konstruktivisme menurut Piaget (1971) adalah sistem penjelasan tentang bagaimana siswa sebagai individu beradaptasi dan memperbaiki pengetahuan. Konstruktivisme adalah pendekatan belajar mengajar berdasarkan premis bahwa kognisi (pembelajaran) adalah hasil dari "konstruksi mental" dengan kata lain, siswa belajar dengan menyesuaikan informasi baru bersama dengan apa yang sudah mereka ketahui. Konstruktivisme percaya bahwa belajar dipengaruhi oleh konteks di mana suatu ide diajarkan disertai oleh keyakinan dan sikap siswa (Bada *and* Olusegun, 2015). Konstruktivisme mengacu pada cara belajar dan berpikir, teori ini menggambarkan cara siswa dapat memahami materi dan juga bagaimana materi dapat diajarkan secara efektif dengan mempertimbangkan apa yang di ketahui oleh siswa dan mempraktikkan pengetahuan mereka (Amineh *and* Davatgari, 2015).

Aktivitas belajar yang dianggap sebagai proses konstruksi aktif, tidak dapat dipisahkan dari melakukan, dan refleksi tentang apa yang dilakukan peserta didik, bukan penerimaan pengetahuan yang pasif (Mattar, 2018). Lebih sederhananya Singh *and* Yaduvanshi (2015) mengungkapkan bahwa teori konstruktivisme mengasumsikan peserta didik membangun pengetahuan mereka sendiri berdasarkan interaksi dengan lingkungan mereka. Salah satu prinsip penting dalam teori ini adalah, bahwa guru tidak dapat hanya sekedar memberikan pengetahuan kepada siswa, tetapi terdapat empat asumsi epistemologis

yang menjadi inti dari pembelajaran konstruktivis, yaitu; (1) pengetahuan dibangun secara fisik oleh peserta didik yang terlibat dalam pembelajaran aktif; (2) pengetahuan secara simbolis dikonstruksi oleh peserta didik yang membuat representasi tindakan mereka sendiri; (3) pengetahuan dikonstruksi secara sosial oleh peserta didik yang menyampaikan maknanya kepada orang lain; (4) pengetahuan secara teoritis dibangun oleh peserta didik yang mencoba menjelaskan hal-hal yang tidak sepenuhnya mereka pahami (Singh *and* Yaduvanshi, 2015).

Menurut Driscoll (2000), teori pembelajaran konstruktivisme adalah filsafat yang meningkatkan pertumbuhan konseptual siswa. Pengajaran konstruktivisme didasarkan pada pembelajaran yang terjadi melalui keterlibatan aktif siswa dalam konstruksi makna dan pengetahuan. Pengajaran konstruktivis mempromosikan motivasi dan pemikiran kritis siswa, dan mendorong mereka untuk belajar secara mandiri. Dalam konstruktivisme, pengetahuan sebelumnya memainkan peran penting dalam membangun pengetahuan secara aktif (Liu, 2010). Maka sebagaimana yang tertulis diatas bahwa konstruktivisme terhadap belajar sebagai hasil konstruksi mental, artinya pembelajar membangun ide-ide atau konsep baru berdasarkan pengetahuan mereka saat ini dan sebelumnya, serta guru tidak dapat hanya sekedar memberikan pengetahuan kepada siswa, siswa harus membangun sendiri pengetahuan dibenaknya. Hal ini sejalan dengan penelitian dari Oktaviyani dkk (2020) yang mengatakan bahwa, konstruktivisme merupakan teori yang mendukung pembelajaram model PjBL dengan pendekatan STEM, terutama dalam sintaks pada tahap *discovery* dan *research*. Dimana dalam tahap ini membagi siswa menjadi beberapa kelompok untuk menyajikan solusi dari sebuah masalah, berkolaborasi dan membangun langkah dalam mengembangkan kemampuan siswa dari proses merancang untuk mendesain. Selain itu, siswa dituntut untuk mencari informasi, mendesain dan mengembangkan pemahaman konseptual yang relevan berdasarkan proyek.

2.2 Pemetaan Materi

Penelitian akan dilakukan pada topik materi Energi Terbarukan dengan kompetensi dasar Menganalisis keterbatasan sumber energi dan dampaknya bagi kehidupan.

Adapun pemetaan materi yang akan digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Pemetaan Materi

Aspek STEM	Indikator STEM
<i>Science</i>	a) Faktual : Pembangkit tenaga listrik terbarukan dan tak terbarukan b) Konseptual : Pemanfaatan panas matahari sebagai sumber energi listrik terbarukan. c) Prosedural : Cara mendesain <i>power bank</i> bertenaga surya
<i>Technology</i>	a) Vidio pembelajaran serta <i>power point</i> (PPT) materi energi terbarukan sebagai media pembelajaran. b) Penggunaan alat teknologi informasi dan komunikasi seperti <i>handphone</i> atau laptop yang digunakan untuk kebutuhan pembelajaran. c) Internet untuk mencari informasi terkait materi energi terbarukan. d) <i>Power bank</i> bertenaga surya untuk mengenalkan energi pembangkit tenaga listrik terbarukan.
<i>Engineering</i>	a) Membuat rancangan <i>power bank</i> yang menggunakan tenaga surya b) Menguji coba <i>power bank</i> bertenaga surya
<i>Mathematic</i>	a) Menganalisis apa yang terjadi pada percobaan yang telah dilakukan. b) Menghitung kebutuhan bahan

2.3 Penelitian yang Relevan

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan referensi dari beberapa penelitian terdahulu, yaitu dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Penelitian yang Relevan

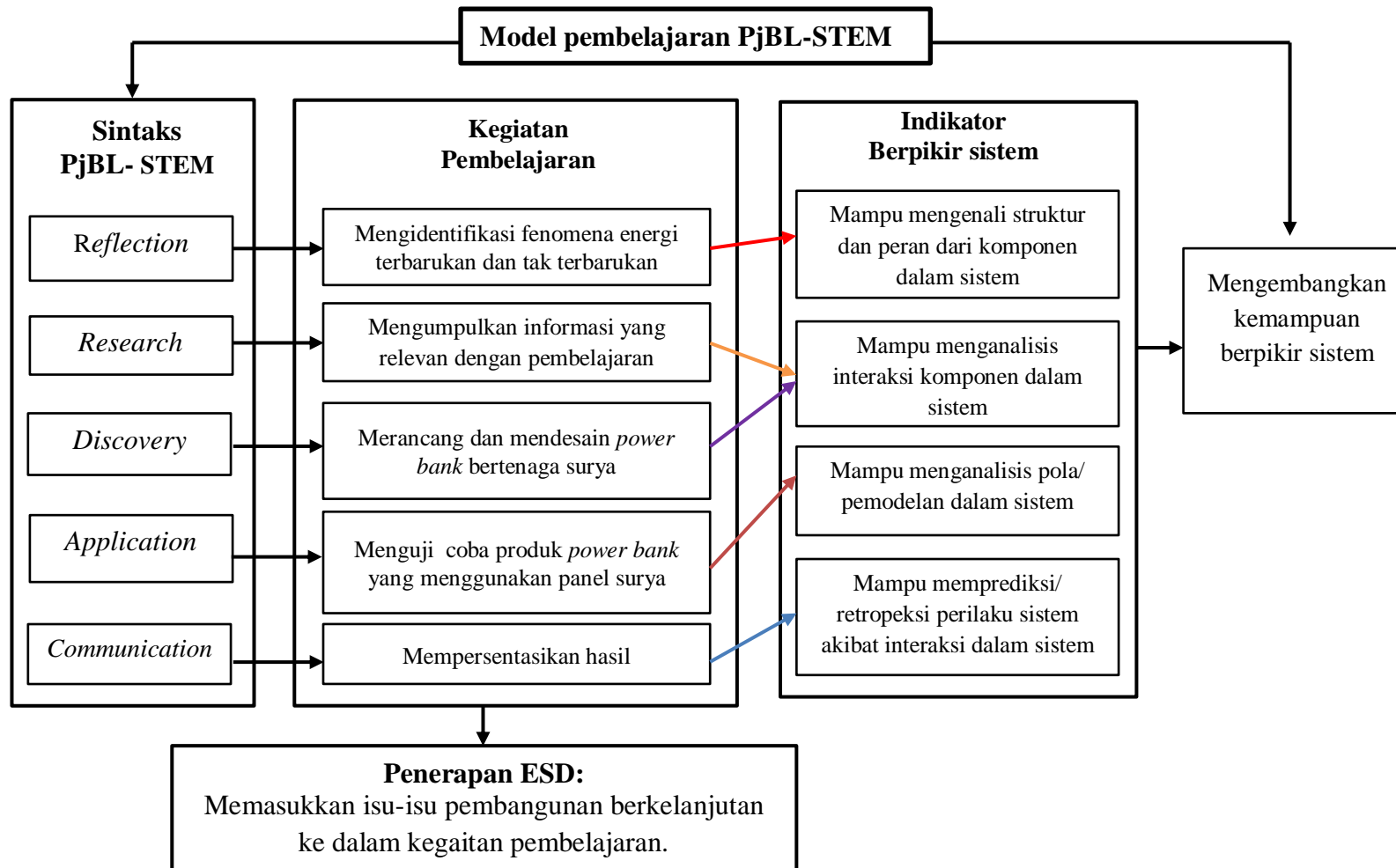
No.	Nama Peneliti, Tahun	Judul	Hasil Penelitian
1.	Abdurrahman., Nurulsari, N., Maulina. H., Ariyani, F., (2019)	<i>Design and Validation of Inquiry-based STEM Learning Strategy as a Powerful Alternative Solution to Facilitate Gift Students Facing 21st Century Challenging</i>	Desain strategi pembelajaran STEM yang dapat digunakan untuk meningkatkan keterampilan abad ke-21 siswa khususnya keterampilan berpikir tingkat tinggi.
2.	Hopkinson & James, (2010)	<i>Practical pedagogy for embedding ESD in science, technology, engineering and mathematics curricula</i>	ESD pada STEM dapat bersinergis untuk meningkatkan kemampuan kerja siswa, dan untuk mengembangkan pengetahuan dan keterampilan praktik profesional siswa.
3.	Mu'minah & Aripin, (2019)	Implementasi Pembelajaran IPA Berbasis STEM Berbantuan ICT untuk Meningkatkan Keterampilan Abad 21	Penerapan pembelajaran IPA berbasis <i>Science, Technology, Engineering and Mathematic</i> (STEM) berbantuan ICT dapat meningkatkan keterampilan abad 21 Secara signifikan.
4.	Purwaningsih, E., Sari, S.P., Sari, A.M., Suryadi, A., 2020)	<i>The Effect of STEM-PjBL and Discovery Learning on Improving Students' Problem Solving Skills of Impulse and Momentum Topic.</i>	Dalam pembelajaran PjBL STEM siswa lebih terlatih dan tertantang untuk memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari. PjBL STEM berpengaruh positif signifikan terhadap peningkatan kemampuan pemecaha masalah siswa.

2.4 Kerangka Pemikiran

Pada saat ini peserta didik dituntut untuk memperoleh pengetahuan dan keterampilan yang dibutuhkan untuk mendukung pembangunan berkelanjutan. Hal ini dapat dicapai dengan adanya ESD, yaitu pendidikan yang berprinsip pada perkembangan yang berkelanjutan. Pada kegiatan pembelajaran penelitian ini akan memasukkan isu-isu pembangunan berkelanjutan ke dalam pengajaran dan pembelajaran khususnya pada materi energi terbarukan. Salah satu kunci yang dirasa penting dalam memajukan pembangunan berkelanjutan adalah kompetensi berpikir sistem.

Berpikir sistem adalah salah satu jenis pemikiran yang bersifat kompleks dan dibutuhkan siswa dalam pembelajaran fisika. Peserta didik yang memiliki kemampuan berpikir sistem akan mampu mengaitkan satu konsep dengan konsep lainnya. Sehingga pembelajaran fisika akan lebih cepat dipahami dan lebih bermakna. Indikator berpikir sistem menurut Meilinda (2018) terdiri atas empat indikator yaitu; (1) mampu mengenali struktur dan peran dari komponen dalam sistem; (2) mampu menganalisis interaksi komponen dalam sistem; (3) mampu menganalisis pola/ pemodelan dalam sistem; (4) mampu memprediksi/retropeksi perilaku sistem akibat interaksi dalam sistem.

Adapun model pembelajaran yang akan digunakan adalah *Project Based Learning (PjBL) STEM*. Langkah-langkah PjBL-STEM menurut Laboy Rush (2010) yaitu: *reflection, research, discovery, application, dan communication*. Bagan kerangka pemikiran penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Kerangka Pemikiran

2.5 Anggapan Dasar

Anggapan dasar penelitian ini berdasarkan pada kajian teori dan kerangka pikir, yaitu:

1. Kemampuan berpikir sistem siswa di awal adalah sama.
2. Kelas eksperimen dan kelas kontrol mempelajari materi yang sama yaitu tentang energi terbarukan.
3. Faktor-faktor di luar penelitian ini diabaikan.

2.6 Hipotesis Penelitian

Adapun hipotesis dari penelitian ini yaitu:

H_0 : Tidak terdapat perbedaan kemampuan berpikir sistem peserta didik antara kelas yang menggunakan PjBL-STEM berbasis *Education for Sustainable Development* (ESD) dengan kelas konvensional pada topik energi terbarukan.

H_1 : Terdapat perbedaan kemampuan berpikir sistem peserta didik antara kelas yang menggunakan PjBL-STEM berbasis *Education for Sustainable Development* (ESD) dengan kelas konvensional pada topik energi terbarukan.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada semester genap Tahun Ajaran 2022/2023 di SMAN 1 Menggala yang beralamat Jl. Cendana No. 5. Gunung Sakti, Kec. Menggala, Kab. Tulang Bawang, Lampung.

3.2 Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI IPA Semester genap sekolah menengah atas tempat penelitian berlangsung. Karena sampel yang dibutuhkan dalam penelitian ini harus memperhatikan beberapa hal, maka pengambilan sampel dari populasi dilakukan dengan menggunakan teknik *purposive sampling*. *Purposive sampling* adalah teknik penentuan sampel dengan menyesuaikan kebutuhan dari peneliti. Sampel yang digunakan adalah peserta didik kelas XI IPA 5 yang berjumlah 35 peserta didik sebagai kelas eksperimen dan XI IPA 3 yang berjumlah 36 peserta didik sebagai kelas kontrol.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel pada penelitian ini terdiri dari tiga variabel, yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel moderator. Variabel bebas pada penelitian ini, yaitu PjBL-STEM, variabel terikat pada penelitian ini, yaitu kemampuan berpikir sistem, dan variabel moderator adalah *Education for Sustainable Development* (ESD).

3.4 Desain Penelitian

Desain Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif eksperimen, Penelitian eksperimen adalah penelitian ilmiah yang sistematis terhadap bagian-bagian dan fenomena serta hubungan-hubungannya. Penelitian ini menggunakan metode *quasi eksperiment* dengan desain penelitian *non-equivalent control group design*, dimana desainnya memiliki kelompok kontrol tetapi tidak dapat berfungsi sepenuhnya untuk mengontrol variabel-variabel luar yang mempengaruhi eksperimen, artinya satu kelompok eksperimen diberikan perlakuan tertentu dan satu kelompok lain dijadikan kelompok kontrol. Desain penelitian dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Desain Eksperimen *Pretest Posttest Control Group Design*.

O_1	X_1	O_2
	1) <i>Reflection</i> : menyajikan fenomena terkait Energi terbarukan kepada peserta didik, kemudian peserta didik menyelidiki dan menemukan letak permasalahan. 2) <i>Research</i> : membimbing peserta didik mencari informasi, menemukan konsep yang sesuai dengan produk yang akan dibuat, yaitu <i>powerbank</i> bertenaga surya. membagi peserta didik menjadi beberapa kelompok dan membagikan LKPD untuk dikerjakan bersama kelompok masing-masing. 3) <i>Discovery</i> : membimbing peserta didik mempelajari pembuatan produk sesuai dengan langkah kerja yang telah disiapkan. 4) <i>Aplication</i> : membuat dan menguji produk. 5) <i>Communication</i> : Mengomunikasikan dan mengevaluasi hasil produk terhadap lingkungan.	
O_1	X_2	O_2
	1) Orientasi: menyiapkan pembelajaran dan mempersiapkan peserta didik untuk belajar. 2) Demonstrasi: memberikan materi pembelajaran energi terbarukan kepada peserta didik dan memberikan tugas untuk mengecek pemahaman peserta didik. 3) Latihan terbimbing: memberikan bimbingan kepada kelompok dalam pemecahan masalah sumber energi.	

Sambungan Tabel 7

-
- 4) Mengecek pemahaman peserta didik dari hasil kegiatan serta menyusun laporannya kemudian mempresentasikannya dan memberikan umpan balik melalui pujian dan petunjuk.
 - 5) Latihan mandiri: Peserta didik berlatih mandiri untuk memperkuat materi pembelajaran energi terbarukan.
-

Keterangan:

O_1 : *Pretest* pada kelas eksperimen dan kontrol

O_2 : *Posttest* pada kelas eksperimen dan kontrol

X_1 : Perlakuan pembelajaran menggunakan PjBL-STEM berbasis ESD

X_2 : Perlakuan pembelajaran menggunakan *Direct Instruction*.

3.5 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian ini dibagi menjadi 3 tahap, yaitu sebagai berikut.

1. Tahap Persiapan Penelitian

Adapun kegiatan pada tahap ini, yaitu sebagai berikut.

1. Peneliti meminta izin kepada pihak sekolah untuk melakukan penelitian di SMAN 1 Menggala.
2. Peneliti melakukan wawancara dengan guru fisika SMAN 1 Menggala mengenai permasalahan yang dihadapi oleh siswa dalam pembelajaran fisika.
3. Peneliti menentukan sampel penelitian.
4. Peneliti mengkaji teori yang relevan dengan judul penelitian yang akan dilakukan.
5. Peneliti menyusun RPP dan instrumen yang digunakan dalam proses pelaksanaan penelitian.

2. Tahap Pelaksanaan Penelitian
Adapun kegiatan yang telah dilakukan pada tahap pelaksanaan, yaitu dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Tahap Pelaksanaan pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol.

Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
Tahap pelaksanaan pertama peneliti akan memberikan <i>pretest</i> untuk mengukur kemampuan berpikir sistem awal peserta didik.	Tahap pelaksanaan pertama peneliti akan memberikan <i>pretest</i> untuk mengukur kemampuan berpikir sistem awal peserta didik.
Peneliti memberikan perlakuan menggunakan PjBL-STEM berbasis ESD (<i>Education for Sustainable Development</i>).	Peneliti memberikan perlakuan menggunakan pendekatan konvensional dengan model <i>Direct Instruction</i> .
Peneliti memberikan <i>posttest</i> kepada peserta didik.	Peneliti memberikan <i>posttest</i> kepada peserta didik.

3. Tahap Akhir Penelitian
Adapun kegiatan yang akan dilakukan pada tahap akhir ini, yaitu sebagai berikut.
1. Mengolah data hasil *pretest* dan *posttest* serta instrumen pendukung lainnya.
 2. Membandingkan hasil analisis data instrumen tes sebelum perlakuan dan setelah diberi perlakuan untuk menentukan apakah terdapat perbedaan kemampuan berpikir sistem peserta didik pada kelas eksperimen dan kelas kontrol.
 3. Memberikan kesimpulan berdasarkan hasil yang diperoleh melalui analisis data dan selanjutnya menyusun laporan penelitian.

3.6 Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu instrumen pengukuran kemampuan berpikir sistem siswa yang berupa lembar soal tes. Instrumen ini digunakan pada saat *pretest* dan *posttest* yang berbentuk soal pilihan ganda beralasan dengan berlandaskan kepada 4 indikator kemampuan berpikir sistem, yaitu mengenali struktur dan peran dalam sistem, menganalisis interaksi dalam sistem, menganalisis pola/permodelan pada sistem, dan memprediksi perilaku sistem akibat interaksi dalam sistem.

3.7 Analisis Instrumen Penelitian.

Sebelum instrumen dipakai dalam sampel, instrumen harus diuji terlebih dahulu dengan menggunakan uji validitas dan uji reliabilitas dengan menggunakan program *IBM SPSS Statistics 26.0*.

3.7.1 Uji Validitas

Uji validitas digunakan untuk mengetahui ke-akuratan suatu alat ukur untuk dapat mengukur apa yang ingin diukur, sehingga dapat memperoleh suatu data yang valid. Valid dimaksudkan bahwa data atau instrumen dapat digunakan untuk mengukur apa yang seharusnya diukur. Uji validitas penelitian ini menggunakan SPSS versi 26 dengan korelasi *product moment* metode *pearson correlation*.

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

Keterangan:

- r : Koefisien korelasi pearson
- N : Jumlah siswa yang di tes
- $\sum XY$: Jumlah (skor butir nomor x skor total)
- $\sum X$: Jumlah skor butir nomor

$\sum Y$: Jumlah skor total
$\sum X^2$: Jumlah kuadrat skor butir
$\sum Y^2$: Jumlah kuadrat skor total

Jika $r_{hitung} \geq r_{tabel}$ dengan taraf signifikan ($\alpha = 0,05$) maka instrumen tersebut valid, sebaliknya jika $r_{hitung} < r_{tabel}$ maka instrumen tersebut tidak valid.

Nilai koefisien validitas berkisar antara +1,00 sampai -1,00 (Yusup, 2018). Berikut adalah koefisien korelasi:

Koefisien korelasi antara 0,80 sampai dengan 1,00 = Sangat tinggi

Koefisien korelasi antara 0,60 sampai dengan 0,79 = Tinggi

Koefisien korelasi antara 0,40 sampai dengan 0,59 = Cukup

Koefisien korelasi antara 0,20 sampai dengan 0,39 = Rendah

Koefisien korelasi antara 0,00 sampai dengan 0,19 = Sangat Rendah

Pengujian dilakukan kepada objek diluar sampel penelitian, yaitu pada mahasiswa/i Pendidikan Fisika Universitas Lampung Angkatan 2022 sebanyak 35 orang. Berikut merupakan hasil uji validitas instrumen tes pada materi energi terbarukan yang dapat dilihat pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Hasil Uji Validitas.

No Butir	r_{hitung}	r_{tabel}	Keterangan
1.	0.523	0.334	Valid
2.	0.509	0.334	Valid
3.	0.652	0.334	Valid
4.	0.580	0.334	Valid
5.	0.523	0.334	Valid
6.	0.507	0.334	Valid
7.	0.572	0.334	Valid
8.	0.400	0.334	Valid
9.	0.427	0.334	Valid
10.	0.441	0.334	Valid
11.	0.456	0.334	Valid
12.	0.459	0.334	Valid
13.	0.459	0.334	Valid
14.	0.497	0.334	Valid
15.	0.514	0.334	Valid

16.	0.523	0.334	Valid
17.	0.400	0.334	Valid
18.	0.532	0.334	Valid
19.	0.639	0.334	Valid
20.	0.443	0.334	Valid

Kriteria pengujian dapat dilihat berdasarkan nilai *Pearson Correlation* yang dibandingkan dengan nilai r_{tabel} , yaitu sebesar 0,334 untuk taraf signifikan ($\alpha = 0,05$). Berdasarkan hasil uji validitas instrumen kemampuan berpikir sistem pada materi energi terbarukan diketahui bahwa 20 butir soal memenuhi syarat dan dinyatakan valid dengan nilai *Pearson Correlation* $> 0,334$.

3.7.2 Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas digunakan untuk mengetahui apakah data yang dihasilkan bersifat reliabel atau tidak. Uji reliabilitas dilakukan dengan membandingkan nilai *cronbach's alpha* dengan tingkat atau taraf signifikan yang digunakan. Kriteria pengujiannya adalah sebagai berikut:

- Jika nilai *cronbach's alpha* $>$ tingkat signifikan, maka instrumen dikatakan reliabel.
- Jika nilai *cronbach's alpha* $<$ tingkat signifikan, maka instrumen dikatakan tidak reliabel.

Tabel 10. Kriteria nilai *cronbach's alpha*

Nilai	Kriteria
$> 0,8$	Bagus sekali
$0,7 - 0,8$	Bagus
$0,6 - 0,7$	Cukup
$0,5 - 0,6$	Buruk
$<0,5$	Buruk sekali

Sumber: Sumintono dan Widhiarso, 2015.

Reliabilitas instrumen soal pada penelitian ini diolah menggunakan rumus *Cronbach's alpha*. Soal dapat dikatakan reliabel jika nilai

koefisien alpha lebih besar dari 0,6 dengan kriteria cukup. Jika nilai *cronbach's alpha* kurang dari 0.6, maka instrumen penelitian tidak reliabel. Dari hasil uji reliabilitas instrumen soal kemampuan berpikir sistem pada materi energi terbarukan diperoleh angka 0,837. Dapat disimpulkan bahwa dari 20 soal yang diuji dinyatakan reliabel semua dengan kriteria bagus sekali.

3.8 Teknik Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah pengumpulan data hasil belajar peserta didik yang dilakukan dengan teknik tes. Tes yang diberikan berupa soal pilihan ganda, terdapat *pretest* dan *posttest* yang akan diberikan kepada seluruh peserta didik, baik pada kelas eksperimen ataupun kelas kontrol. *Pretest* diberikan sebelum pembelajaran dimulai sedangkan *posttest* diberikan setelah pembelajaran dilaksanakan. Kemudian akan diperoleh nilai rata-rata *N-gain* dari hasil *pretest* dan *posttest*. Tes yang diberikan bertujuan untuk mengetahui peningkatan kemampuan berpikir sistem peserta didik pada kelas eksperimen menggunakan PjBL-STEM berbasis ESD dan kelas kontrol menggunakan pembelajaran konvensional.

Penelitian ini menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Nilai hasil belajar} = \frac{\text{skor yang diperoleh}}{\text{skor maksimum}} \times 100 \%$$

Hasil belajar peserta didik dilihat dari kriteria persentase nilai sebagai berikut.

- 80 = Baik Sekali
- 66 – 79 = Baik
- 40 – 65 = Cukup
- 40 – 55 = Kurang
- 40 = Kurang Sekali

3.9 Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan teknik analisis data kuantitatif inferensial yang merupakan teknik analisis data kuantitatif yang digunakan menganalisis data sampel untuk diambil kesimpulan melalui rumus statistik yang lebih mendalam. Data yang telah dikumpulkan dianalisis dengan berbantu *software IBM SPSS Statistics 26.0*.

3.9.1 Menghitung *N-Gain*

Dilakukan uji *Normalized Gain* atau *N-Gain* bertujuan untuk mengetahui efektivitas penggunaan suatu metode atau perlakuan tertentu dalam penelitian. Uji *N-Gain* dilakukan dengan cara menghitung selisih antara skor sebelum dan sesudah perlakuan. Data yang diperoleh dalam penelitian ini adalah data hasil *pretest* dan *posttest* kemampuan berpikir sistem, kemudian data dianalisis dengan uji *N-gain* untuk mengetahui perbedaan *pretest* dan *posttest* pada kelas eksperimen dan kontrol.

Untuk mengetahui hal tersebut menggunakan rumus berikut ini.

$$(g) = \frac{\text{posttest} - \text{pretest}}{\text{skor maksimum} - \text{skor minimum}}$$

Hasil perhitungan *N-gain* kemudian diinterpretasikan dengan menggunakan klasifikasi Gain Meltzer (2002) pada **Tabel 11**.

Tabel 11. Klasifikasi Rata-rata *N-Gain*

Rata-rata <i>N-Gain</i>	Klasifikasi
$(g) \geq 0,70$	Tinggi
$0,30 \leq (g) < 0,70$	Sedang
$(g) < 0,30$	Rendah

Sumber: Meltzer, 2002.

3.9.2 Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui suatu sampel penelitian berdistribusi secara normal atau tidak. Uji normalitas dilakukan dengan menggunakan *Kolmogorov Smirnov* berbantu *software IBM SPSS Statistics 26.0*, Dengan pengambilan keputusan sebagai berikut.

- a. Signifikansi kurang atau sama dengan 0.05 ($\alpha \leq 0,05$) berarti H_1 diterima H_0 ditolak maka data tidak terdistribusi normal.
- b. Signifikansi lebih dari 0.05 ($\alpha > 0,05$) H_0 diterima H_1 ditolak maka data terdistribusi normal.

3.9.3 Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui homogenitas dari sampel yang diberikan pada penelitian. Uji ini akan dilakukan dengan *software IBM SPSS 26.0*. data yang homogen selanjutnya dapat dilakukan uji hipotesis statistik parametrik, sedangkan data yang tidak homogen akan dilakukan uji non parametrik.

Interpretasi uji homogenitas dapat dilihat pada **Tabel 12**.

Tabel 12. Interpretasi uji Homogenitas

Nilai sig.	Interpretasi
Sig. $\leq 0,05$	Varians dari dua data atau lebih kelompok populasi data adalah tidak sama (tidak homogen)
Sig. $> 0,05$	Varians dari dua data atau lebih kelompok populasi data adalah sama (homogen)

3.10 Pengujian Hipotesis

Uji hipotesis ini dilakukan untuk melihat perbedaan rata-rata dua kelompok. Uji ini digunakan untuk mengetahui pengaruh penggunaan PjBL-STEM berbasis ESD terhadap kemampuan berpikir sistem siswa.

3.10.1 Uji *Independent Sampel T-Test*

Hipotesis diuji dengan *Independent Sampel T-test* menggunakan *software* SPSS 26.0. Hipotesis yang akan diuji adalah sebagai berikut.

H_0 : Tidak terdapat perbedaan kemampuan berpikir sistem peserta didik antara kelas yang menggunakan PjBL-STEM berbasis ESD (*Education for Sustainable Development*) dengan kelas konvensional pada topik energi terbarukan.

H_1 : Terdapat perbedaan kemampuan berpikir sistem peserta didik antara kelas yang menggunakan PjBL-STEM berbasis ESD (*Education for Sustainable Development*) dengan kelas konvensional pada topik energi terbarukan.

Pedoman Pengambilan keputusan berdasarkan nilai signifikansi:

- a. Apabila nilai signifikansi $\leq 0,05$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.
- b. Apabila nilai signifikansi $> 0,05$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak

3.10.2 Uji *Effect Size*

Uji *Effect Size* dilakukan untuk mengetahui besarnya pengaruh dari variabel bebas dan variabel moderatonya terhadap variabel terikat dalam sebuah penelitian. *Effect Size* dapat dihitung menggunakan rumus Cohen sebagai berikut

$$d = \frac{\bar{Y}_e - \bar{Y}_c}{S_c}$$

Keterangan:

d : *Effect size*

\bar{Y}_e : Nilai rata-rata perlakuan eksperimen

\bar{Y}_c : Nilai rata-rata perlakuan kontrol

S_c : Simpangan baku kelompok pembanding

Interpretasi nilai dari uji *effect size* yang digunakan menurut (Cohen *et al.*, 2007) dapat dilihat pada **Tabel 13**.

Tabel 13. Interpretasi *Effect Size*

Nilai Effect Size	Interpretasi
$0,8 \leq d \leq 1,0$	Besar
$0,5 \leq d \leq 0,8$	Sedang
$0,2 \leq d \leq 0,5$	Kecil

Sumber: Cohen *et al.*, 2007.

3.10.3 Uji *Analysis of Covariance* (ANCOVA)

Uji ANCOVA Menurut Mackey *and* Gass (2016) merupakan analisis statiska dalam menguji hipotesis untuk meningkatkan ketelitian terhadap variabel lain. Tujuan ANCOVA adalah untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap variabel terikat dengan mengontrol variabel lainnya. Variabel diantaranya, yaitu:

Varibel bebas : PjBL STEM

Variabel moderator : *Education for Sustainable Development*

Variabel terikat : Kemampuan Berpikir Sistem

Covariat : *Pretest* Kemampuan Berpikir Sistem

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan kemampuan berpikir sistem peserta didik antara kelas yang menggunakan PjBL-STEM berbasis ESD (*Education for Sustainable Development*) dengan kelas konvensional pada topik energi terbarukan. Pembelajaran menggunakan PjBL-STEM berbasis ESD (*Education for Sustainable Development*) lebih efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir sistem peserta didik pada materi energi terbarukan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai rata-rata *N-gain* pada kelas eksperimen mencapai 0,63, angka ini lebih besar dari kelas kontrol dengan nilai rata-rata *N-gain* sebesar 0,40. Data hasil uji hipotesis *Independent sample T-test* juga menunjukkan bahwa nilai Sig. (2-tailed) < 0.05, yaitu sebesar 0,000 yang artinya ada perbedaan yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Kedua hasil tersebut menunjukkan bahwa kemampuan berpikir sistem kelas eksperimen lebih meningkat dibandingkan dengan kelas kontrol.

5.2 Saran

Berdasarkan simpulan penelitian, peneliti menyarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. Guru sebaiknya menggunakan pendekatan STEM dalam pembelajaran fisika di sekolah untuk meningkatkan keefektifan pembelajaran dan meningkatkan kemampuan berpikir sistem peserta didik.

2. Penggunaan STEM sebaiknya berbasis pada *Education for Sustainable Development* (ESD) untuk mendukung pembangunan berkelanjutan dengan memberi kesadaran dan kemampuan kepada peserta didik untuk pembangunan berkelanjutan pada masa sekarang dan yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Ali, H., & Rosadi, K. I. (2021). Faktor yang Mempengaruhi Pemberdayaan Keberhasilan Pendidikan: Berpikir Sistem, External Pendidikan, Menggali Potensi Diri dalam Tradisi Kesisteman. *Jurnal Manajemen Pendidikan dan Ilmu Sosial*, 2(2), 826–843.
- Abdurrahman, A., Maulina, H., Nurulsari, N., Sukamto, I., Naufal Umam, A., & Maya Mulyana, K. (2023). Impacts of Integrating Engineering Design Process into STEM Makerspace on Renewable Energy Unit to Foster Students' System Thinking Skills. *Journal Heliyon e15100*. 9, 1-12.
- Abdurrahman, Ariyani, F., Maulina, H., & Nurulsari, N. (2019). Design and Validation of Inquiry-based STEM Learning Strategy as a Powerful Alternative Solution to Facilitate Gifted Students Facing 21st Century Challenging. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 7(1), 33–56.
- Amin, A., & Sulistiyono. (2021). Pengembangan Handout Fisika Berbasis Contextual Teaching and Learning (CTL) untuk Meningkatkan Aktivitas dan Hasil Belajar Fisika Siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika Undiksha*, 11(1), 29–38.
- Amineh, R. J., & Davatgari Asl, H. (2015). Review of Constructivism and Social Constructivism. ©2015 *JSSLL Journal*, 1(1), 9–16.
- Astuti, I. D., Toto, & Yulisma, L. (2019). Model Project Based Learning (PjBL) Terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep dan Aktivitas Belajar Siswa. *Quagga: Jurnal Pendidikan Dan Biologi*, 11(2), 93.
- Azizah, R., Yuliati, L., & Latifah, E. (2015). Kesulitan Pemecahan Masalah Fisika pada Siswa SMA. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*, 5(2). <http://journal.unesa.ac.id/index.php/jpfa>
- Bada, & Olusegun, S. (2015). Constructivism Learning Theory: A Paradigm for Teaching and Learning. *Journal of Research & Method in Education*, 5(6), 66–70.

- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What Is STEM? A Discussion About Conceptions of STEM in Education *and* Partnerships.
- Budiastra, A. A. K., Puspitasari, S., Wicaksono, I., & Erlina, N. (2021). Study of The Local Wisdom Curriculum of Geopark Belitung to Support Local Cultural Values in Context of Natural Science Learning for Elementary School. *Advances in Social Sciences Research Journal*, 8(5), 692–706.
- Bustami, Y., Syafruddin, D., & Afriani, R. (2018). The Implementation of Contextual Learning to Enhance Biology Students' Critical Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(1), 451-457.
- Bybee, R. W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. Arlington: National Science Teachers Association.
- Capraro, R. Michael., Capraro, M. Margaret., & Morgan, J. R. (2013). *STEM project-based learning : an integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*. SensePublishers.
- Casnas, Purnawan, Firmansyah, I., & Triwahyuni, H. (2022). Evaluasi Proses Pembelajaran dengan Pendekatan Systems Thinking. *Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 12(1), 31–38.
- Chen, L., Yoshimatsu, N., Goda, Y., Okubo, F., Taniguchi, Y., Oi, M., Konomi, S., Shimada, A., Ogata, H., & Yamada, M. (2019). Direction of collaborative problem solving-based STEM learning by learning analytics approach. In *Research and Practice in Technology Enhanced Learning* (Vol. 14, Issue 1). Springer.
- Clark, S., Petersen, J. E., Frantz, C. M., Roose, D., Ginn, J., & Daneri, D. R. (2017). Teaching Systems Thinking to 4th and 5th Graders Using Environmental Dashboard Display Technology. *Pone*, 1–11.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, Keith. (2007). *Research Methods in Education Sixth edition*. London and New York: Routledge Falmer.
- Davidi, E. I. N., Sennen, E., & Supardi, K. (2021). Integrasi Pendekatan STEM (Science, Technology, Enggeenering and Mathematic) untuk Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 11(1), 11–22.
- Diana, N., Yohannes, Y., & Sukma, Y. (2021). The effectiveness of implementing project-based learning (PjBL) model in STEM education: A literature review. *Journal of Physics: Conference Series*. 1882. 1-7.
- Driscoll, M. P. (2000). *Psychology of learning for instruction, Second Edition*. Massachusetts: Pearson Education Company.
- Elva, Y., & Kartika Irawati, R. (2021). Pengaruh Project Based Learning-STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Terhadap Pembelajaran Sains pada Abad 21. *E-d Humanistics*, 06(01), 793–798.

- Erlinawati, C. E., Bektiarso, S., & Maryani. (2019). Model Pembelajaran Project Based Learning Berbasis STEM Pada Pembelajaran Fisika. *Integrasi Pendidikan, Sains Dan Teknologi Dalam Mengembangkan Budaya Ilmiah Di Era Revolusi Industri 4.0*, 4(1), 1–4.
- Eze, A. T. (2022). Principals and the Implementation of Education for Sustainable Development in Secondary Schools in Enugu State, Nigeria. *Journal of Continuing and Development Education*, 2(1), 76–82.
- Hakim, R. R. A. (2020). Model Energi Indonesia, Tinjauan Pootensi Energi Terbaru untuk Ketahanan Energi di Indonesia: Literatur Review. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 1–11.
- Haque, F. (2013). Education for Sustainable Development:an Evaluation of the New Curriculum of the Formal Primary Education in Bangladesh. *European Scientific Journal*, 1(1857–7881), 320–330.
- Hopkinson, P., & James, P. (2010). Practical Pedagogy for Embedding ESD in Science, Technology, Engineering and Mathematics Curricula. In *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 11 I(4), 365-379.
- Ismangil, A., & Susanto, H. P. (2019). Design of Power Bank Mobile Using Solar Panel Based Microcontroller Atmega 328. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 621(1). 1-7.
- Kiswanda, V., Aswirna, P., & Nurhasanah. (2022). Pengembangan E-Modul Fisika Berbasis Stem dengan Prinsip Pembangunan Berkelanjutan terhadap Literasi Sains Siswa Kelas XI. *Jurnal Cerdas Mahasiswa*, 4(1), 62–75.
- Kopnina, H., & Meijers, F. (2014). Education for Sustainable Development (ESD): Exploring Theoretical and Practical Challenges. In *International Journal of Sustainability in Higher Education* 15(2), 188–207.
- Laboy Rush, D. (2010). Integrated STEM Education through Project-Based Learning. *Journal Learning. Com*, 12(1), 12–13.
- Lou, S. J., Liu, Y. H., Shih, R. C., & Tseng, K. H. (2011). The Senior High School Students' Learning Behavioral Model of STEM in PBL. *International Journal of Technology and Design Education*, 21(2), 161–183.
- Mackey, A., & Gass, S. M. (2016). *Second Language Research: Methodology and Design* (2nd ed.). New York: Routledge.
- Mattar, J. (2018). Constructivism and Connectivism in Education Technology: Active, Situated, Authentic, Experiential, and Anchored Learning. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 21(2), 201–217.
- Meilinda, Rustaman, N. Y., Firman, H., & Tjasyono, B. (2018). Development and Validation of Climate Change System Thinking Instrument (CCSTI) For Measuring System Thinking on Climate Change Content. *Journal of Physics: Conference Series*, 1013(1), 1–8.

- Meltzer, D. E. (2002). The Relationship Between Mathematics Preparation and Conceptual Learning Gains in Physics: A possible “hidden variable” in Diagnostic Pretest Scores. *American Journal of Physics*, 70(12), 1259–1268.
- Modjo, S. (2019). PLN vs Energi Terbarukan: Peraturan Menteri ESDM Terkait Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap. *Jurnal Hukum Lingkungan Indonesia*, 6(1), 19–40.
- Monat, J. P., & Gannon, T. F. (2015). What is Systems Thinking? A Review of Selected Literature Plus Recommendations. *American Journal of Systems Science*, 4(1), 11–26.
- Mulyani, T. (2019). Pendekatan Pembelajaran STEM untuk Menghadapi Revolusi Industry 4.0. *Seminar Nasional Pascasarjana 2019*, 454–460.
- Mu'minah, I. H., & Aripin, I. (2019). Implementasi Pembelajaran IPA Berbasis STEM Berbantuan ICT untuk Meningkatkan Keterampilan Abad 21. *Jurnal Sainsmat*, VIII(2), 28–35.
- Murnawianto, S., Sarwanto, & Rahardjo, S. B. (2017). Stem-Based Science Learning In Junior High School: Potency For Training Students' Thinking Skill. *Pancaran Pendidikan*, 6(4), 69-80.
- Nuraeni, R., Setiono, & Aliyah, H. (2020). Analisis Kemampuan Berpikir Sistem Siswa Kelas XI SMA pada Materi Sistem Pernapasan Manusia. *J. Pedagogi Hayati*, 4(1). 1-9.
- Oktaviyani, I., Kusuma, Y. s, & Hasanah, A. (2020). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis Siswa Melalui Model Project Based Learning. *Journal on Mathematics Education Research*, 1(1), 10–14.
- Orgill, M., York, S., & MacKellar, J. (2019). Introduction to Systems Thinking for the Chemistry Education Community. *Journal of Chemical Education*, 96 (12), 2720-2729.
- Pauw, J. B. de, Gericke, N., Olsson, D., & Berglund, T. (2015). The effectiveness of Education for Sustainable Development. *Sustainability*, 7(11), 15693–15717.
- Piaget, J. (1971). *Science Education And The Psychology The Child*. New York: Viking Press.
- Pujianto, Supardianningsih, Chasanah R., & Nurani., D. (2016). *Buku Siswa Fisika untuk SMA/MA Kelas XII* (A. M. A. R. Sururi, Ed.). Klaten: PT. Intan Pariwara.
- Purwaningsih, E., Sari, S. P., Sari, A. M., & Suryadi, A. (2020). The Effect of STEM-PjBL and Discovery Learning on Improving Students' Problem-Solving Skills of the Impulse and Momentum Topic. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(4), 465–476.

- Rahayuningtyas, A., Kuala, S. I., & Apriyanto, I. F. (2014). Studi Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Skala Rumah Sederhana di Daerah Pedesaan sebagai Pembangkit Listrik Alternatif untuk Mendukung Program Ramah Lingkungan. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan PKM Sains, Teknologi Dan Kesehatan*, 223–230.
- Redhana, I. W. (2019). Mengembangkan Ketemrampilan Abad Ke- 21 Dalam Pembelajaran Kimia. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 13(1), 2239–2253.
- Richmond, B. (1993). Systems thinking: Critical Thinking Skills for the 1990s and Beyond. *System Dynamics Review*, 9(2), 113–133.
- Rosidin, U., Suyatna, A. & Abdurrahman, A. (2019). A Combined HOTS Based Assessment/STEM Learning Model to Improve Secondary Students' Thinking Skills: A Development and Evaluation Study. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 7(2), 435-448.
- Roinn, A., Chais, O., & Scileanna, A. (2014). "Education for Sustainability" The National Strategy on Education for Sustainable Development in Ireland. Ireland: Departement of Education Skills.
- Samsudin, M. A., Jamali, S. M., Zain, A. N. M., & Ebrahim, N. A. (2020). The effect of STEM Project Based Learning on Self-Efficacy Among High-School Physics Students. *Journal of Turkish Science Education*, 17(1), 94–108.
- Samsudin, M. A., Nurulazam Md Zain, A., Mahboobeh Jamali, S., & Ale Ebrahim, N. (2018). Physics Achievement in STEM PjBL: A Gender Study. *Physics Achievement in STEM PjBL: A Gender Study. The Asia Pacific Journal of Educators and Education*, 32, 21–28.
- Sandall, B. K., Darrel L., Abram L., & Walton J. (2018). Educators' Perceptions of Integrated STEM: A Phenomenological Study. *Journal of STEM Teacher Education*, 53(1), 27–42.
- Setyawati, R., Pramasdyahsari., Siska A., Astutik., Aini., Iin., Sindi., Arum., Julia., Widodo., Wahyu., Nusuki., Ukima., Salmah, Ummy., Zuliah, Nafiatuz. (2022). Improving Mathematical Critical Thinking Skill through STEM-PjBL: A Systematic Literature Review. *International Journal on Research in STEM Education*, 4(1), 1-17.
- Shafiul Amri, M., Agus Sudjimat, D., & Nurhadi, D. (2020). Mengkombinasikan Project-Based Learning dengan STEM untuk Meningkatkan Hasil Belajar Teknikal dan Karakter Kerja Siswa SMK. *Jurna Teknologi, Kejuruan, Dan Pengajaran*, 43(1), 41–50.
- Shohel, M. M. C., & Howes, A. J. (2011). Models of Education for Sustainable Development and Nonformal Primary Education in Bangladesh. *Journal of Education for Sustainable Development*, 5(1), 129–139.

- Simeon, M. I., Samsudin, M. A., & Yakob, N. (2020). Effect of Design Thinking Approach on Students' Achievement in Some Selected Physics Concepts in the Context of STEM Learning. *International Journal of Technology and Design Education*, 32, 185–212.
- Singh, S., & Yaduvanshi, S. (2015). Constructivism in Science Classroom: Why and How. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 5(3), 1–4.
- Siswanto, J. (2018). Keefektifan Pembelajaran Fisika dengan Pendekatan STEM untuk Meningkatkan Kreativitas Mahasiswa. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 9(2), 133–137.
- Skinner, E., Saxton, E., Currie, C., & Shusterman, G. (2017). A motivational Account of the Undergraduate Experience in Science: Brief Measures of Students' Self-System Appraisals, Engagement in Coursework, and Identity as a Scientist. *International Journal of Science Education*, 39(17), 2433–2459.
- Stohlmann, M., Moore, T., & Roehrig, G. (2012). Considerations for Teaching Integrated STEM Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 2(1), 28–34.
- Sumintono, B., & Widhiarso, W. (2015). *Aplikasi Pemodelan Rasch Pada Assessment Pendidikan*. Cimahi: Trim Komunikata Publishing House.
- Surani, D. (2019). Studi Literatur : Peran Teknologi Pendidikan Dalam Pendidikan 4.0. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan FKIP*, 2(1), 456–469.
- Taimur, S., & Sattar, H. (2019). *Education for Sustainable Development and Critical Thinking Competency* (pp. 1–11).
- Tseng, K. H., Chang, C. C., Lou, S. J., & Chen, W. P. (2013). Attitudes Towards Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) in a Project-Based Learning (PJBL) Environment. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(1), 87–102.
- UNESCO. (2020). *Education for Sustainable Development: A Roadmap*. France: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- UNESCO. (2021). *ESD-Net 2030*. <https://mailchi.mp/unesco.org/esd-subscribe>
- Wahyuni, E. S., Mubarak, H., Budiman, F. N., & Pratomo, S. W. (2020). Pemanfaatan Energi Terbarukan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Komunitas: Menuju Desa Mandiri Energi. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 04(02), 493–508.
- Wibowo, I. G. A. W. (2018). Peningkatan Keterampilan Ilmiah Peserta Didik dalam Pembelajaran Fisika melalui Penerapan Pendekata STEM dan E-Learning. *Journal of Education Action Research*, 2(4), 315–321.

- Wijayanti, A & Fajriyah, K. (2018). Implementation of Stem Project Based Learning to Increase Scientific Work Skills of Prospective Students of Primary School Teacher. *Jurnal Pendidikan Sains*. 6(62), 62-69.
- Yusup, F. (2018). Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen Penelitian Kuantitatif. *Jurnal Tarbiyah: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 7(1), 17–23.
- Zamista, A. A. (2018). Increasing Persistence of Collage Students in Science Technology Engineering and Mathematic (STEM). *Jurnal Curricula*, 3(1), 22–31.
- Zubaidah, S. (2019). *STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics): Pembelajaran untuk Memberdayakan Keterampilan Abad ke-21*. Seminar nasional Matematika dan Sains, Indramayu: Universitas Indralodra.