

**IMPLEMENTASI PBL DENGAN PENDEKATAN STEM BERBASIS
EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT PADA MATERI
USAHA DAN ENERGI TERHADAP PENINGKATAN
KEMAMPUAN BERPIKIR SISTEM**

(Skripsi)

Oleh

SITI NUR OKTAVIANA

NPM 1913022007



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

ABSTRAK

IMPLEMENTASI PBL DENGAN PENDEKATAN STEM BERBASIS *EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT* PADA MATERI USAHA DAN ENERGI TERHADAP PENINGKATAN KEMAMPUAN BERPIKIR SISTEM

Oleh

SITI NUR OKTAVIANA

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan pengaruh implementasi PBL dengan pendekatan STEM berbasis *Education for Sustainable Development* pada materi usaha dan energi terhadap peningkatan kemampuan berpikir sistem. Penelitian ini dilaksanakan di SMA Global Madani Bandar Lampung menggunakan penelitian eksperimen dengan desain penelitian *non-equivalent control group design*. Instrumen penelitian ini menggunakan soal pilihan ganda *two tier* pada materi usaha dan energi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, *N-Gain* pada kelas eksperimen sebesar 0,7 dengan kategori tinggi dan *N-Gain* pada kelas kontrol sebesar 0,45 dengan kategori sedang. Hasil uji hipotesis *Independent sample T-test* diperoleh nilai sig. sebesar $0,000 < 0,05$ menunjukkan bahwa terdapat perbedaan peningkatan rata-rata kemampuan berpikir sistem pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Hasil uji *effect size* diperoleh nilai *partial eta square* sebesar 0,846 dengan kategori besar yang berarti pembelajaran PBL dengan pendekatan STEM berbasis *Education for Sustainable Development* berpengaruh sangat baik dalam meningkatkan kemampuan berpikir sistem peserta didik. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa implementasi PBL dengan pendekatan STEM berbasis *Education for Sustainable Development* dapat meningkatkan kemampuan berpikir sistem peserta didik secara signifikan, pada taraf kepercayaan 95%.

Kata kunci: *PBL, STEM, Education for Sustainable Development*

**IMPLEMENTASI PBL DENGAN PENDEKATAN STEM BERBASIS
EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT PADA MATERI
USAHA DAN ENERGI TERHADAP PENINGKATAN
KEMAMPUAN BERPIKIR SISTEM**

Oleh

SITI NUR OKTAVIANA

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 PBL
DENGAN PENDEKATAN STEM BERBASIS
EDUCATION FOR SUSTAINABLE
DEVELOPMENT PADA MATERI USAHA DAN
ENERGI TERHADAP PENINGKATAN
KEMAMPUAN BERPIKIR SISTEM**

Nama Mahasiswa : **Siti Nur Oktaviana**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1913022007**

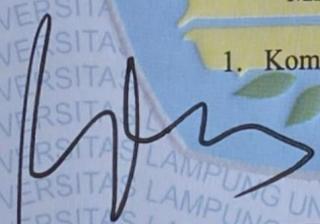
Program Studi : **Pendidikan Fisika**

Jurusan : **Pendidikan MIPA**

Fakultas : **Keguruan dan Ilmu Pendidikan**



1. **Komisi Pembimbing**


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


Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si.
NIP 19600821 198503 1 004

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. Agus Suyatna, M.Si.

Penguji
Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd.

Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Dr. Sunyono, M.Si.
19651230 199111 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 03 Agustus 2023



Three handwritten signatures in black ink are visible on the right side of the document, corresponding to the names of the examiners listed on the left.

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini adalah:

Nama : Siti Nur Oktaviana

NPM : 1913022007

Fakultas/Jurusan : KIP/Pendidikan MIPA

Program Studi : Pendidikan Fisika

Alamat : Kacapura, Kecamatan Semaka, Kabupaten Tanggamus

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

Bandar Lampung, 03 Agustus 2023



Siti Nur Oktaviana

1913022007

RIWAYAT HIDUP

Nama lengkap Siti Nur Oktaviana dilahirkan di Kacapura pada tanggal 31 Oktober 2001, sebagai anak kedua dari dua bersaudara, putri dari pasangan Bapak Suyatno dan Ibu Darmini. Jenjang pendidikan formal yang pernah ditempuh pada tahun 2007 sebagai siswi di SD Negeri 3 Sukaraja dan lulus pada tahun 2013. Penulis melanjutkan pendidikan formal di SMP Negeri 1 Semaka selesai pada tahun 2016, kemudian melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Sukoharjo dan lulus pada tahun 2019. Pada tahun yang sama diterima sebagai mahasiswi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung.

Selama menempuh pendidikan pada Program Studi Pendidikan Fisika pengalaman berorganisasi penulis yaitu, pernah aktif sebagai anggota Himpunan Mahasiswa Pendidikan Eksakta (Himasakta) 2020 dan bergabung menjadi pengurus dari Aliansi Mahasiswa Pendidikan Fisika (Almafika) sebagai sekretaris divisi kreativitas mahasiswa pada tahun 2021 dan melanjutkan sebagai majelis pertimbangan organisasi pada tahun 2022. Pada tahun 2022, Penulis melaksanakan program Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Margodadi, Kecamatan Sumberejo, Kabupaten Tanggamus dan Pengenalan Lapangan Persekolahan (PLP) di MA Al- Ma'ruf Margodadi.

MOTTO

*“Jika engkau berada di jalan yang benar menuju Allah, maka berlارilah.
Jika sulit bagimu maka berlari kecil lah. Jika kamu lelah berjalanlah.
Jika itu pun tidak mampu merangkaklah.
Namun jangan pernah berbalik arah atau berhenti”*

(Imam Syafi'i)

*“Yang terlihat baik belum tentu baik, yang terlihat buruk belum tentu buruk, jadi
nikmati setiap momen di hidupmu dan smash lebih keras”*

(Kevin Sanjaya Sukamuljo)

*“Nikmati prosesnya, jalani dan ikuti arusnya. Karena tiada kata gagal yang ada
hanya sukses dan belajar”*

(Siti Nur Oktaviana)

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat hidayah dan anugerah-Nya. Dengan kerendahan hati, kupersembahkan karya ini sebagai tanda bakti kasih tulus kepada:

1. Orang tua tersayang, Bapak Suyatno dan Ibu Darmini yang tanpa lelah mendoakan kelancaran disetiap hal yang dilakukan anaknya, yang selalu berusaha memberikan yang terbaik untuk anak-anaknya. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan kesehatan dan memberikan kesempatan saya untuk membahagiakan Bapak dan Ibu.
2. Kakak tersayang Nova Susianti, S.Pd. dan Ns. Suproni Huda, S.Kep.
3. Ponakan tersayang Adella Huda dan Ghaisan Huda.
4. Keluarga besar kedua orang tua.
5. Keluarga besar Pendidikan Fisika Universitas Lampung.
6. Almamater tercinta Universitas Lampung.

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas nikmat dan karunia-Nya, penulis menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Implementasi PBL dengan Pendekatan STEM berbasis *Education for Sustainable Development* pada Materi Usaha dan Energi terhadap Peningkatan Kemampuan Berpikir Sistem” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Pendidikan di Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.IPM. 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 dan sekaligus sebagai Pembahas yang selalu memberikan bimbingan dan saran atas perbaikan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Viyanti, M.Pd., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika.
5. Bapak Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si., selaku Pembimbing Akademik sekaligus Pembimbing I atas kesediaan dan keikhlasannya memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi yang diberikan selama penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si., selaku Pembimbing II atas kesediaan dan keikhlasannya memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi yang diberikan selama penyusunan skripsi ini.
7. Bapak dan Ibu Dosen serta Staf Program Studi Pendidikan Fisika dan Jurusan Pendidikan MIPA.

8. Bapak Irfan Himawan, S.Pd., selaku guru mata pelajaran fisika SMA Global Madani Bandar Lampung yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melaksanakan penelitian di sekolah.
9. Peserta didik SMA Global Madani Bandar Lampung khususnya kelas X IPA 1 dan X IPA 2 yang telah membantu lancarnya proses pembelajaran.
10. Teman-teman seperjuangan Sigma F 2019 khususnya Resti Yuliana, Lutfia Maulidina, dan B. Tiara Shafa Zahirah yang sudah memberikan semangat dan motivasinya serta menemani selama menjalani pendidikan, terimakasih atas kebersamaannya.
11. Keluarga Besar CABE (Club Akademik Pak Abe) 2019, yaitu Fijri Kurnia, Teddy Kurniawan, Finka Natasya Nur Ashifa, dan Ina Fitriani.
12. Keluarga Besar ALMAFIKA yang tidak bisa disebutkan satu per satu.
13. Rekan-rekan KKN Desa Margodadi yaitu Erliana Nurrisa, Syahna Ardani, Siti Mutoharoh, Candra Bangsawan, Gadis Senja, dan Firas Zulfa Farhana.
14. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga Allah melimpahkan nikmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, serta membalas kebaikan yang diberikan kepada penulis dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat di kemudian hari.

Bandar Lampung, 03 Agustus 2023

Siti Nur Oktaviana

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kerangka Teoritis	7
2.1.1 Teori Konstruktivisme	7
2.1.2 Teori Vygotsky	8
2.1.3 Pendekatan STEM (<i>Science, Technology, Engineering & Mathematic</i>)	9
2.1.4 Model <i>Problem Based Learning</i> (PBL).....	11
2.1.5 <i>Education for Sustainable Development</i> (ESD)	13
2.1.6 Kemampuan Berpikir Sistem.....	14
2.1.7 Pemetaan Materi Usaha dan Energi	16
2.2 Penelitian yang Relevan	17
2.3 Kerangka Pemikiran	18
2.4 Anggapan Dasar	21
2.5 Hipotesis Penelitian.....	21
III. METODE PENELITIAN	
3.1 Pelaksanaan Penelitian	22
3.2 Populasi Penelitian.....	22
3.3 Sampel Penelitian.....	22
3.4 Variabel Penelitian	22
3.5 Desain Penelitian	23
3.6 Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	24
3.7 Instrumen Penelitian	25
3.8 Analisis Instrumen Penelitian	26
3.9 Teknik Pengumpulan Data.....	28
3.10 Teknik Analisis Data dan Pengujian Hipotesis.....	28

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian.....	32
4.1.1 Hasil Uji Instrumen Penelitian.....	32
4.1.2 Pelaksanaan Penelitian.....	33
4.1.3 Data Kuantitatif Hasil Penelitian	37
4.1.4 <i>N-gain</i> Penguasaan Materi.....	39
4.1.5 Hasil Uji Normalitas Data <i>N-gain</i>	40
4.1.6 Hasil Uji Homogenitas	40
4.1.7 Hasil Uji <i>Paired Sample T-Test</i>	40
4.1.8 Hasil Uji <i>Independent Sample T-test</i>	41
4.1.9 Hasil Uji ANCOVA.....	42
4.1.10 Hasil Uji <i>Effect Size</i>	43
4.2 Pembahasan	43

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan.....	57
5.2 Saran	58

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Definisi Literasi STEM.....	10
2. Sintaks Model Pembelajaran PBL	11
3. Indikator Berpikir Sistem.....	15
4. Pemetaan Materi Penelitian	16
5. Penelitian yang Relevan.....	17
6. <i>The Non-Equivalent Control Group Design</i>	23
7. Tahap Pelaksanaan pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol.....	25
8. Interpretasi Koefisien Korelasi	27
9. Klasifikasi Reliabilitas	27
10. Kriteria <i>N-gain</i>	28
11. Interpretasi <i>Effect Size</i>	31
12. Hasil Uji Validitas Instrumen Berpikir Sistem	33
13. Tahap Pelaksanaan pada Kelas Eksperimen	34
14. Tahap Pelaksanaan pada Kelas Kontrol.....	36
15. Data Hasil Kuantitatif	38
16. Analisis Butir Soal	38
17. Data Rata-rata <i>N-gain</i>	39
18. Hasil Uji Normalitas Data <i>N-gain</i>	40
19. Hasil Uji Homogenitas.....	40
20. Hasil Uji <i>Paired Sample T-Test</i>	41
21. Hasil Uji <i>Independent Sample T-Test</i>	41
22. Hasil Uji ANCOVA	42
23. Hasil Uji <i>Effect Size</i>	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Berpikir Sistem dalam Konteks Berpikir Tingkat Tinggi	15
2. Bagan Kerangka Pemikiran	20
3. Grafik Hasil Rata-rata <i>N-gain</i> Kemampuan Berpikir Sistem.....	44
4. Grafik Ketercapaian Indikator Berpikir Sistem.....	45
5. Penggunaan Energi Listrik	47
6. Jawaban LKPD Peserta Didik	48
7. Peserta Didik Berdiskusi Menentukan Alat dan Bahan	49
8. Desain Produk <i>Mini Solar Water Heater</i>	49
9. Desain Produk Kincir Angin	50
10. Desain Produk Kincir Air	50
11. Proses Pembuatan Produk	51
12. Uji Coba Produk	52
13. Presentasi Hasil Diskusi	52
14. Merefleksikan Peserta didik	53

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam menghadapi berbagai bidang kehidupan pada abad ke-21, generasi muda yang sebagian besar adalah pelajar sekolah memerlukan didikan, baik dalam masalah akademik maupun dalam masalah karakter dan keterampilan. Agar berhasil dalam melampaui pengajaran tentang isu-isu global, peserta didik harus diberikan keterampilan praktis yang akan memungkinkan untuk menjalani kehidupan yang berkelanjutan. Keterampilan praktis ini salah satunya ialah tentang berpikir sistem. Sebuah penelitian oleh Mambrey *et al.*, (2022) mengungkapkan bahwa dalam berpikir sistem peserta didik bagaimana mengintegrasikan pengetahuan konten, konsepsi peserta didik, dan pemahaman mereka tentang representasi sistem.

System thinking atau berpikir sistem adalah salah satu kemampuan yang sangat penting di abad 21. Dimana pada abad 21, banyak sekali permasalahan lokal maupun global yang perlu dikritisi. Fisika sebagai salah satu ilmu sains yang berperan penting dalam perkembangan IPTEK tentu memiliki sudut pandang tersendiri untuk menanggapi masalah lokal maupun global. Untuk menghadapi masalah tersebut diperlukan berbagai disiplin ilmu yang bertujuan agar tindakan yang akan diambil tidak merugikan aspek kehidupan lainnya. Seperti halnya UNESCO (2020) menyatakan bahwa pendidikan adalah kunci dari pembangunan berkelanjutan yang diharapkan dapat meningkatkan dimensi kognitif, sosial, emosional dan perilaku pembelajaran.

Education for Sustainable Development (ESD) dapat mengembangkan kompetensi peserta didik pada tantangan abad 21 karena di dalamnya ESD

melatih peserta didik untuk berpikir dan menghubungkan materi pembelajaran dengan tindakan yang mempertimbangkan dampak sosial, ekonomi, dan lingkungan (Amelia dan Candra, 2020). Pendidikan sendiri memiliki peran sebagai dasar pembangunan berkelanjutan (Avelar *et al.*, 2019). Hal ini diperkuat oleh Balsiger *et al.*, (2017) yang menyatakan bahwa ESD atau pembangunan berkelanjutan membangun hubungan langsung antara perubahan individu dengan perubahan masyarakat, sehingga dapat dianggap sebagai pendidikan transformatif yang bertujuan agar peserta didik dapat mempertanyakan bagaimana berpikir dan melihat tentang dunia.

Education for Sustainable Development (ESD) merupakan proses belajar sepanjang hayat dan merupakan bagian integral dari pendidikan berkualitas yang dapat mengembangkan kompetensi yang menghubungkan materi pembelajaran dan tindakan peserta didik dalam mempertimbangkan dampak yang akan terjadi, baik itu dampak sosial, ekonomi, dan lingkungan saat ini dan di masa depan secara berkelanjutan (UNESCO, 2017). ESD mendorong terciptanya: (1) sistem pendidikan yang relevan; (2) transformasi pendidikan dengan pembelajaran yang inovatif; (3) meningkatkan rasa keadilan dan saling menghormati; (4) membantu mengatasi perubahan iklim, dimana 175 juta anak-anak akan dipengaruhi oleh bencana alam yang terkait dengan perubahan iklim yang terjadi dalam *decade* berikutnya, pendidikan pembangunan berkelanjutan inilah yang mempersiapkan peserta didik beradaptasi dari dampak perubahan iklim dan memberdayakan mereka untuk mengatasi penyebabnya; (5) membangun peserta didik yang ramah lingkungan guna membantu melestarikan atau mengembalikan kualitas lingkungan (Roshayanti, 2021).

Di dalam pendidikan Indonesia pembangunan berkelanjutan sudah tersirat dalam kurikulum 2013. Hal tersebut dapat terlihat dari salah satu karakteristik kurikulum 2013 yang dirancang untuk mengembangkan sikap, pengetahuan, dan keterampilan serta menerapkannya dalam berbagai situasi di sekolah dan masyarakat (Kemendikbud, 2013). Pengetahuan yang diharapkan dapat meningkatkan pengetahuan ranah kognitif pada peserta didik, salah satunya

pada mata pelajaran fisika agar peserta didik dapat mempersiapkan diri untuk berkontribusi dalam pembangunan berkelanjutan melalui pendidikan *Education for Sustainable Development (ESD)*. Adanya penerapan ilmu pengetahuan di dalam kehidupan sehari-hari beserta isu-isu lingkungan secara global, diharapkan pembelajaran yang berlangsung di sekolah dapat menjadi lebih bermakna dan dapat mengarahkan peserta didik berpikir untuk kedepannya (Rizki, 2019). Proses pembelajaran akan menjadi lebih bermakna, jika pembelajaran dengan inovasi baru dan membuat pembelajaran fisika terlihat menarik. Salah satu cara agar pembelajaran menjadi lebih menarik ialah dengan melakukan suatu percobaan untuk memecahkan suatu permasalahan dengan menuangkan ide-idenya dalam keterampilan merancang sebuah alat peraga sederhana seperti membuat *mini solar water heater*, kincir angin, dan kincir air sebagai alat yang menerapkan prinsip fisika pada materi usaha dan energi.

Penggunaan model *Problem Based Learning (PBL)* yang menggunakan permasalahan nyata dapat melatih kemampuan peserta didik dalam memecahkan masalah sehingga peserta didik dapat menyusun pengetahuannya sendiri, mengembangkan keterampilannya, memandirikan peserta didik, dan meningkatkan kepercayaan dirinya (Arends, 2014). Hal ini diperkuat oleh Arifin (2020) yang menyatakan bahwa model PBL merupakan model pembelajaran yang mengaitkan pembelajaran dengan masalah kehidupan nyata untuk membantu peserta didik dalam bereksplorasi dan mengembangkan keterampilan berpikirnya. Penerapan PBL ini dapat dipadukan dengan pendekatan STEM, dikarenakan melalui pendekatan STEM dalam proses pembelajaran dapat membantu peserta didik dalam mengembangkan kemampuannya untuk menyelesaikan masalah di kehidupan nyata. Penelitian yang dilakukan oleh Mulyana dkk., (2018) menyatakan proses pembelajaran dengan menggunakan pendekatan STEM memiliki skill multirepresentasi atau keterampilan dalam mempresentasikan suatu fenomena yang lebih baik bagi peserta didik. Dalam penelitian Rahayu dkk., (2022)

menunjukkan bahwa PBL terintegrasi STEM dengan *Flipped Classroom* efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir sistem peserta didik.

Hasil wawancara dengan pendidik SMA Global Madani Bandar Lampung, diketahui bahwa dalam proses kegiatan belajar mengajar peserta didik diberikan sebuah konsep, yang di dalam kegiatan pembelajarannya pendidik hanya mentransfer ilmu kepada peserta didik, dan diberikan latihan soal matematis yang berhubungan dengan konsep yang telah diberikan. Hal ini membuat peserta didik mudah bosan dan kurang antusias dalam mengikuti proses pembelajaran, sehingga menyebabkan peserta didik tidak aktif melainkan pasif. Dalam proses pembelajarannya, dapat dikatakan kurang dalam menghubungkan materi pembelajaran dengan fenomena di sekitar peserta didik yang dapat menimbulkan kurangnya kesadaran pada diri peserta didik tentang kondisi sosial, ekonomi dan lingkungan. Jika kegiatan pembelajaran di sekolah seperti itu, maka peserta didik hanya mendapatkan sedikit kegiatan pembelajaran yang mengaitkan fenomena dalam kehidupan sehari-hari terkait konsep pembangunan berkelanjutan dalam mengatasi permasalahan di masa depan dan peningkatan kemampuan berpikir sistem peserta didik yang masih rendah. Hal ini diperkuat dengan penelitian Nuraeni dkk., (2020) yang menyatakan bahwa dalam pendidikan di Indonesia mempunyai kemampuan berpikir sistem yang rendah dikarenakan belum dilatihkan secara maksimal dan penelitian mengenai berpikir sistem dalam ranah pendidikan masih minim untuk ditemukan.

Berdasarkan uraian latar belakang masalah tersebut, model pembelajaran PBL dengan pendekatan STEM yang berbasis *Education for Sustainable Development* menjadi salah satu alternatif solusi terhadap peningkatan kemampuan berpikir sistem peserta didik, sehingga telah dilakukan penelitian dengan judul “Implementasi PBL dengan pendekatan STEM berbasis *Education for Sustainable Development* pada Materi Usaha dan Energi terhadap Peningkatan Kemampuan Berpikir Sistem”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh implementasi PBL dengan pendekatan STEM berbasis *Education for Sustainable Development* pada materi usaha dan energi terhadap peningkatan kemampuan berpikir sistem?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini, yaitu untuk mendeskripsikan pengaruh implementasi PBL dengan pendekatan STEM berbasis *Education for Sustainable Development* pada materi usaha dan energi terhadap peningkatan kemampuan berpikir sistem.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Dapat digunakan guru untuk menambah wawasan dan pengetahuan baru dalam kegiatan pembelajaran di kelas menggunakan PBL dengan pendekatan STEM berbasis *Education for Sustainable Development* terhadap peningkatan kemampuan berpikir sistem.
2. Dapat digunakan peserta didik untuk melatih meningkatkan kemampuan berpikir sistem melalui PBL dengan pendekatan STEM berbasis *Education for Sustainable Development* dan dapat meningkatkan prestasi belajar peserta didik.
3. Dapat digunakan peneliti selanjutnya untuk dijadikan referensi dan bahan kajian penelitian serupa terkait dengan implementasi PBL dengan pendekatan STEM berbasis *Education for Sustainable Development* dalam meningkatkan kemampuan berpikir sistem.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini, sebagai berikut.

1. Sekolah yang digunakan untuk penelitian adalah SMA Global Madani Bandar Lampung dengan dua kelas sampel penelitian yaitu, kelas X IPA 1 dan X IPA 2 di SMA Global Madani Bandar Lampung.
2. Model pembelajaran yang digunakan pada penelitian ini adalah model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) menurut Arends, (2014).
3. Penelitian ini menggunakan pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) terpadu (terintegrasi).
4. Penelitian ini menggunakan pembelajaran berbasis pembangunan berkelanjutan atau *Education for Sustainable Development* untuk melatih peserta didik berpikir dan menghubungkan materi pembelajaran dengan tindakan yang mempertimbangkan dampak yang akan terjadi, baik itu dampak sosial, ekonomi, lingkungan saat ini maupun di masa depan.
5. Penelitian ini berorientasi pada empat level indikator kemampuan berpikir sistem menurut Meilinda *et al.*, (2018) yakni, mengenali struktur dan peran sistem, menganalisis interaksi komponen sistem, menganalisis pola/pemodelan sistem, dan memprediksi/ retropeksi perilaku sistem akibat interaksi dalam sistem.
6. Materi penelitian ini adalah usaha dan energi kelas X semester 2 pada KD 3.9 Menganalisis konsep energi, usaha, hubungan usaha, dan perubahan energi, hukum kekekalan energi, serta penerapannya dalam peristiwa sehari-hari.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kerangka Teoritis

2.1.1 Teori Belajar Konstruktivisme

Teori konstruktivisme menurut Piaget (1971) ialah teori yang melibatkan peserta didik dalam mengkonstruksi pengetahuannya melalui interaksi dengan pengalaman dan obyek yang akan dihadapi dan mampu dalam memperbaiki pengetahuannya. Menurut Sugrah (2019) teori belajar konstruktivisme adalah teori yang menerapkan kebebasan kepada peserta didik yang berkemauan untuk belajar atau mencari kebutuhannya atau keinginannya dengan bantuan orang lain, sehingga teori ini mengajarkan kepada peserta didik untuk belajar menemukan sendiri kompetensi, pengetahuan, atau teknologi dan hal lain yang diperlukan dalam mengembangkan dirinya sendiri. Hal ini dipertegas oleh penelitian Urfany dkk., (2020) menyatakan bahwa teori konstruktivisme ialah kegiatan belajar yang aktif, dimana peserta didik membangun sendiri pengetahuannya dari yang mereka pelajari, hal ini merupakan proses menyesuaikan konsep-konsep dan ide-ide baru dengan kerangka berpikir yang ada dalam pikiran mereka.

Menurut Saputro dan Pakpahan., (2021) teori konstruktivisme dalam dunia pendidikan dapat dipraktikkan dengan model pembelajaran berbasis masalah, dikarenakan model pembelajaran ini dinilai lebih efektif dan efisien dalam mengembangkan kognitif peserta didik untuk membangun kognitifnya serta dinilai peserta didik lebih dapat

memahami apa yang sedang dipelajari. Hal ini dipertegas oleh Masgumelar dan Mustafa (2021) bahwa teori belajar konstruktivisme menekankan pada keterlibatan peserta didik dalam menghadapi masalah-masalah yang terjadi, sehingga peserta didik dapat berperan aktif dalam menemukan pemahamannya. Teori konstruktivisme dapat dikatakan bahwa teori belajar yang melibatkan peserta didik dalam memecahkan permasalahannya dari apa yang peserta didik pelajari dan pahami, sehingga membangun kemampuan kognitif untuk meningkatkan kemampuan berpikir sistem peserta didik.

2.1.2 Teori Belajar Vygotsky

Penelitian Vygotsky (1934) ZPD diartikan sebagai jarak antara tingkat perkembangan aktual yang ditentukan oleh pemecahan masalah secara mandiri dan tingkat perkembangan potensial yang ditentukan melalui pemecahan masalah di bawah bimbingan orang dewasa atau bekerja sama dengan teman sebaya yang lebih mampu. Menurut Suardipa (2020) tingkat perkembangan aktual seseorang tampak dari kemampuannya dalam mengerjakan tugas-tugas atau memecahkan berbagai masalah secara mandiri, sedangkan tingkat perkembangan potensial seseorang tampak dari kemampuan mengerjakan tugas-tugas dan memecahkan masalah dengan bimbingan orang dewasa atau teman sebaya yang lebih mampu. *Scaffolding* pada teori Vygotsky, didasarkan jika pembelajaran terjadi apabila peserta didik belajar menangani tugas-tugas yang belum dipelajari namun tugas tersebut masih berada dalam jangkauan kemampuan atau tugas tersebut berada dalam *Zone of Proximal Development* (ZPD) (Buyung dan Dwijanto, 2017).

Teori belajar Vygotsky, dengan hal yang berinteraksi dengan lingkungan sosial adanya ZPD (*zone of proximal development*) dan *scaffolding*, dimana guru membimbing peserta didik mengerjakan soal sampai memahaminya setelah peserta didik memahami guru mulai mengurangi bimbingan dan akhirnya peserta didik secara mandiri

mengerjakan soal tanpa bantuan guru (Hau dan Sumarli, 2021). Langkah-langkah dalam *scaffolding* hampir sama dengan model *Problem Based Learning*, dimana dalam merancang tugas-tugas belajar dengan memberikan pemecahan masalah ke dalam tahapan yang detail sehingga dapat membantu peserta didik dalam melihat zona atau sasaran tugas yang akan peserta didik lakukan (Mustofa dkk., 2021). Teori Vygotsky dapat dikatakan bahwa interaksi peserta didik maupun guru dalam membimbing dengan pembelajaran pemecahan masalah dapat mengasah kemampuan berpikir sistem peserta didik.

2.1.3 Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering & Mathematic)

National Science Foundation (NFS) pada tahun 1990-an di Amerika Serikat memperkenalkan STEM (*Science, Technology, Engineering & Mathematics*) (Sanders *et al.*, 2011). Pendekatan STEM yang diterapkan dalam proses pembelajaran tematik integratif yang dinilai efektif dan praktis dikarenakan pendekatan ini menggabungkan empat bidang dalam pendidikan yaitu ilmu sains, teknologi, teknik, dan matematika (Sukmana, 2018). Menurut Jauhariyyah *et al.*, (2017) Pendekatan STEM dapat menunjang keterampilan abad 21 dengan melatih kemampuan dan bakat peserta didik sehingga literasi sains, motivasi, pemahaman materi, kemampuan berpikir kreatif, efektifitas, pembelajaran bermakna, dapat meningkat dan menunjang karir di masa depan.

Penerapan pendekatan STEM di kelas dapat melatih peserta didik memiliki keterampilan yang sistematis dan konsep yang baik (Afriana dkk., 2016). Menurut Sukmana (2017) pendekatan STEM dapat membuat peserta didik memahami konsep sains dan mengaitkannya dalam kehidupan nyata. Pernyataan tersebut dipertegas oleh Astuti dkk., (2019) yang menyatakan peserta didik yang sudah terbiasa mengintegrasikan proses pembelajaran dengan masalah sehari-hari

dengan STEM dapat membantu peserta didik berpikir secara kritis, logis, dan sistematis. Pendekatan STEM mampu melatih peserta didik dalam memecahkan masalah menjadi lebih baik, inovator, inventors, mandiri, pemikir logis, dan literasi teknologi (Afriana dkk., 2016).

Menurut Mau'izhah dkk., (2021) dalam pembelajaran STEM, peserta didik dapat memecahkan masalah kehidupan nyata yang lebih baik, jika pembelajaran yang diterapkan dan dirancang dengan tepat. Adanya pendekatan STEM ini peserta didik mempunyai kemampuan untuk mengidentifikasi masalah dunia nyata (*real-world problem*) yang baik untuk mengilustrasikan konsep yang divisualisasikan. Terdapat definisi empat disiplin ilmu pendekatan STEM menurut Asmuniv (2015) dapat dilihat Tabel 1.

Tabel 1. Definisi Literasi STEM

STEM (1)	Definisi (2)
<i>Science</i>	Kecakapan dalam menggunakan pengetahuan dan proses ilmiah untuk memahami dunia beserta alam dan kecakapan dalam mengambil keputusan untuk mempengaruhinya.
<i>Technology</i>	Kemampuan dalam bagaimana menggunakan berbagai teknologi, belajar mengembangkan teknologi yang baru, dan menganalisis teknologi sehingga dapat mempengaruhi pemikiran peserta didik.
<i>Engineering</i>	Kemampuan dalam mengimplementasikan pengetahuan dan teknologi dengan proses desain pelajaran yang lebih kreatif dan inovatif berbasis proyek dengan mengintegrasikan dari beberapa materi yang berbeda (interdisipliner).
<i>Mathematics</i>	Kecakapan dalam menganalisis dan menyampaikan gagasan, rumusan, menyelesaikan masalah secara matematik dalam pengaplikasiannya.

2.1.4 Model Problem Based Learning (PBL)

Model *Problem Based Learning* (PBL) merupakan salah satu model pembelajaran yang melibatkan peserta didik, kurikulum beserta lingkungan dalam melakukan suatu proses investigasi agar menemukan penyelesaian atas masalah-masalah yang ada di dalam kehidupan nyata (Aryanti, 2020). Model PBL ini melibatkan peserta didik dalam pembelajaran yang mempelajari pengetahuan dengan masalah yang ada dan melatih peserta didik untuk memiliki keterampilan dalam memecahkan masalah (Fathurrohman, 2015). Menurut Puspita dkk., (2018) menjelaskan bahwa model PBL ialah model pembelajaran yang mengasah keterampilan berpikir peserta didik secara optimal dalam memecahkan atau menyelesaikan masalah nyata di lingkungan sekitar peserta didik untuk mengembangkan keterampilan berpikir pada peserta didik.

Berdasarkan beberapa pernyataan di atas, maka PBL merupakan model pembelajaran yang mengasah keterampilan berpikir peserta didik melalui kegiatan pemecahan masalah bersama kelompok di kehidupan nyata yang ada di lingkungan sekitar agar keterampilan berpikir peserta didik bisa dikembangkan secara berkelanjutan. Sintaks PBL terdapat lima fase seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Sintaks Model Pembelajaran PBL

No. (1)	Fase (2)	Aktivitas Guru (3)
1	Memberikan orientasi (pendahuluan) tentang permasalahan kepada peserta didik	Guru menyampaikan tujuan pembelajaran, mendeskripsikan berbagai kebutuhan logistik yang penting dan memberikan motivasi kepada peserta didik untuk terlibat dalam kegiatan pemecahan masalah.
2	Mengorganisasikan peserta didik untuk belajar	Guru membantu peserta didik mendefinisikan dan mengatur tugas yang diberikan berkaitan dengan permasalahan.

Tabel 2 (lanjutan)

(1)	(2)	(3)
3	Membantu melakukan investigasi secara individu dan kelompok	Guru mendorong peserta didik untuk berkumpul dan melakukan penyelidikan, mencari informasi yang tepat, melakukan eksperimen (praktek), dan mencari penjelasan beserta solusinya.
4	Membantu peserta didik untuk mengembangkan dan menyajikan hasil karya	Guru membantu peserta didik dalam merencanakan dan menyiapkan karya yang sesuai dengan permasalahan, seperti membuat laporan dan model-model yang membantu peserta didik untuk menyampaikannya kepada orang lain.
5	Membantu peserta didik untuk menganalisis dan mengevaluasi permasalahan	Guru membantu peserta didik untuk melakukan refleksi terhadap investigasinya dan proses-proses yang peserta didik gunakan.

(Arends, 2014)

Karakteristik model PBL diantaranya ialah memberikan pertanyaan di awal pembelajaran, permasalahan yang disajikan berkaitan dengan kehidupan nyata peserta didik, mengaitkan pembelajaran dengan masalah, melakukan diskusi bersama dengan kelompok, menyajikan hasil karya dan melakukan penilaian terhadap hasil karya (Novitasari, 2017). Kurniasih dan Sani, (2016) menyatakan tujuan dari *Problem Based Learning* ialah membangun peserta didik untuk mengembangkan keterampilan berpikir dan keterampilan pemecahan masalah, melatih peserta didik untuk mandiri, memiliki pemahaman pengetahuan baru, membantu mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif, meningkatkan kemampuan memecahkan masalah, meningkatkan motivasi belajar peserta didik, melatih peserta didik untuk mentransfer pengetahuan dengan situasi baru.

Dini dkk., (2017) dalam penelitiannya menyatakan bahwa salah satu model pembelajaran inovatif ialah model *Problem Based Learning* yang dipandang sejalan dengan pendekatan STEM. Menurut Putri dkk.,

(2021) model pembelajaran PBL terintegrasi STEM memberikan ketertarikan minat belajar peserta didik dan memudahkan peserta didik dalam memahami konsep IPA dalam kehidupan karena dikaitkan dengan adanya fenomena nyata serta mampu memecahkan permasalahannya.

2.1.5 *Education for Sustainable Development (ESD)*

Education for Sustainable Development (ESD) merupakan Pendidikan yang berorientasi pada lingkungan alam dan sosial (Prabawani *et al.*, 2020). *Education for Sustainable Development* ialah pendidikan dengan proses yang berkelanjutan dengan tujuan untuk meningkatkan kapasitas dan komitmen agar dapat membangun masyarakat yang *sustainable*, dimana pengambilan keputusan individu atau kelompok mempertimbangkan kebutuhan dan proses ekologis alam sehingga meningkatnya kualitas kehidupan yang baik saat ini maupun di masa yang akan datang (Lavanya *and* Saraswathi, 2014). Pendidikan dapat digambarkan sebagai harapan besar dalam merancang masa depan yang berkelanjutan lebih baik, seperti halnya yang tertuang dalam 17 tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/ SDGS*) (Wilujeng *et al.*, 2019).

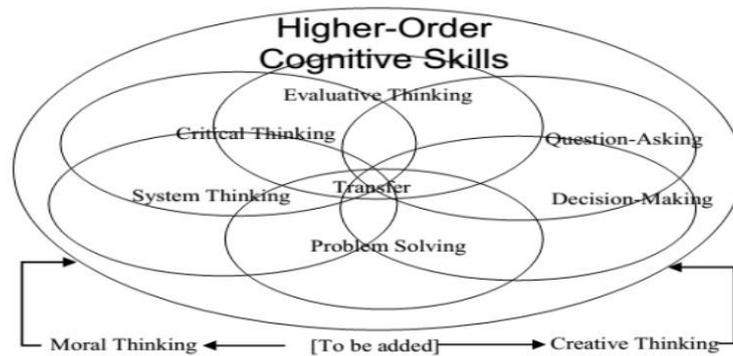
Salah satu cara untuk menanamkan nilai ESD ialah harus diperkenalkan sejak dini, yang diharapkan peserta didik mampu mengidentifikasi berbagai persoalan lingkungan dan menemukan solusinya (Segara, 2015). ESD dapat diintegrasikan ke dalam berbagai bidang studi, salah satunya sains atau pembelajaran IPA yang ditujukan agar peserta didik dapat berkontribusi secara aktif dalam upaya pelestarian lingkungan (Rahmawati dkk., 2021). Menurut Wilujeng *et al.*, (2019) yang menyatakan bahwa melalui pembelajaran IPA berbasis ESD, diharapkan peserta didik mengalami perubahan sikap yang positif dan nantinya mampu memberikan dampak positif bagi lingkungan. Pernyataan ini dipertegas oleh Jauhariyah *et al.*, (2019) pembelajaran

fisika yang dipadukan dengan pembangunan berkelanjutan atau ESD mampu menjadikan peserta didik menjadi kreatif, aktif, dan berwawasan lingkungan.

Peserta didik seharusnya ditumbuhkan kesadaran dalam pembelajaran fisika dengan prinsip pembangunan berkelanjutan agar dapat menumbuhkan rasa ingin tahu serta tumbuhnya ide-ide baru dalam memahami fenomena alam (Aswirna *and* Harahap, 2020). Menurut Purnamasari dkk., (2021) dalam penelitiannya menyatakan bahwa implementasi *Education for Sustainable Development* dalam pembelajaran IPA, terlihat bahwa ESD dapat diintegrasikan dalam pembelajaran melalui berbagai cara, seperti melalui perangkat pembelajaran, media pembelajaran, dan model pembelajaran, hal ini memberikan dampak positif dengan meningkatnya hasil belajar dan keterampilan-keterampilan peserta didik, termasuk diantaranya ialah kemampuan keterampilan berpikir sistem.

2.1.6 Kemampuan Berpikir Sistem

Berpikir sistem merupakan kemampuan berpikir yang diperlukan agar memandang persoalan-persoalan di dunia dengan menyeluruh dan terciptanya pengambilan keputusan dan pilihan perilaku lebih terarah kepada titik permasalahan yang akan mengubah sistem secara efektif (Hidayatno, 2016). Kemampuan berpikir sistem dibutuhkan di abad 21, dengan indikatornya digolongkan sebagai bagian dari *higher order thinking skill* (HOTS) atau kemampuan berpikir tingkat tinggi (Zoller *and* Nahum, 2012). Menurut Nuraeni dkk., (2020) salah satu pemikiran yang kompleks ialah kemampuan berpikir sistem. Kompleksitas dan keterhubungan kemampuan berpikir sistem dengan kemampuan lain dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Berpikir Sistem dalam Konteks Berpikir Tingkat Tinggi.

(Meilinda *et al.*, 2018)

Penelitian yang dilakukan oleh Rohmadi (2018) menyatakan bahwa berpikir dapat memunculkan perilaku berpikir yang berdampak pada suatu tingkah atau perilaku. Integrasi berpikir sistem dan perencanaan strategis akan meningkatkan kemampuan solusi dengan memberikan solusi yang lebih baik dan memberikan perencanaan yang efektif untuk kedepannya (Batra, 2010). Hal ini dipertegas oleh Breil (2018) bahwa berpikir sistem dapat meningkatkan efektifitas pembelajaran dengan menemukan solusi dan memandang pembelajaran secara luas dengan mengaitkan kehidupan sehari-hari. Seperti halnya konsep dalam materi fisika yang berfokus terhadap fakta-fakta fenomena dalam kehidupan sehari-hari salah satunya dalam materi usaha dan energi. Terdapat empat indikator berpikir sistem seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Indikator Berpikir Sistem

Tingkat (1)	Indikator (2)
I	Mengenali struktur dan peran sistem.
II	Menganalisis interaksi komponen sistem.
III	Menganalisis pola/ pemodelan sistem.
IV	Memprediksi/retropeksi perilaku sistem akibat interaksi dalam sistem.

(Meilinda *et al.*, 2018)

2.1.7 Pemetaan Materi Usaha dan Energi

Implementasi PBL dengan pendekatan STEM berbasis *Education for Sustainable Development* pada materi usaha dan energi pada KD 3.9 yaitu: Menganalisis konsep energi, usaha (kerja), hubungan usaha (kerja) dan perubahan energi, hukum kekekalan energi, serta penerapannya dalam peristiwa sehari-hari. Materi terkait dipetakan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pemetaan Materi Penelitian

Aspek STEM (1)	Indikator STEM (2)
<i>Science</i>	(Faktual): Pemanfaatan energi terbarukan (energi matahari, angin dan air) sebagai solusi kehidupan sehari-hari. (Konseptual): - usaha dan energi - Energi kinetik, Energi potensial - Perubahan energi - Hukum kekekalan energi (Prosedural): Pembuatan desain <i>mini solar water heater</i> , kincir angin, dan kincir air sederhana.
<i>Technology</i>	- Pemanfaatan video pembelajaran dan PPT materi usaha dan energi. - Pemanfaatan sumber internet untuk mengumpulkan informasi tentang materi usaha dan energi. - Pembuatan produk <i>mini solar water heater</i> , kincir angin, dan kincir air sederhana.
<i>Engineering</i>	- Mendesain rancangan <i>mini solar water heater</i> , kincir angin, dan kincir air sederhana. - Membuat <i>mini solar water heater</i> , kincir angin, dan kincir air sederhana. - Menguji coba produk <i>mini solar water heater</i> , kincir angin, dan kincir air sederhana.
<i>Mathematics</i>	- Menuliskan persamaan energi kinetik, energi potensial, dan hukum kekekalan energi. - Memperhitungkan alat dan bahan untuk desain produk.

2.2 Penelitian yang Relevan

Penelitian yang relevan sebagai referensi dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Penelitian yang Relevan

No. (1)	Nama Peneliti/ Tahun Penelitian (2)	Judul Penelitian (3)	Hasil Penelitian (4)
1	Pratiwi, I., Fany, A., Wijaya, C., & Ramalis, R. 2019	Penerapan PBL dengan Konteks ESD untuk Meningkatkan Hasil Belajar Kognitif Peserta Didik	Terdapat peningkatan hasil belajar ranah kognitif peserta didik pada materi pemanasan global dengan diterapkannya <i>Problem Based Learning</i> dengan konteks <i>Education for Sustainable Development</i> dengan kategori sedang dan nilai <i>gain</i> ternormalisasi sebesar 0,69.
2	Maulidia, A., Lesmono, A. D., & Supriadi, B. 2019	Inovasi Pembelajaran Fisika melalui Penerapan Model PBL (<i>Problem Based Learning</i>) dengan Pendekatan <i>STEM Education</i> untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa pada Materi Elastisitas dan Hukum Hooke di SMA	Penerapan model <i>Problem Based Learning</i> dengan pendekatan STEM dapat mempengaruhi dan meningkatkan hasil belajar siswa pada materi Elastisitas dan Hukum Hooke.
3	Agusti, K. A., Wijaya, A. F. C., & Tarigan, D. E. 2019	<i>Problem Based Learning</i> dengan Konteks ESD untuk Meningkatkan Keterampilan	Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan penerapan model pembelajaran <i>Problem Based Learning</i> (PBL) yang disisipi konteks

Tabel 5 (lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)
		Berpikir Kritis dan <i>Sustainability Awareness</i> Siswa SMA pada Materi Pemanasan Global	<i>Education for Sustainable Development</i> (ESD) dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dalam kategori sedang.
4	Rahayu, S., Abdurrahman, A., & Suana, W. 2022	Implementasi PBL Terintegrasi STEM dengan <i>Flipped Classroom</i> untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Sistem Siswa SMA pada Topik Usaha dan Energi	Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran pendekatan STEM dengan strategi <i>Flipped Classroom</i> mampu meningkatkan kemampuan berpikir sistem siswa hal ini terlihat dari nilai rata-rata <i>N-gain</i> pada kelas eksperimen sebesar 0,65 lebih besar dari kelas kontrol dengan nilai rata-rata <i>N-gain</i> sebesar 0,55 dengan kategori sedang.

Penelitian yang relevan di atas umumnya penelitian pemanfaatan PBL dengan pendekatan STEM berbasis *Education for Sustainable Development* masih kurang dilakukannya penelitian terutama pada kelas menengah ke atas pada materi fisika. Penelitian ini dilakukan untuk mendeskripsikan hasil PBL dengan STEM berbasis *Education for Sustainable Development* terhadap peningkatan berpikir sistem.

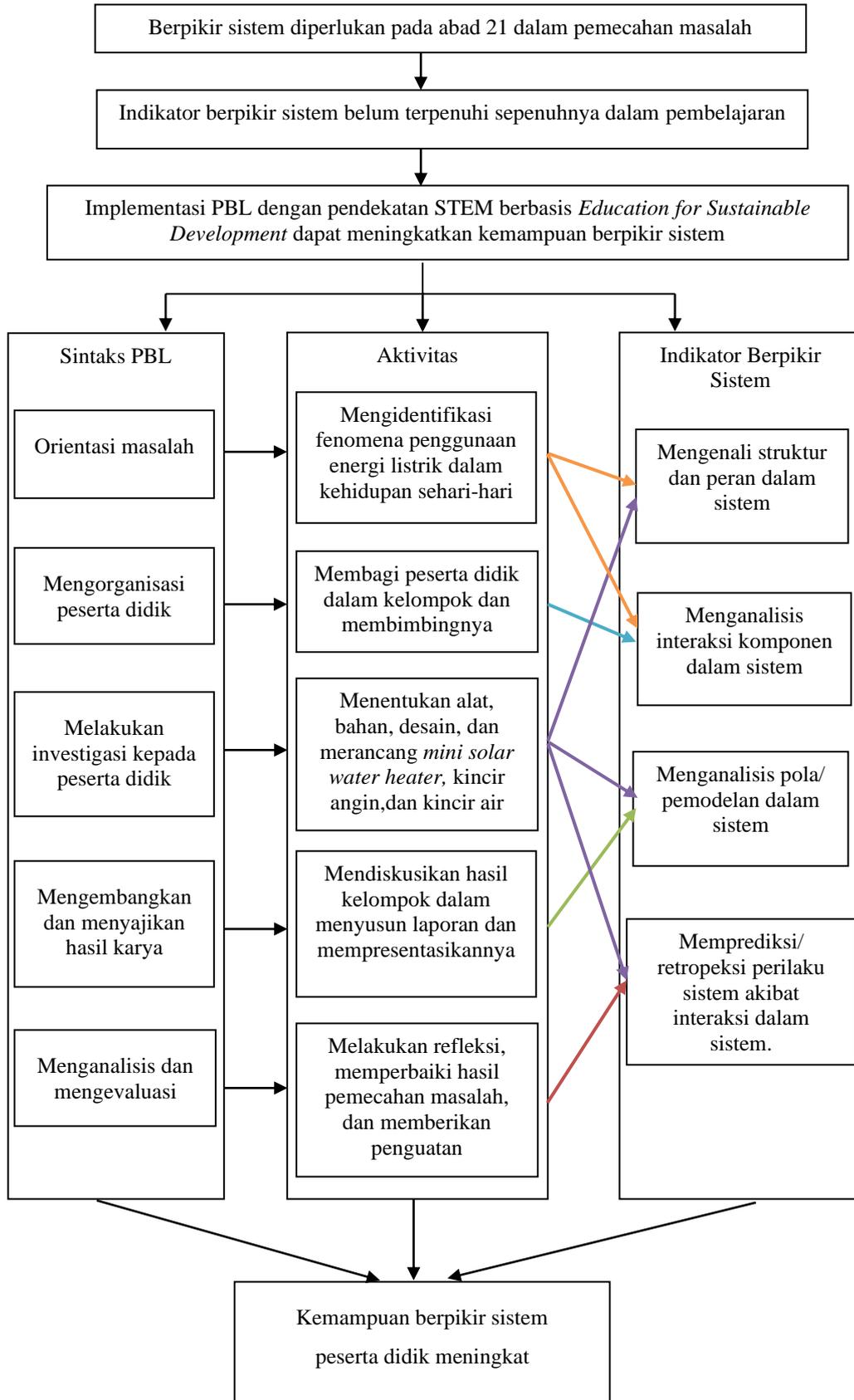
2.3 Kerangka Pemikiran

System thinking atau berpikir sistem adalah salah satu kemampuan yang sangat penting di abad 21. Dikarenakan banyak sekali permasalahan lokal maupun global yang memerlukan solusi pemecahan masalah. Berpikir sistem memiliki empat indikator menurut Meilinda *et al.*, (2018) yang digunakan untuk meningkatkan kemampuan berpikir sistem peserta didik dalam

mempelajari materi fisika, Namun dalam proses pembelajarannya kemampuan berpikir sistem belum dilatihkan secara maksimal.

Solusi alternatif yang dapat digunakan ialah menggunakan model pembelajaran PBL dengan pendekatan STEM berbasis *Education for Sustainable Development*. Dimana, model PBL ini berhubungan dengan pemecahan masalah. Sedangkan untuk pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) memfasilitasi metode pemecahan masalah dengan mengintegrasikan sains, teknologi, teknik dan matematika menjadi satu. Selain itu, ESD juga dinilai dapat mengembangkan kemampuan berpikir sistem peserta didik pada tantangan abad 21, karena di dalamnya ESD melatih peserta didik untuk berpikir dan menghubungkan materi pembelajaran dengan tindakan yang mempertimbangkan dampak yang akan terjadi, baik itu dampak sosial, ekonomi, lingkungan saat ini dan di masa depan secara berkelanjutan.

Implementasinya, peserta didik akan membuat produk akhir yaitu *mini solar water heater*, kincir angin dan kincir air sederhana dari hasil pembelajaran PBL dengan pendekatan STEM. Beberapa disiplin ilmu tersebut mampu meningkatkan kemampuan berpikir sistem (*system thinking skill*) peserta didik yang dilatihkan melalui fenomena-fenomena dan penyelidikan serta membuat rancangan dan produk dengan memahami masalah dalam fenomena yang sudah disajikan. Berikut ini bagan yang menggambarkan kerangka pemikiran di atas dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Kerangka Pemikiran.

2.4 Anggapan Dasar

Dasar penelitian berdasarkan kajian teori dan kerangka pikir, sebagai berikut.

1. Kemampuan awal peserta didik sama.
2. Peserta didik mendapatkan pembelajaran yang sama yaitu usaha dan energi.
3. Faktor-faktor di luar penelitian diabaikan.

2.5 Hipotesis Penelitian

Rumusan hipotesis pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

H_0 : Tidak ada perbedaan kemampuan berpikir sistem dengan menggunakan model *Problem Based Learning* (PBL) dengan pendekatan STEM berbasis *Education for Sustainable Development* dibandingkan dengan pembelajaran konvensional.

H_1 : Terdapat perbedaan kemampuan berpikir sistem dengan menggunakan model *Problem Based Learning* (PBL) dengan pendekatan STEM berbasis *Education for Sustainable Development* dibandingkan dengan pembelajaran konvensional.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2022/2023 di SMA Global Madani Bandar Lampung, yang beralamat di Jl. Kavling Raya 14 No. 01. Rajabasa, Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung 35142.

3.2 Populasi Penelitian

Populasi pada penelitian ini seluruh peserta didik kelas X IPA SMA Global Madani Bandar Lampung semester genap pada tahun ajaran 2022/2023.

3.3 Sampel Penelitian

Teknik pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan teknik *purposive sampling* dengan pengambilan sampel berdasarkan kelas yang memiliki kemampuan awal yang sama. Sampel pada penelitian ini menggunakan dua kelas yaitu kelas X IPA 1 sebagai kelas eksperimen dan kelas X IPA 2 sebagai kelas kontrol di SMA Global Madani Bandar Lampung.

3.4 Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini terdiri dari tiga variabel, yakni variabel bebas, variabel terikat, dan variabel moderator. Variabel bebas pada penelitian ini yaitu PBL dengan pendekatan STEM, variabel terikat penelitian yakni peningkatan

kemampuan berpikir sistem, dan variabel moderatornya adalah dengan *Education for Sustainable Development*.

3.5 Desain Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif eksperimen. Metode yang digunakan dalam penelitian metode *quasi eksperiment design* dengan *non-equivalent control group design* yakni satu kelompok eksperimen yang diberikan perlakuan tertentu dan satu kelompok lain dijadikan kelas kontrol, kemudian kedua kelas diberi *pretest* untuk mengetahui keadaan awal dan di beri *posttest* setelah diberi perlakuan sehingga memungkinkan analisis “*gain*” oleh peneliti. Secara umum rancangan penelitian yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. *The Non-Equivalent Control Group Design*

<i>O₁</i>	<i>X₁</i>	<i>O₂</i>
<i>Pretest</i> kelas eksperimen	Tahap 1: Memberikan orientasi (pendahuluan) tentang permasalahan kepada peserta didik. Tahap 2: Mengorganisasikan peserta didik untuk belajar. Tahap 3: Membantu melakukan investigasi secara individu dan kelompok. Tahap 4: Membantu peserta didik untuk mengembangkan dan menyajikan hasil karya. Tahap 5: Membantu peserta didik untuk menganalisis dan mengevaluasi permasalahan.	<i>Posttest</i> kelas eksperimen
<i>O₃</i>	<i>X₂</i>	<i>O₄</i>
<i>Pretest</i> kelas kontrol	Tahap 1: Penjelasan/ demonstrasi Tahap 2: Latihan terbimbing Tahap 3: Umpan balik Tahap 4: Latihan lanjutan	<i>Posttest</i> kelas kontrol

Keterangan:

O_1 : Tes kemampuan berpikir sistem awal (*pretest*) kelas eksperimen

O_3 : Tes kemampuan berpikir sistem awal (*pretest*) kelas kontrol

O_2 : Tes kemampuan berpikir sistem akhir (*posttest*) kelas eksperimen

O_4 : Tes kemampuan berpikir sistem akhir (*posttest*) kelas kontrol

X_1 : Pembelajaran menggunakan model PBL dengan pendekatan STEM berbasis *Education For Sustainable Development*

X_2 : Pembelajaran menggunakan model pembelajaran *Direct Instruction*

3.6 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Prosedur pelaksanaan penelitian ini, terdapat beberapa tahapan yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan, dan tahap akhir.

1. Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan kegiatan yang dilakukan, yaitu.

- a. Meminta izin untuk melakukan penelitian di SMA Global Madani Bandar Lampung.
- b. Melakukan wawancara dengan guru fisika SMA Global Madani Bandar Lampung mengenai masalah yang dihadapi oleh peserta didik.
- c. Menentukan kelas yang digunakan untuk sampel penelitian.
- d. Mengkaji teori yang relevan dengan judul penelitian yang akan dilakukan.
- e. Merancang RPP dan soal pilihan ganda sebagai soal *pretest* dan *posttest* yang digunakan dalam proses pelaksanaan penelitian.

2. Tahap Pelaksanaan

Pada tahap pelaksanaan kegiatan yang dilakukan, yaitu dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Tahap Pelaksanaan pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Kelas Eksperimen (1)	Kelas Kontrol (2)
a. Mengukur kemampuan berpikir sistem awal peserta didik dengan memberikan <i>pretest</i> .	a. Mengukur kemampuan berpikir sistem awal peserta didik dengan memberikan <i>pretest</i> .
b. Memberikan perlakuan menggunakan pembelajaran PBL dengan pendekatan STEM berbasis <i>Education For Sustainable Development</i> .	b. Memberikan perlakuan menggunakan model <i>Direct Instruction</i> .
c. Memberikan <i>posttest</i> kepada peserta didik untuk melihat kemampuan berpikir sistem peserta didik.	c. Memberikan <i>posttest</i> kepada peserta didik untuk melihat kemampuan berpikir sistem peserta didik.

3. Tahap Akhir

Pada tahap akhir kegiatan yang dilakukan, yaitu.

- a. Mengolah data hasil tes awal (*pretest*) dan tes akhir (*posttest*) peserta didik.
- b. 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.
- c. Memberikan kesimpulan berdasarkan hasil yang diperoleh melalui langkah-langkah analisis data dan selanjutnya menyusun laporan penelitian.

3.7 Instrumen Penelitian

Instrumen atau alat ukur yang digunakan untuk menjawab permasalahan penelitian ini sebagai berikut.

1. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)

Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) ialah suatu rancangan untuk pelaksanaan pembelajaran yang berisi perkiraan tentang apa yang akan

dilakukan pada saat pembelajaran di kelas, yang berfungsi untuk pencapaian Kompetensi Dasar (KD).

2. Instrumen pengukuran kemampuan berpikir sistem peserta didik. Instrumen ini berupa lembar tes soal pilihan ganda *two tier* yang digunakan pada saat *pretest* dan *posttest*.

3.8 Analisis Instrumen Penelitian

3.8.1 Uji Validitas

Uji validitas dilakukan agar mendapatkan data yang valid, instrumen atau alat ukur untuk mengevaluasinya harus valid. Pengujian validitas suatu instrumen menggunakan SPSS versi 26.0 metode *pearson correlation*, sebagai berikut.

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

Keterangan:

r : koefisien korelasi pearson

N : banyak pasangan nilai X dan Y

$\sum XY$: jumlah dari hasil kali nilai X dan nilai Y

$\sum X$: jumlah nilai X

$\sum Y$: jumlah nilai Y

$\sum X^2$: jumlah dari kuadrat nilai X

$\sum Y^2$: jumlah dari kuadrat nilai Y

Validnya data dapat dilihat jika $r_{hitung} \geq r_{tabel}$ dengan taraf signifikan (% =0,05) maka dapat dikatakan bahwa instrumen valid, sedangkan jika $r_{hitung} < r_{tabel}$ maka instrumen dikatakan tidak valid. Interpretasi mengenai besarnya validitas butir soal mengacu pada (lihat Tabel 8).

Tabel 8. Interpretasi Koefisien Korelasi

Nilai r_{hitung}	Interpretasi Validitas
0,800 – 1,00	Sangat tinggi
0,600 – 0,790	Tinggi
0,400 – 0,590	Sedang
0,200 – 0,390	Rendah
0,00 – 0,190	Sangat rendah

(Arikunto, 2013)

3.8.2 Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas digunakan untuk melihat reliabel atau tidaknya instrumen atau alat ukur. Instrumen yang reliabel merupakan instrumen yang digunakan untuk mengukur obyek yang sama beberapa kali dengan hasil data yang sama. Untuk mencari reliabilitas instrumen dapat menggunakan rumus *alpha cronbach*, sebagai berikut.

$$r_{ii} = \left(\frac{k}{(k-1)} \right) \left(1 - \frac{\sum \sigma^2}{\sigma^2_1} \right)$$

Keterangan:

r_{ii} : reliabilitas instrumen

k : jumlah butir pertanyaan

$\sum \sigma^2$: jumlah varians butir

σ^2_1 : varians total

Uji reliabilitas dilakukan agar dapat menunjukkan sejauh mana instrumen cukup dapat dipercaya untuk digunakan sebagai alat pengumpul data penelitian. Ukuran instrumen dinyatakan reliabel yang dapat diinterpretasikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Klasifikasi Reliabilitas

Nilai r_{ii}	Interpretasi Reliabilitas
0,90 – 1,00	Sangat tinggi
0,70 – 0,90	Tinggi
0,40 – 0,70	Sedang
0,20 – 0,40	Rendah
< 0,20	Sangat rendah

(Rosidin, 2017)

3.9 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data kemampuan berpikir sistem peserta didik dilakukan dengan cara tes tertulis berupa soal pilihan ganda *two tier*. Tes tertulis ini diberikan kepada peserta didik pada saat *pretest* dan *posttest* dengan soal yang sama. Selanjutnya, akan diperoleh rata-rata nilai *N-gain* yang bertujuan untuk mengetahui peningkatan kemampuan berpikir sistem peserta didik pada kelas eksperimen menggunakan model *Problem Based Learning* (PBL) STEM berbasis *Education for Sustainable Development* dan kelas kontrol dengan menggunakan model *Direct Instruction*. Penilaian ini menggunakan rumus sebagai berikut.

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

3.10 Teknik Analisis Data dan Pengujian Hipotesis

3.10.1 Analisis Data

Data kuantitatif hasil *pretest* dan *posttest* yang menunjukkan nilai kemampuan berpikir sistem peserta didik, data dianalisis menggunakan *N-gain* untuk mengetahui hal tersebut menggunakan rumus sebagai berikut.

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

Hasil perhitungan *N-gain* diinterpretasikan dengan menggunakan kriteria (Husein dkk., 2015) seperti Tabel 10.

Tabel 10. Kriteria *N-gain*

Batasan	Kriteria
$g \geq 0,7$	Tinggi
$0,7 > g > 0,3$	Sedang
$g \leq 0,3$	Rendah

3.10.2 Pengujian Hipotesis

1. Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk menentukan data dari penelitian telah berdistribusi normal atau tidak. Pengambilan data ini menggunakan metode *Kolmogorov-Smirnov* pada SPSS 26.0 yang dapat dihitung berdasarkan nilai signifikansi dan probabilitas, dengan ketentuan:

- a. Jika H_0 : Data berdistribusi normal.
- b. Jika H_1 : Data tidak berdistribusi normal.

Dasar pengambilan keputusan, jika nilai $Sig \leq 0,05$ maka H_0 ditolak atau distribusi tersebut tidak normal, sedangkan jika nilai $Sig > 0,05$ maka H_0 diterima atau nilai distribusi tersebut dikatakan normal (Suyatna, 2017).

2. Uji Homogenitas

Uji homogenitas menggunakan SPSS 26.0 digunakan untuk mengetahui kehomogenan dari sample yakni sebagai berikut.

$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$, yakni data kemampuan berpikir sistem peserta didik memiliki varians yang homogen.

$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$, yakni data kemampuan berpikir sistem peserta didik memiliki varians yang tidak homogen.

Dasar pengambilan keputusan, jika $Sig > 0,05$ maka H_0 diterima atau ada perbedaan rata-rata *N-gain* kelas atau kedua kelas homogen. Data yang homogen selanjutnya dapat dilakukan uji hipotesis statistik *parametrik*, apabila data tidak homogen maka dapat dilakukan uji hipotesis *non-parametrik*.

3. Uji Hipotesis

a. Uji *Paired Sample T-Test*

Uji *Paired Sample T-Test* digunakan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan antara dua kelompok sampel yang

berhubungan. Hipotesis diujikan dengan *Paired Sample T-Test* sebagai berikut.

1) Rumusan hipotesis

H_0 : Tidak terdapat peningkatan yang signifikan kemampuan berpikir sistem peserta didik setelah diberikannya model PBL dengan pendekatan STEM berbasis ESD.

H_1 : Terdapat peningkatan yang signifikan kemampuan berpikir sistem peserta didik setelah diberikannya model PBL dengan pendekatan STEM berbasis ESD.

2) Pengambilan keputusan

H_0 ditolak jika $\text{sig} < \alpha$ dan akan diterima jika sebaliknya, dengan menggunakan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$.

b. Uji *Independent Sample T-Test*

Uji *Independent Sample T-Test* digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan rata-rata antara dua kelompok sampel yang tidak berhubungan. Hipotesis diujikan dengan *Independent Sample T-Test* sebagai berikut.

1) Rumusan hipotesis

H_0 : Tidak terdapat perbedaan rata-rata kemampuan berpikir sistem peserta didik dengan menggunakan PBL dengan pendekatan STEM berbasis ESD.

H_1 : Terdapat perbedaan rata-rata kemampuan berpikir sistem peserta didik dengan menggunakan PBL dengan pendekatan STEM berbasis ESD.

2) Pengambilan keputusan

H_0 ditolak jika $\text{sig} < \alpha$ dan akan diterima jika sebaliknya, dengan menggunakan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$.

4. Uji *Analysis of Covariance* (ANCOVA)

Uji *Analysis of Covariance* (ANCOVA) digunakan untuk mengetahui atau melihat pengaruh *treatment*/perlakuan/*factor* terhadap variabel dependen dengan mengontrol variabel lain. Terdapat asumsi yang harus dipenuhi dalam ANCOVA, diantaranya:

- a. Data berdistribusi normal (uji normalitas)
- b. Variansi data dari kedua grup adalah homogen (uji homogenitas)
- c. Tidak ada hubungan antara kovariat dengan variabel independen atau variabel bebas (uji homogenitas regresi), dan
- d. Ada hubungan linier antara kovariat dengan variabel dependen atau variabel terikat (uji linieritas).

5. *Effect Size*

Effect size merupakan nilai yang menunjukkan seberapa besar pengaruh dari suatu variabel terhadap variabel lainnya dalam penelitian. *Effect size* dapat dilihat menggunakan nilai *partial eta square*. Adapun hasil perhitungannya dapat diinterpretasikan (Cohen, 1988) seperti Tabel 11.

Tabel 11. Interpretasi *Effect Size*

Nilai <i>Partial Eta Square</i> (η^2)	Interpretasi <i>Effect Size</i>
$0,14 \leq d$	Besar
$0,06 \leq d < 0,14$	Sedang
$0,01 \leq d < 0,06$	Kecil

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran PBL dengan pendekatan STEM berbasis *Education for Sustainable Development* pada materi usaha dan energi berpengaruh signifikan pada taraf kepercayaan 95% terhadap peningkatan kemampuan berpikir sistem. Hasil uji hipotesis *independent sample t-test* diperoleh nilai sig. $0,000 < 0,05$ menunjukkan bahwa terdapat perbedaan peningkatan rata-rata kemampuan berpikir sistem yang signifikan. Serta, didukung oleh nilai *partial eta square* sebesar 0,846 yang diinterpretasikan dalam *effect size* dengan kategori besar. Peningkatan berpikir sistem ditunjukkan dari nilai rata-rata *N-gain* pada kelas eksperimen sebesar 0,7 dengan kategori tinggi, perolehan ini lebih tinggi dari kelas kontrol. Hal tersebut disebabkan oleh aktivitas dalam model PBL dengan pendekatan STEM berbasis ESD yang mendukung peningkatan kemampuan berpikir sistem peserta didik. Indikator mengenali struktur dan peran sistem menunjukkan peningkatan sebesar 88,59 dari 56,14, hal ini disebabkan oleh aktivitas peserta didik pada tahap orientasi masalah dan melakukan investigasi. Indikator menganalisis interaksi komponen sistem mengalami peningkatan sebesar 88,59 dari 64,03, hal ini disebabkan oleh aktivitas pada tahap orientasi dan mengorganisasikan peserta didik secara berkelompok dalam menyelesaikan permasalahan. Peningkatan indikator menganalisis pola/pemodelan dalam sistem sebesar 82,45 dari 37,42, peningkatan ini peserta didik mendapatkan bantuan pada tahap investigasi dan mengembangkan karya untuk mendesain dan merencanakan produk. Indikator memprediksi/retropeksi perilaku sistem akibat interaksi

dalam sistem mengalami peningkatan sebesar 69 dari 34,5, peningkatan ini peserta didik mendapatkan bantuan dari aktivitas investigasi, menganalisis dan mengevaluasi.

5.2 Saran

Adapun saran yang diberikan setelah melakukan penelitian yaitu digunakannya model PBL dengan pendekatan STEM berbasis *Education for Sustainable Development* dalam proses pembelajaran dapat meningkatkan kemampuan berpikir sistem peserta didik.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriana, J., Permanasari, A., & Fitriani, A. 2016. Penerapan Project Based Learning Terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa ditinjau dari Gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 202-212.
- Agusti, K. A., Wijaya, A. F. C., & Tarigan, D. E. 2019. Problem Based Learning dengan Konteks ESD untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Sustainability Awareness Siswa SMA pada Materi Pemanasan Global. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*, 175–182. <https://doi.org/10.21009/03.SNF2019>
- Amahorseya, M. Z. F. A., & Mardiyah, S. 2023. Implikasi Teori Konstruktivisme Vygotsky dalam Penerapan Model Pembelajaran Kelompok dengan Sudut Pengaman di TK Anak Mandiri Surabaya. *Journal Buah Hati*, 10(1), 16–28.
- Amelia, A., & Chandra, A. F. 2020. Karakteristik Instrumen Non-Tes Sustainability Awareness menggunakan Analisis Rasch Model Materi Pemanasan Global untuk Siswa Sekolah Menengah. *Wahana Pendidikan Fisika*, 5(2), 49–56.
- Anggraini, D., Abdurrahman, A., & Herlina, K. 2022. Development of Learning Program Based on Multiple Representations Integrated with PjBL George Lucas and STEM to Foster Students' Sustainability Literacy. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Keilmuan*, 8(2), 253-279.
- Arends, R. I. 2014. *Learning to Teach*. McGraw-Hill. 609 hlm.
- Arifin, N. 2020. Efektivitas Pembelajaran STEM Problem Based Learning ditinjau dari Daya Juang dan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Mahasiswa PGSD. *JPMI (Jurnal Pendidikan Matematika Indonesia)*, 5(1), 31-38.
- Arikunto, S. 2013. *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan Edisi 2*. Jakarta: Bumi Aksara. 320 hlm.
- Aryanti. 2020. *Inovasi Pembelajaran Matematika di SD (Problem Based Learning) Berbasis Scaffolding, Pemodelan dan Komunikasi Matematika*. Yogyakarta: CV Budi Utama. 71 hlm

- Asmuniv. 2015. *Pendekatan Terpadu Guruan STEM dalam Upaya Mempersiapkan Sumber Daya Manusia Indonesia yang Memiliki Pengetahuan Interdisipliner untuk Menyosong Kebutuhan Bidang Karir Pekerjaan Masyarakat Ekonomi ASEAN (MEA)*. PPPPTK Boe Malang. 10 hlm
- Astuti, I. D., Toto, T., & 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), 93-98.
- Aswirna, P., & Harahap, K. 2020. The Android-Based Learning Media Using the Trait Treatment Interaction Model as Implementation of Industrial Era 4.0. *Journal of Physics: Conference Series*, 1594(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1594/1/012024>
- Avelar, A. B. A., Silva-Oliveira, K. D. da, & Pereira, R. da S. 2019. Education for Advancing the Implementation of the Sustainable Development Goals: A Systematic Approach. *The International Journal of Management Education*, 17(3), 1-15.
- Balsiger, J., Förster, R., Mader, C., Nagel, U., Sironi, H., Wilhelm, S., & Zimmermann, A. B. 2017. Transformative Learning and Education for Sustainable Development. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, 26(4), 357–359.
- Batra, A. 2010. System Thinking: Strategic Planning. *Journal of Indian Management*, 7(4), 5–12.
- Breil, B. 2018. Teacher's Toolkit: Using a Systems Thinking Approach to Figure Out Why a Ball Drops, Bounces, and Stops. *Science Scope*, 42(4), 74–83.
- Buyung, & Dwijanto. 2017. Analisis Kemampuan Literasi Matematis melalui Pembelajaran Inkuiri dengan Strategi Scaffolding. *Unnes Journal of Mathematics Education Research*, 6(1), 112–119.
- 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. *PLoS ONE*, 12(4), 1-11.
- Cohen, J. 1988. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences Second Edition*. Hillsdale N.J: L. Erlbaum Associates. 579 hlm.
- Diani, R., Yuberti, Y., & Syarlisjswan, M. R. 2018. Web-Enhanced Course Based on Problem-Based Learning (PBL): Development of Interactive Learning Media for Basic Physics II. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 7(1), 105–116.
- Dini, S. U., Maharta, N., & Suana, W. 2017. Pengembangan Video Pembelajaran Flipped Classroom pada Materi Dinamika Rotasi Berbasis STEM. *Prosiding SKF*, 231–240.

- Fathurrohman, M. 2015. *Model-Model Pembelajaran Inovatif*. Yogyakarta: Arruzz Media. 244 hlm.
- Hau, R. R. H., & Sumarli. 2021. Identifikasi Penerapan Teori Belajar dalam Pembelajaran Fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Sains*, 3(1), 1–8.
- Hidayatno, A. 2016. *Berpikir Sistem: Pola Berpikir untuk Pemahaman Masalah yang Lebih Baik*. Universitas Indonesia.
<https://www.researchgate.net/publication/302412744>
- Husein, S., Herayanti, L., & Gunawan. 2015. Pengaruh Penggunaan Multimedia Interaktif terhadap Penguasaan Konsep dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Suhu dan Kalor. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, I (3), 221–225.
- Jauhariyah, M. N. R., Hariyono, E., Abidin, E. N., & Prahani, B. K. 2019. Fostering Prospective Physics Teachers' Creativity in Analysing Education for Sustainable Development Based Curricula. *Journal of Physics: Conference Series*, 1417(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1417/1/012086>
- Jauhariyyah, F. R., Suwono, H., & Ibrohim. 2017. Science, Technology, Engineering and Mathematics Project Based Learning (STEM-PjBL) pada Pembelajaran Sains. *Prosiding Seminar Pendidikan IPA Pascasarjana UM*, 2, 432–436.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. 2016. A Conceptual Framework for Integrated STEM Education. In *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1–11. Springer. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kemendikbud. 2013. *Permendiknas RI No. 70 Tahun 2013 Tentang Kerangka dan Struktur Kurikulum Sekolah Menengah Kejuruan/ Madarasah Aliyah Kejuruan*.
- Kemendikbud. 2018. *Buku Tematik Terpadu Tema 4 Globalisasi Kurikulum 2013*. Jakarta: Kemendikbud Republik Indonesia. 169 hlm.
- Kurniasih, I., & Sani, B. 2016. *Ragam Pengembangan Model Pembelajaran untuk Peningkatan Profesionalitas Guru*. Jakarta: Kata Pena. 128 hlm.
- Lavanya, B., & Saraswathi, S. 2014. Education for Sustainable Development. *International Journal of Innovative Technology & Adaptive Management (IJITAM)*, 1(5), 132–136.
- Mambrey, S., Schreiber, N., & Schmiemann, P. 2022. Young Students' Reasoning about Ecosystems: the Role of Systems Thinking, Knowledge, Conceptions, and Representation. *Research in Science Education*, 52(1), 79–98. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09917-x>
- Masgumelar, N. K., & Mustafa, P. S. 2021. Teori Belajar Konstruktivisme dan Implikasinya dalam Pendidikan dan Pembelajaran. *GHAITSA: Islamic Education Journal*, 2(1), 49–57.

- Mau'izhah, F. R., Rahman, T., & Mulyana, E. H. 2021. Dasar Pengembangan Media Sailboats a Track Model Pembelajaran STEM untuk Kelompok B Sub Tema Benda-Benda Alam. *Jurnal PAUD Agapedia*, 5(1), 90–99.
- Maulidia, A., Lesmono, A. D., & Supriadi, B. 2019. Inovasi Pembelajaran Fisika Melalui Penerapan Model PBL (Problem Based Learning) dengan Pendekatan STEM Education untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa pada Materi Elastisitas dan Hukum Hooke di SMA. *Seminar Nasional Pendidikan Fisika*, 4(1), 185–190.
- 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). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1013/1/012046>
- Mulyana, K. M., Abdurrahman, A., & Rosidin, U. 2018. Implementasi Pendekatan Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) untuk Menumbuhkan Skill Multirepresentasi Siswa SMA pada Materi Hukum Newton Tentang Gerak. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 69–75.
- Mustofa, H., Jazeri, M., Mu, E., Setyowati, E., Wijayanto, A., & Tulungagung, I. 2021. Strategi Pembelajaran Scaffolding dalam Membentuk Kemandirian Belajar Siswa. *AL FATIHA*, 1(1), 42–52
- Novitasari, R. A. 2017. Peningkatan Kreativitas dan Hasil Belajar IPA Siswa Kelas 5 SD Taruna Bangsa Melalui Pendekatan Problem Based Learning. *Jurnal Handayani*, 7(2), 82–91.
- 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.
- Piaget, J. 1971. *Science Education and The Psychology The Child*. New York: Viking Press. 186 hlm.
- Prabawani, B., Hadi, S. P., Zen, I. S., Afrizal, T., & Purbawati, D. 2020. Education for Sustainable Development as Diffusion of Innovation of Secondary School Students. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 22(1), 84–97.
- Pratiwi, I. I., Fany, A., Wijaya, C., & Ramalis, R. 2019. Penerapan PBL dengan Konteks ESD untuk Meningkatkan Hasil Belajar Kognitif Peserta Didik. *Universitas Negeri Jakarta Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*, 1–8. <https://doi.org/10.21009/03.SNF2019>
- Purnamasari, S., & Hanifah, A. N. 2021. Education for Sustainable Development (ESD) dalam Pembelajaran IPA. *Jurnal Kajian Pendidikan IPA*, 1(2), 69–75.

- Puspita, M., Slameto, & Setyaningtyas, E. W. 2018. Peningkatkan Hasil Belajar Matematika Siswa Kelas 4 SD Melalui Model Pembelajaran Problem Based Learning. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 1(1), 120–125.
- Putri, A. R. P., Faradita, M. N., & Putra, D. A. 2021. Analisis Problem Based Learning Terintegrasi STEM di SD Muhammadiyah 26 Surabaya pada Masa Belajar dari Rumah. *Jurnal IKA: Ikatan Alumni PGSD UNARS*, 10(2), 457–466.
- Rahayu, S., Abdurrahman, A., & Suana, W. 2022. Implementasi PBL Terintegrasi STEM dengan Flipped Classroom untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Sistem Siswa SMA pada Topik Usaha dan Energi. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 13(2), 233–242.
- Rahmawati, S., Roshayanti, F., Susatyo Nugroho, A., & Saipul Hayat, M. 2021. Potensi Implementasi Education for Sustainable Development (ESD) dalam Pembelajaran IPA di MTs Nahdlatul Ulama Mranggen Kabupaten Demak. *Jurnal Kualita Pendidikan*, 2(1), 2774–2156.
- Rizki, A. P. 2019. *Penerapan Model Pembelajaran Problem Solving Berbasis ESD untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA pada Materi Momentum dan Impuls*. Universitas Pendidikan Indonesia. 93 hlm.
- Rohmadi, S. H. 2018. Pengembangan Berpikir Kritis (Critical Thinking) dalam Alquran: Perspektif Psikologi Pendidikan. *Jurnal Psikologi Islam*, 5(1), 27–36.
- Roshayanti, F. 2021. *Implementasi Education for Sustainable Development (ESD) dalam Pembelajaran IPA Tahun 2021*. Universitas PGRI Semarang: Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam. 38 hlm.
<https://online.anyflip.com/lueho/ozwr/mobile/>
- Rosidin, U. 2017. *Evaluasi dan Asesmen Pembelajaran*. Yogyakarta: Media Akademi. 316 hlm.
- Sanders, M., Hyuksoo, K., Kyungsuk, P., & Hyonyong, L. 2011. Integrative STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Education: Contemporary Trends and Issues. *Secondary Education*, 59, 729–762.
- Saputro, M. N. A., & Pakpahan, P. L. 2021. Mengukur Keefektifan Teori Konstruktivisme dalam Pembelajaran. *Journal of Education and Instruction (JOEAI)*, 4(1), 24–39.
- Segara, N. B. 2015. Education for Sustainable Development (ESD) Sebuah Upaya Mewujudkan Kelestarian Lingkungan. *Sosio Didaktika: Social Science Education Journal*, 2(1), 22–30.
- Sri, T. S. 2016. *Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa melalui Pembelajaran Berbasis Masalah*, 5(2).

- Suardipa, I. P. 2020. Proses Scaffolding pada Zone of Proximal Development (ZPD) dalam Pembelajaran. *Widyacarya*, 4(1), 79–92.
- Sugrah, N. 2019. Implementasi Teori Belajar Konstruktivisme dalam Pembelajaran Sains. *Humanika, Kajian Ilmiah Mata Kuliah Umum*, 19(2), 121–138.
- Sukmana, R. W. 2017. Pendekatan Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) sebagai Alternatif dalam Mengembangkan Minat Belajar Peserta Didik Sekolah Dasar. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 2(2), 191–199.
- . 2018. Implementasi Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar. *Primaria Educationem Journal*, 1(2).
- Suparlan, S. 2019. Teori Konstruktivisme dalam Pembelajaran. *Jurnal Keislaman dan Ilmu Pendidikan*, 1(2), 79–88.
- Suyatna, A. 2017. *Uji Statistik Berbantuan SPSS untuk Penelitian Pendidikan*. Media Akademi. 115 hlm.
- Torlakson, T. 2014. *INNOVATE: A Blueprint for Science, Technology, Engineering, and Mathematics in California Public Education*. Departement of Education.
- UNESCO. 2017. *Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives*. ed. UNESCO.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444> (September 12, 2022)
- . 2020. *Education for Sustainable Development: a Roadmap Corporate*.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374802>
- Urfany, N., Afifah, A., & Nuryani, N. 2020. Teori Konstruktivistivisme dalam Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Dan Dakwah*, 2(1), 109–116.
- Vygotsky, L. S. 1934. *Thinking and Speech*. New York: Plenum Press. 210 hlm.
- Wilujeng, I., Dwandaru, W. S. B., & Rauf, R. A. B. A. 2019. The Effectiveness of Education for Environmental Sustainable Development to Enhance Environmental Literacy in Science Education: A Case Study of Hydropower. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(4), 521–528.
- Winarni, J., Zubaidah, S., & H, S. K. 2016. STEM: apa, mengapa, dan bagaimana. In *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan IPA Pascasarjana UM*, 976
- Zoller, U., & Nahum, T. L. 2012. From Teaching to Know to Learning to Think in Science Education. *Second International Handbook of Science Education*, 1(16), 209–229.