

**PENGARUH PENGGUNAAN MODEL PEMBELAJARAN PJBL
TERINTEGRASI STEAM BERBANTUAN *E*-LKPD TERHADAP
KETERAMPILAN KOLABORASI DAN BERPIKIR KRITIS
PESERTA DIDIK SMA PADA MATERI
ENERGI TERBARUKAN**

(Skripsi)

Oleh

**ANISA PRAMITA
NPM 1913022016**



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

ABSTRAK

PENGARUH PENGGUNAAN MODEL PEMBELAJARAN PJBL TERINTEGRASI STEAM BERBANTUAN *E*-LKPD TERHADAP KETERAMPILAN KOLABORASI DAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK SMA PADA MATERI ENERGI TERBARUKAN

Oleh

ANISA PRAMITA

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan *e*-LKPD terhadap keterampilan kolaborasi dan berpikir kritis peserta didik SMA pada materi energi terbarukan, serta hubungan antara keterampilan kolaborasi dan berpikir kritis peserta didik. Penelitian ini dilaksanakan di SMA Al-Kautsar Bandar Lampung tahun pelajaran 2022/2023 dengan sampel kelas X 3 sebagai kelas eksperimen dan kelas X 2 sebagai kelas kontrol. Desain penelitian yang digunakan adalah *Quasi Experimental Designs* dengan jenis *Non-Equivalent Control Group Design*. Pengumpulan data yang digunakan, yaitu lembar angket yang berjumlah 12 pernyataan, observasi yang berjumlah 6 *task* kinerja, dan soal tes yang berjumlah 10 butir soal. Uji hipotesis menggunakan Uji *Independent Sample T-Test* dan Uji Korelasi Bivariat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang lebih besar antara kelas eksperimen yang menggunakan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan *e*-LKPD dibandingkan dengan kelas kontrol yang menggunakan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan LKPD terhadap keterampilan kolaborasi dan berpikir kritis peserta didik. Adapun hasil nilai signifikansi yang didapatkan $0,000 \leq 0,05$ dan $0,017 \leq 0,05$. Hubungan antara keterampilan kolaborasi dan berpikir kritis menunjukkan nilai signifikansi $0,000 \leq 0,05$ dengan *pearson correlation* 0,592, terdapat hubungan yang positif antara keterampilan kolaborasi dengan berpikir kritis peserta didik.

Kata kunci: *Project-based Learning*; STEAM; Kolaborasi; Berpikir Kritis

**PENGARUH PENGGUNAAN MODEL PEMBELAJARAN PJBL
TERINTEGRASI STEAM BERBANTUAN *E*-LKPD TERHADAP
KETERAMPILAN KOLABORASI DAN BERPIKIR KRITIS
PESERTA DIDIK SMA PADA MATERI
ENERGI TERBARUKAN**

Oleh

ANISA PRAMITA

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 : **PENGARUH PENGGUNAAN MODEL PEMBELAJARAN PJBL TERINTEGRASI STEAM BERBANTUAN E-LKPD TERHADAP KETERAMPILAN KOLABORASI DAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK SMA PADA MATERI ENERGI TERBARUKAN**

Nama Mahasiswa : **Anisa Pramita**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1913022016**

Program Studi : **Pendidikan Fisika**

Jurusan : **Pendidikan MIPA**

Fakultas : **Keguruan dan Ilmu Pendidikan**

MENYETUJUI

1. **Komisi Pembimbing**



Dr. Viyanti, M.Pd.
NIP 19800330 200501 2 001



Dr. Chandra Ertikanto, M.Pd.
NIP 19600315 198703 1 003

2. **Ketua Jurusan Pendidikan MIPA**



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

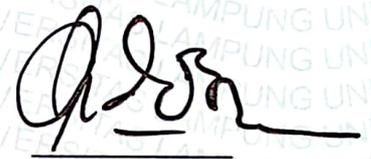
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

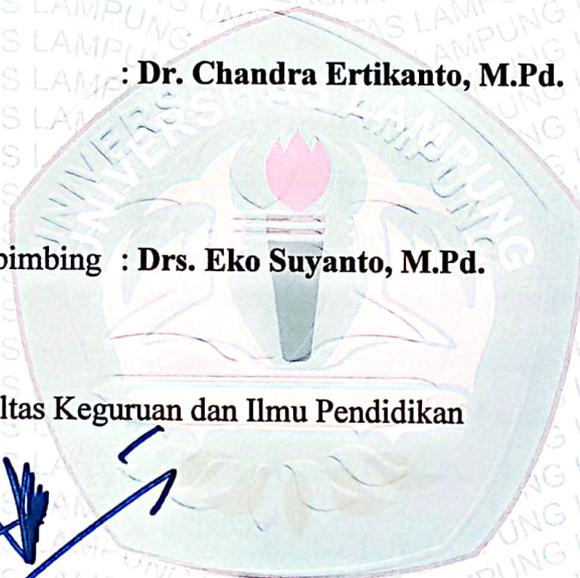
Ketua : **Dr. Viyanti, M.Pd.**



Sekretaris : **Dr. Chandra Ertikanto, M.Pd.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Drs. Eko Suyanto, M.Pd.**



Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 12 Juli 2023

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini adalah:

Nama : Anisa Pramita
NPM : 1913022016
Fakultas/ Jurusan : Keguruan dan Ilmu Pendidikan/ Pendidikan MIPA
Program Studi : Pendidikan Fisika
Alamat : Jalan Agus Salim, RT 006 RW 002, Bandar Jaya Barat,
Kecamatan Terbanggi Besar, Kabupaten Lampung
Tengah, Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu 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.

Bandarlampung, 12 Juli 2023



Anisa Pramita
NPM 1913022016

RIWAYAT HIDUP

Penulis memiliki nama lengkap Anisa Pramita, yang dilahirkan di Bandar Jaya pada tanggal 23 Agustus 2001. Penulis merupakan anak terakhir dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Halim dan Ibu Sri Astuti. Memiliki seorang kakak, yaitu M. Yusuf Yagoni.

Penulis mengawali pendidikan formal pada tahun 2006 di TK Aisyiyah Bustanul Athfal dan diselesaikan pada tahun 2007. Penulis melanjutkan pendidikan di SD Negeri 5 Bandar Jaya diselesaikan pada tahun 2013, SMP Negeri 3 Terbanggi Besar diselesaikan pada tahun 2016, dan SMA Negeri 1 Terbanggi Besar diselesaikan tahun 2019. Setelah itu, pada tahun yang sama penulis diterima di Program Studi Pendidikan Fisika, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menempuh pendidikan di Program Studi Pendidikan Fisika, penulis pernah menjadi Koordinator Humas pada kegiatan Temu Kader tahun 2020 yang diadakan oleh Koperasi Mahasiswa (KOPMA) Universitas Lampung, Sekretaris Pelaksana pada kegiatan Kelas Pendidikan Koperasi tahun 2021 yang diadakan oleh KOPMA UNILA, Koordinator Kestari pada kegiatan Gelaran Lomba Sains dan Silaturahmi Pendidikan Fisika (GLORASKA) tahun 2021 yang diadakan oleh Aliansi Mahasiswa Pendidikan Fisika (ALMAFIKA), dan Wakil Sekretaris Pelaksana pada kegiatan Orientasi Mahasiswa Pendidikan Fisika (OPTIKA) tahun 2021 yang diadakan oleh ALMAFIKA. Selain itu, penulis pernah menjadi Staf Terbaik Bidang Litbang Periode 1 dalam kepengurusan KOPMA UNILA Periode 2021/2022, serta mengikuti pelaksanaan Kuliah Kerja Nyata (KKN) tahun 2022 di Desa Rama Dewa Kecamatan Seputih Raman dan Pengalaman Lapangan

Persekolahan (PLP) tahun 2022 di SD Negeri 2 Rama Dewa. Penulis juga pernah mengikuti program Magang & Studi Independen Bersertifikat (MSIB) *Batch 3* Tahun 2022 pada kegiatan Studi Independen “*21st Century Digital Educator*” oleh PT Semesta Integrasi Digital.

MOTTO

“Wahai orang-orang yang beriman! Mohonlah pertolongan (kepada Allah) dengan sabar dan salat. Sungguh, Allah beserta orang-orang yang sabar”

(Q.S. Al-Baqarah: 153)

“Dan barang siapa bertakwa kepada Allah, niscaya Allah menjadikan baginya kemudahan dalam urusannya”

(Q.S. At-Talaq: 4)

“Tidak ada yang sia-sia, semua yang terjadi pasti ada sebab dan akibat maka tetaplah bersyukur dan berdoa”

(Anisa Pramita)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah rabbi 'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Persembahan skripsi ini sebagai tanda bukti dan kasih sayang yang tulus kepada:

1. Kedua orang tua terkasih, Bapak Halim dan Ibu Sri Astuti yang telah merawat, membesarkan, dan mendidik dengan penuh cinta dan kasih sayang. Terima kasih atas waktu, materi, usaha, kerja keras, doa, serta kasih sayang yang telah diberikan;
2. Kakak (Muhamad Yusuf Yagoni, A.Md.) dan mbak ipar (Hendita Emy Susanti, S.Farm.), terima kasih selalu mendoakan dan memberikan dukungan, baik materi maupun morel;
3. Sepupu (Nadia Alisa Azzahra) dan Keponakan (Edmund Wilaga Arjuna), terima kasih selalu menghibur;
4. Keluarga besar kedua orang tua;
5. Semua sahabat dan teman yang senantiasa mengingatkan, memberikan dukungan, dan tulus mendampingi dari awal hingga saat ini;
6. Keluarga besar Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Lampung;
7. Almamater tercinta, Universitas Lampung.

SANWACANA

Alhamdulillah rabbil ‘alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Penggunaan Model Pembelajaran PjBL Terintegrasi STEAM Berbantuan *e*-LKPD terhadap Keterampilan Kolaborasi dan Berpikir Kritis Peserta Didik SMA pada Materi Energi Terbarukan” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung. Selawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Rasulullah Muhammad ﷺ yang dinantikan syafaatnya di yaumul akhir kelak.

Penulis menyadari bahwa terdapat bantuan dari berbagai pihak dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, 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 Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung;
3. Bapak Prof. Undang Rosidin, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA Universitas Lampung;
4. Ibu Dr. Viyanti, M.Pd., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Lampung dan Pembimbing Akademik sekaligus Pembimbing I, atas kesabaran dan keikhlasan beliau dalam memberikan bimbingan, saran, dan kritik, serta motivasi kepada penulis selama proses penyusunan skripsi;
5. Bapak Dr. Chandra Ertikanto, M.Pd., selaku Pembimbing II, atas kesabaran dan keikhlasan beliau dalam memberikan bimbingan, saran, dan kritik, serta motivasi kepada penulis selama proses penyusunan skripsi;

6. Bapak Drs. Eko Suyanto, M.Pd., selaku Pembahas, atas kesabaran dan keikhlasan beliau dalam memberikan saran dan kritik kepada penulis selama proses penyusunan skripsi;
7. Bapak dan Ibu Dosen serta Staf Program Studi Pendidikan Fisika dan Jurusan Pendidikan MIPA Universitas Lampung;
8. Bapak H. Eko Anzair, M.Si., selaku Kepala SMA Al-Kautsar Bandar Lampung yang telah memberikan izin untuk melaksanakan penelitian;
9. Ibu Miftahul Hasanah, S.Pd., selaku Guru Mitra SMA Al-Kautsar Bandar Lampung yang telah banyak membantu dan bekerjasama selama penelitian berlangsung;
10. Peserta didik kelas X 2 dan X 3 yang telah membantu lancarnya proses pembelajaran;
11. Sahabat dari kecil, Ayu, Fani, Linda, Anggi, Via, dan Ana, yang telah mendoakan dan memberikan semangat untuk menyelesaikan skripsi;
12. Sahabat seperjuangan kosan Asrama Genta, Della, Dita, Noeris, Diyah, Pebby, Qori, dan Nida, yang telah memberikan bantuan, doa, dan semangat untuk menyelesaikan skripsi;
13. Rekan-rekan KKN Rama Dewa, Alfath Akbar, Dian, Matin, Merta, Ummi, dan Windi, yang telah memberikan bantuan dan mendoakan, serta saling menyemangati untuk menyelesaikan skripsi;
14. Rekan-rekan SIMPATI 2019 (Sofi, Cimay, Oliv, Intan, Onah, dan Bachri), yang telah memberikan masukan demi kelancaran penyelesaian skripsi;
15. Sahabat seperjuangan dalam suka-duka perkuliahan, Galuh, Mitha Nur, Revina, Rika, Fadilla, Andri, Ulfa, Kiky, dan Finka, yang telah memberikan bantuan, mendoakan, serta saling menguatkan dan menyemangati untuk menyelesaikan skripsi;
16. Teman-teman Sigma F19 yang telah menemani dalam perkuliahan;
17. *I wanna thanks me for everything, I believe I can get through all these blessings of Allah* سبحانه و تعالى;
18. Semua pihak yang telah membantu menyelesaikannya skripsi ini.

Semoga semua amal mendapat pahala serta balasan dari Allah SWT dan semoga skripsi ini bermanfaat. Aamiin.

Bandar Lampung, 12 Juli 2023

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Anisa Pramita', with a stylized flourish at the end.

Anisa Pramita

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Manfaat Penelitian.....	7
1.5 Ruang Lingkup	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kerangka Teoritis	9
2.1.1 Model Pembelajaran <i>Project-based Learning</i> (PjBL)	9
2.1.2 Pendekatan STEAM di Pembelajaran Energi Terbarukan.....	12
2.1.3 Model Pembelajaran PjBL Terintegrasi STEAM	15
2.1.4 <i>E-LKPD</i> Model Pembelajaran PjBL Terintegrasi STEAM.....	17
2.1.5 Keterampilan Kolaborasi dalam Pembelajaran.....	19
2.1.6 Keterampilan Berpikir Kritis dalam Pembelajaran	22
2.2 Penelitian yang Relevan	24
2.3 Kerangka Pemikiran	27
2.4 Anggapan Dasar	30
2.5 Hipotesis Penelitian	30
III. METODE PENELITIAN	
3.1 Pelaksanaan Penelitian	31
3.2 Populasi dan Penelitian	31
3.3 Variabel Penelitian	31
3.4 Desain Penelitian	32
3.5 Prosedur Pelaksanaan Penelitian	33
3.6 Instrumen Penelitian.....	34
3.7 Analisis Instrumen Penelitian.....	35
3.7.1 Uji Validitas	35
3.7.2 Uji Reliabilitas	36
3.8 Teknik Pengumpulan Data	37

3.9 Analisis Data dan Pengujian Hipotesis	38
3.9.1 Analisis Data	38
3.9.2 Pengujian Hipotesis.....	41
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Penelitian.....	44
4.1.1 Pelaksanaan Penelitian	44
4.1.2 Hasil Uji Instrumen Penelitian	47
4.1.3 Data Kuantitatif Hasil Penelitian	49
4.1.4 Analisis Data	53
4.1.5 Uji Hipotesis	57
4.2 Pembahasan	60
4.2.1 Pengaruh Penggunaan Model Pembelajaran PjBL Terintegrasi STEAM Berbantuan <i>e</i> -LKPD terhadap Keterampilan Kolaborasi Peserta Didik SMA pada Materi Energi Terbarukan	60
4.2.2 Pengaruh Penggunaan Model Pembelajaran PjBL Terintegrasi STEAM Berbantuan <i>e</i> -LKPD terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik SMA pada Materi Energi Terbarukan	66
4.2.3 Hubungan Antara Keterampilan Kolaborasi dan Berpikir Kritis Peserta Didik	73
V. SIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Simpulan.....	75
5.2 Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN.....	83

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Indikator Keterampilan Berpikir Kritis	23
2. Penelitian yang Relevan	24
3. Koefisien Validitas	36
4. Koefisien Reliabilitas	37
5. Kategori Nilai <i>N-gain</i>	39
6. Kriteria Interpretasi Observasi	40
7. Hasil Uji Validitas Instrumen Lembar Soal Tes	48
8. Hasil Uji Reliabilitas Instrumen Lembar Soal Tes	49
9. Data Kuantitatif Lembar Angket	50
10. Data Kuantitatif Lembar Observasi	50
11. Data Kuantitatif Lembar Soal Tes	51
12. Analisis Butir Lembar Angket dan Observasi	51
13. Analisis Butir Soal Lembar Soal Tes	52
14. Rata-rata <i>N-gain</i> Lembar Soal Tes	53
15. Hasil Uji Normalitas Lembar Angket	54
16. Hasil Uji Normalitas Lembar Soal Tes	54
17. Hasil Uji Homogenitas Lembar Angket	55
18. Hasil Uji Homogenitas Lembar Soal Tes	56
19. Data Lembar Observasi	56
20. Hasil Uji <i>Independent Sample t-Test</i> Lembar Angket	57
21. Hasil Uji <i>Independent Sample t-Test</i> Lembar Soal Tes	58
22. Hasil Uji Normalitas untuk Uji Korelasi Bivariat	59
23. Hasil Uji Korelasi Bivariat	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Pikir Penelitian	29
2. Desain <i>Non-Equivalent Control Group Design</i>	32
3. Grafik Hasil Rata-rata Angket Kolaborasi.....	61
4. Hasil Pengisian Angket Kolaborasi Peserta Didik.....	62
5. Menyelesaikan Laporan	64
6. Grafik Hasil Rata-rata <i>N-gain</i> Berpikir Kritis	68
7. Hasil Jawaban <i>e-LKPD</i>	70
8. Hasil <i>Posttest</i> Peserta didik.....	70

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Pedoman dan Transkrip Wawancara Guru	84
2. Alur Tujuan Pembelajaran	87
3. Modul Ajar Umum Kelas Eksperimen.....	89
4. Modul Ajar Umum Kelas Kontrol	130
5. <i>E</i> -LKPD Kelas Eksperimen	165
6. LKPD Kelas Kontrol.....	166
7. Jawaban Lembar Kerja Peserta Didik.....	176
8. Rubrik Penilaian Lembar Kerja Peserta Didik.....	182
9. Rubrik Penilaian Produk	186
10. Rubrik Penilaian Presentasi	187
11. Hasil Data Penilaian Proses Kelas Eksperimen	188
12. Hasil Data Penilaian Proses Kelas Kontrol.....	190
13. Instrumen Lembar Angket (Mengukur Kolaborasi)	192
14. Kisi-Kisi Instrumen Lembar Observasi (Mengukur Kolaborasi)	194
15. Instrumen Lembar Observasi (Mengukur Kolaborasi)	197
16. Kisi-Kisi Instrumen Lembar Soal Tes (Mengukur Berpikir Kritis).....	198
17. Instrumen Lembar Soal Tes (Mengukur Berpikir Kritis)	200
18. Rubrik Penilaian Lembar Soal Tes (Mengukur Berpikir Kritis).....	206
19. Data untuk Uji Validitas dan Reliabilitas (Berpikir Kritis)	210
20. Hasil Uji Validitas Lembar Soal Tes Berpikir Kritis	211
21. Hasil Uji Reliabilitas Lembar Soal Tes Berpikir Kritis	213
22. Data Lembar Angket Kelas Eksperimen (Mengukur Kolaborasi).....	214
23. Data Lembar Angket Kelas Kontrol (Mengukur Kolaborasi)	216
24. Data Lembar Observasi Kelas Eksperimen (Mengukur Kolaborasi).....	218
25. Data Lembar Observasi Kelas Kontrol (Mengukur Kolaborasi)	220
26. Data <i>Pretest</i> Kelas Eksperimen (Mengukur Berpikir Kritis).....	222

27. Data <i>Posttest</i> Kelas Eksperimen (Mengukur Berpikir Kritis)	224
28. Data <i>Pretest</i> Kelas Kontrol (Mengukur Berpikir Kritis)	226
29. Data <i>Posttest</i> Kelas Kontrol (Mengukur Berpikir Kritis)	228
30. Data Kuantitatif Keterampilan Kolaborasi	230
31. Data Kuantitatif Keterampilan Berpikir Kritis.....	231
32. Hasil Analisis Data Keterampilan Kolaborasi	233
33. Hasil Analisis Data Keterampilan Berpikir Kritis	234
34. Hasil Uji Hipotesis	236
35. Surat Balasan Penelitian.....	238
36. Dokumentasi	239

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pendidikan merupakan faktor utama yang mempengaruhi kemajuan generasi penerus bangsa, untuk menciptakan generasi penerus bangsa yang berkualitas diperlukan pendidikan yang juga bermutu. Semakin baik atau bermutu pendidikan maka akan semakin maju generasi penerus bangsa karena pendidikan menjadi tempat generasi penerus bangsa berkembang. Menjadikan pendidikan bermutu telah diatur dalam Undang-Undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional yang berisi segala hal mengenai pelaksanaan pendidikan di Indonesia. Salah satu hal yang dibahas tersebut adalah penggunaan kurikulum dalam kegiatan pembelajaran. Kurikulum pendidikan akan digunakan sebagai pedoman dalam proses kegiatan pembelajaran yang berisi materi, ruang lingkup, tujuan pembelajaran, dan strategi pembelajaran (Indarta dkk., 2022).

Kurikulum pendidikan terus dikembangkan dan direvisi sesuai dengan kebutuhan peserta didik untuk menghadapi tantangan-tantangan pada era *society* 5.0. Era *society* 5.0 merupakan pengembangan revolusi industri 4.0 dengan memanfaatkan teknologi (Indarta dkk., 2022). Kurikulum terbaru yang digunakan saat ini di Indonesia adalah Kurikulum Merdeka Belajar yang digagas Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia (Kemendikbud Ristek RI) tahun 2022. Tujuan Kurikulum Merdeka Belajar adalah untuk mengembangkan keterampilan dan kepribadian sesuai dengan profil pelajar Pancasila (Nurasiah dkk., 2022). Profil pelajar Pancasila tersebut meliputi beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa dan berakhlak mulia, berkebinekaan global,

mandiri, bergotong-royong, bernalar atau berpikir kritis, dan kreatif. Profil pelajar Pancasila tersebut dibuat untuk menghadapi tantangan pada pembelajaran abad ke-21 yang sedang menghadapi era *society* 5.0. Adapun keterampilan pada pembelajaran abad ke-21 adalah 6C meliputi *critical thinking, collaboration, communication, creativity, citizenship/ culture*, dan *character education/ connectivity* (Nadiroh *et al.*, 2021). Selain itu, Kurikulum Merdeka Belajar dikembangkan dengan harapan dapat melahirkan generasi penerus bangsa yang dapat memahami materi atau informasi yang diajarkan oleh guru dengan cepat, bukan hanya pandai mengingat atau menghafal materi pelajaran, serta diharapkan peserta didik terampil dalam menggunakan teknologi dalam proses pembelajaran (Indarta dkk., 2022).

Keterampilan pada pembelajaran abad ke-21 yang sesuai dengan profil pelajar Pancasila, yaitu bergotong-royong adalah keterampilan *collaboration* (kolaborasi). Keterampilan kolaborasi penting untuk dilatih sejak dini karena dengan berkolaborasi, pikiran peserta didik akan terbuka lebar karena mereka akan mendengar wawasan dan ide baru dari teman-temannya yang mungkin belum pernah terlintas dibenak mereka sehingga peserta didik akan lebih mudah berkembang (Mashud dkk., 2022). Melatih keterampilan kolaborasi diharapkan peserta didik nantinya dapat lebih berkembang dan melakukan kegiatan yang bersifat kolaboratif dengan berbagai pihak, serta dapat juga menyiapkan peserta didik untuk siap terjun ke dalam dunia kerja. Hal ini karena pada dasarnya manusia adalah makhluk sosial sehingga saling membutuhkan dan butuh berkolaborasi dengan baik agar dapat menjalani kehidupan dengan harmonis.

Keterampilan lain pada pembelajaran abad ke-21 yang sesuai dengan profil pelajar Pancasila, yaitu *critical thinking* (berpikir kritis). Ternyata keterampilan kolaborasi mempengaruhi juga keterampilan berpikir kritis. Keterampilan berpikir kritis peserta didik kurang berkembang atau dapat dikatakan rendah karena rendahnya keterampilan kolaborasi peserta didik,

yang mengakibatkan kurang terbukanya pikiran peserta didik. Hal ini didukung oleh (Robbins & Hoggan, 2019) bahwa pembelajaran terstruktur kolaboratif atau yang disusun secara kolaboratif akan melibatkan peserta didik secara aktif dalam proses pembelajaran dan dapat mengembangkan pola pikir kritis peserta didik. Menurut (Arini & Juliadi, 2018) bahwa pada mata pelajaran fisika dapat dipelajari dengan baik jika tidak dilakukan dengan cara menghafal, yaitu dengan cara mengerjakan soal-soal, memikirkan cara merumuskan masalah, memikirkan solusi atau penyelesaian, mengkaji langkah-langkah penyelesaian, membuat hipotesis jika data yang disajikan kurang lengkap, hal ini diperlukan sebuah kegiatan berpikir yang disebut berpikir kritis. Keterampilan berpikir kritis ini sangat dibutuhkan peserta didik untuk lebih dapat memahami suatu pelajaran dengan baik, terutama pelajaran yang bukan hanya membutuhkan kemampuan menghafal seperti mata pelajaran fisika. Selain itu, keterampilan berpikir kritis juga dapat memudahkan peserta didik untuk membentuk konsep, memahami realita, dan dapat memecahkan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari (Astri dkk., 2022).

Kenyataannya, keterampilan kolaborasi peserta didik jarang dilatihkan oleh guru dan keterampilan berpikir kritis peserta didik tergolong cukup rendah. Hal tersebut sejalan dengan penelitian (Mashud dkk., 2022) bahwa keterampilan kolaborasi peserta didik tergolong jarang dilatihkan oleh guru dan ketercapaiannya belum maksimal, serta berdasarkan hasil akreditasi beberapa sekolah (asesor BAN-S/M) pada Instrumen Akreditasi Satuan Pendidikan (IASP) 2021 butir 6 (peserta didik menunjukkan keterampilan kolaborasi sesuai karakteristik), hampir semua sekolah tidak dapat menunjukkan data tergalinya keterampilan kolaborasi. Selanjutnya, menurut penelitian (Arini & Juliadi, 2018) bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik tergolong cukup rendah karena rata-rata di bawah Kriteria Ketuntasan Minimum (KKM), sedangkan menurut penelitian (Astri dkk., 2022) peserta didik belum menunjukkan keterampilan berpikir kritis karena minimnya keterlibatan dalam pembelajaran atau tergolong pasif.

Keterampilan kolaborasi yang jarang dilatih dan rendahnya keterampilan berpikir kritis ditemui juga di SMA Al-Kautsar Bandar Lampung.

Berdasarkan hasil studi pendahuluan yang telah dilakukan peneliti diperoleh bahwa guru jarang melatih keterampilan kolaborasi peserta didik karena guru lebih banyak melakukan metode ceramah dan tanya-jawab. Selain itu, guru tidak menilai keterampilan kolaborasi dengan indikator keterampilan yang jelas, hanya menilai saat menyajikan presentasi dan hasil laporannya. Hasil studi pendahuluan diperoleh bahwa mengukur keterampilan berpikir kritis peserta didik berdasarkan penilaian harian peserta didik dan didapatkan hasilnya sebagian besar peserta didik memiliki keterampilan berpikir kritis tergolong cukup rendah. Hal ini karena guru lebih banyak mendominasi dalam pembelajaran dan aktivitas pembelajaran dilakukan dengan berpusat pada guru (*teacher centered*), bukan berpusat kepada peserta didik sehingga keterampilan berpikir kritis peserta didik kurang berkembang. Padahal keterampilan kolaborasi dan berpikir kritis ini sangat penting, serta sesuai dengan profil pelajar Pancasila dan pembelajaran abad ke-21, untuk itu diperlukan pembelajaran yang dapat melatih dan meningkatkan keterampilan kolaborasi dan berpikir kritis peserta didik. Salah satu cara melatih dan meningkatkan keterampilan kolaborasi dan berpikir kritis peserta didik adalah dengan menggunakan model pembelajaran yang sesuai. Model pembelajaran yang diharapkan dapat melatih dan meningkatkan keterampilan kolaborasi dan berpikir kritis peserta didik adalah model pembelajaran *Project-based Learning* (PjBL).

Model pembelajaran PjBL merupakan model pembelajaran berbasis proyek yang disarankan untuk digunakan pada Kurikulum Merdeka Belajar sebagai penguatan profil pelajar Pancasila dalam satuan pendidikan untuk meningkatkan keterampilan pada pembelajaran abad ke-21. Model pembelajaran PjBL menerapkan pembelajaran yang bersifat kreatif, inovatif, dan kontekstual untuk membuat suatu proyek atau karya dari suatu materi pembelajaran dengan aktivitas pembelajaran sepenuhnya berpusat pada peserta didik (Astri dkk., 2022). Model pembelajaran PjBL bukan hanya

pembelajaran yang menghasilkan karya, tetapi peserta didik secara aktif bebas mengeksplorasi persoalan yang kontekstual untuk mendapatkan pengetahuan yang lebih mendalam (Satria dkk., 2022). Selain itu, model pembelajaran PjBL memungkinkan peserta didik untuk terlibat aktif dalam membangun pengetahuan dan mengembangkan keterampilan dirinya, menggunakan kerja kelompok untuk membuat proyek sebagai aplikasi dari prinsip atau konsep yang dipelajari dengan guru sebagai fasilitator (Dinantika dkk., 2019). Penerapan model pembelajaran PjBL menjadikan peserta didik lebih bersemangat dalam proses kegiatan pembelajaran, serta dapat membangun dan meningkatkan keterampilan pada pembelajaran abad ke-21 (Hartati, 2022).

Model pembelajaran PjBL dapat diintegrasikan dengan pendekatan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics*). Pendekatan yang cocok dengan model pembelajaran PjBL adalah pendekatan STEAM, yang mengintegrasikan setiap komponen *science, technology, engineering, art, dan mathematics* dalam proyek pembelajaran yang dibuat (Annisa dkk., 2018). Pendekatan STEAM dapat melatih peserta didik untuk berpikir mencari solusi dari permasalahan yang ada dengan mengkreasikan ide-idenya yang terintegrasi seni (*art*) untuk menciptakan suatu proyek pembelajaran yang menyenangkan (Lestari, 2021). Pendekatan STEAM merupakan transformasi dari pendekatan STEM, yang kemudian ditambahkan komponen seni untuk lebih menggali potensi peserta didik dibandingkan dengan pendekatan sebelumnya (Anindya & Wusqo, 2020). Model pembelajaran PjBL yang diintegrasikan dengan pendekatan STEAM dapat memberikan kesan menyenangkan dan membuat peserta didik memunculkan seluruh potensinya (Hadinugrahaningsih dkk., 2017). Selain itu, model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik untuk memecahkan permasalahan yang diberikan dengan berdasarkan komponen *science, technology, engineering, art, dan mathematics*, serta akan terbentuknya dan

meningkatnya keterampilan kolaborasi dengan secara berkelompok menyelesaikan permasalahan yang diberikan tersebut (Santi, 2022).

Model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM pada prinsipnya dapat digunakan untuk melatih keterampilan kolaborasi dan berpikir kritis peserta didik, tetapi hal tersebut jarang dimanfaatkan teknologi digital dalam pembelajaran. Memanfaatkan aspek teknologi digital dalam pembelajaran, salah satunya dengan menggunakan lembar kerja peserta didik elektronik (*e-LKPD*). Penggunaan *e-LKPD* dalam pembelajaran dapat membuat pembelajaran menjadi lebih efektif dan menarik minat belajar peserta didik (Suryaningsih & Nurlita, 2021). Selain itu, penggunaan *e-LKPD* dalam pembelajaran dapat lebih menumbuhkan rasa ingin tahu dan memotivasi peserta didik untuk belajar fisika khususnya pada materi energi terbarukan yang tergolong baru di Kelas X pada Kurikulum Merdeka Belajar. Berdasarkan uraian permasalahan di atas maka peneliti telah melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Penggunaan Model Pembelajaran PjBL Terintegrasi STEAM Berbantuan *e-LKPD* terhadap Keterampilan Kolaborasi dan Berpikir Kritis Peserta Didik SMA pada Materi Energi Terbarukan”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, rumusan masalah penelitian ini sebagai berikut.

1. Apakah terdapat pengaruh penggunaan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan *e-LKPD* terhadap keterampilan kolaborasi peserta didik SMA pada materi energi terbarukan?
2. Apakah terdapat pengaruh penggunaan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan *e-LKPD* terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik SMA pada materi energi terbarukan?
3. Bagaimana hubungan antara keterampilan kolaborasi dan berpikir kritis peserta didik?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Mendeskripsikan pengaruh penggunaan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan *e-LKPD* terhadap keterampilan kolaborasi peserta didik SMA pada materi energi terbarukan.
2. Mendeskripsikan pengaruh penggunaan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan *e-LKPD* terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik SMA pada materi energi terbarukan.
3. Mendeskripsikan hubungan antara keterampilan kolaborasi dan berpikir kritis peserta didik.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi berbagai pihak diantaranya sebagai berikut.

1. Bagi peserta didik dapat melatih meningkatkan keterampilan kolaborasi dan berpikir kritis melalui model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan *e-LKPD* sehingga dapat meningkatkan prestasi belajar peserta didik.
2. Bagi guru dapat digunakan sebagai masukan dalam kegiatan pembelajaran di kelas menggunakan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan *e-LKPD* untuk meningkatkan keterampilan kolaborasi dan berpikir kritis peserta didik.
3. Bagi sekolah dapat memberikan sumbangan pemikiran dalam upaya meningkatkan kualitas pembelajaran fisika di sekolah.
4. Bagi peneliti lain dapat memberikan informasi atau referensi mengenai model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan *e-LKPD* dalam proses pembelajaran.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Sekolah yang digunakan untuk penelitian adalah SMA Al-Kautsar Bandar Lampung.
2. Menggunakan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM menurut (Anindya & Wusqo, 2020), dengan sintaks, yaitu *starting with essential questions, project design, monitoring the students and progress of projects*, dan *assessing the outcomes and evaluating the experience*.
3. Keterampilan kolaborasi yang digunakan menurut (Greenstein, 2012) dengan indikator, yaitu berkontribusi secara aktif, bekerja secara produktif, menunjukkan fleksibilitas dan kompromi, mengelola proyek dengan baik, menunjukkan sikap menghargai, dan menunjukkan tanggung jawab yang diadaptasi dari instrumen (Rahmawati, 2019).
4. Keterampilan berpikir kritis yang digunakan menurut (Ennis, 1985) dengan indikator, yaitu memberikan penjelasan sederhana, membangun keterampilan dasar, menyimpulkan, membuat penjelasan lebih lanjut, serta membuat strategi dan taktik.
5. Penelitian ini berorientasi pada peningkatan keterampilan kolaborasi dan berpikir kritis dengan menggunakan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan *e-LKPD* yang diadaptasi dari LKPD (Sarah, 2021).
6. Materi yang digunakan dalam penelitian adalah energi terbarukan fase E (Kelas X) pada Kurikulum Merdeka Belajar.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kerangka Teoritis

2.1.1 Model Pembelajaran *Project-based Learning* (PjBL)

Model pembelajaran PjBL merupakan model pembelajaran yang disarankan digunakan dalam Kurikulum Merdeka Belajar sebagai penguatan profil pelajar Pancasila. Model pembelajaran PjBL adalah model pembelajaran berbasis proyek yang menggunakan pendekatan pembelajaran inovatif yang berfokus memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk berkarya, dengan peserta didik melakukan pembelajaran yang kontekstual dengan melakukan aktivitas yang kompleks (Nugroho dkk., 2019). Model pembelajaran PjBL memberikan rasa kemandirian kepada peserta didik dan memberikan fokus yang seimbang antara aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik, dengan guru memberikan pengalaman yang bermakna dan hanya sebagai fasilitator (Astri dkk., 2022). Selain itu, model pembelajaran PjBL dapat memotivasi peserta didik untuk belajar, meningkatkan kreativitas dan berkolaborasi, menghasilkan ide-ide kreatif, dan melatih berpikir kritis ketika menangani suatu persoalan (Dinantika dkk., 2019).

Model pembelajaran PjBL memiliki karakteristik-karakteristik yang menjadi ciri khas dari model PjBL itu sendiri. Adapun karakteristik model PjBL menurut (Wulandari & Jannah, 2018), yaitu sebagai berikut. Terdiri atas tugas kompleks berdasarkan pertanyaan dan masalah dari guru.

1. Meminta peserta didik untuk merancang proyek, memecahkan masalah, membuat keputusan, dan melakukan investigasi.

2. Menuntut peserta didik memiliki kemampuan dan kemauan untuk bekerja dan belajar secara mandiri.
3. Mengharuskan peserta didik untuk berperan aktif dalam pemecahan masalah.
4. Peserta didik diminta untuk menampilkan suatu produk atau proyek sebagai hasil belajar.

Model pembelajaran memiliki kelebihan dan kelemahannya masing-masing, termasuk model pembelajaran PjBL. Adapun kelebihan dan kelemahan model pembelajaran PjBL, yaitu sebagai berikut.

1. Kelebihan
 - a. Meningkatkan motivasi ketika peserta didik berkomitmen untuk mencapai tujuan proyek dan menemukan bahwa pembelajaran proyek lebih menyenangkan.
 - b. Meningkatkan keterampilan pemecahan masalah yang menggambarkan lingkungan belajar berbasis proyek yang memberdayakan peserta didik untuk memecahkan masalah yang kompleks secara lebih proaktif.
 - c. Meningkatkan keterampilan kolaborasi dan komunikasi.
 - d. Meningkatkan keterampilan manajemen sumber daya, dengan peserta didik belajar dan berlatih mengatur proyek, mengalokasikan waktu, dan mengalokasikan sumber daya lain seperti peralatan untuk menyelesaikan tugas.
 - e. Meningkatkan keterampilan peserta didik dalam mengelola sumber belajar.
 - f. Mendorong peserta didik untuk mengembangkan dan melatih keterampilan komunikasi.
 - g. Memberikan pengalaman belajar yang dirancang untuk melibatkan peserta didik yang kompleks dan berkembang dengan dunia nyata.
 - h. Menciptakan suasana belajar yang menyenangkan agar peserta didik dan guru dapat menikmati proses pembelajaran (Rifa'i, 2022).

2. Kelemahan
 - a. Membutuhkan banyak waktu untuk memecahkan masalah dan menghasilkan produk.
 - b. Membutuhkan biaya yang besar.
 - c. Membutuhkan guru yang berkualitas, termotivasi, dan mau belajar.
 - d. Memerlukan fasilitas, peralatan, dan bahan yang memadai.
 - e. Tidak sesuai dengan peserta didik yang tidak memiliki pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan atau yang menyerah terlalu cepat.
 - f. Kesulitan untuk membuat semua peserta didik untuk berpartisipasi dalam kerja kelompok (Rifa'i, 2022).

Tahapan model pembelajaran PjBL, yaitu sebagai berikut.

1. Tahap penjelasan materi dan langkah-langkah model PjBL.
2. Tahap pembentukan kelompok, pengorganisasian peserta didik dan pengajuan pertanyaan esensial berdasarkan penjelasan materi yang dipelajari secara ringkas.
3. Tahap desain pengerjaan proyek yang dilakukan berkelompok.
4. Tahap bimbingan di laboratorium untuk melakukan penyelidikan dan juga eksperimen.
5. Tahap implementasi proyek dan melakukan pengawasan.
6. Tahap pengujian hasil pembelajaran dan evaluasi pengalaman (Setiawan, 2022).

Berdasarkan pemaparan di atas dapat dikatakan bahwa model pembelajaran PjBL merupakan model yang disarankan untuk digunakan dalam pembelajaran pada Kurikulum Merdeka Belajar, yang memiliki karakteristik utama menghasilkan suatu produk atau proyek sebagai hasil belajar. Model pembelajaran PjBL dapat melatih dan mengembangkan keterampilan kolaborasi, kreativitas, dan berpikir kritis peserta didik, serta dapat menyeimbangkan antara aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik. Oleh karena itu, model pembelajaran PjBL dinilai tepat untuk meningkatkan keterampilan kolaborasi dan berpikir kritis peserta didik. Namun, selain

memiliki kelebihan, model pembelajaran PjBL juga terdapat kelemahan-kelemahan.

2.1.2 Pendekatan STEAM di Pembelajaran Energi Terbarukan

STEAM merupakan kepanjangan dari *Science, Technology, Engineering, Art, dan Mathematics*. Pendekatan STEAM merupakan transformasi dari pendekatan STEM, yang kemudian ditambahkan komponen seni untuk lebih menggali potensi peserta didik dibandingkan dengan pendekatan sebelumnya, STEM (Anindya & Wusqo, 2020). STEAM merupakan penyatuan berbagai disiplin ilmu, yaitu sains, teknologi, teknik, seni, dan matematika dalam suatu pendekatan pembelajaran (Hadinugrahaningsih dkk., 2017). STEAM sebagai pendekatan pembelajaran merupakan sarana bagi peserta didik untuk mengembangkan ide-ide berbasis sains dan teknologi melalui kegiatan berpikir dan bereksplorasi untuk memecahkan masalah berdasarkan lima disiplin ilmu terpadu tersebut untuk menghasilkan solusi yang sangat tepat (Nurhikmayati, 2019). Selain itu, pembelajaran STEAM dapat menjembatani konsep yang abstrak dalam sains, teknologi, teknik, seni, dan matematika, yang dapat mendorong kreativitas, berpikir kritis, dan kolaborasi peserta didik (Lestari, 2021). Kelebihan dari pendekatan STEAM adalah mendorong peserta didik untuk berpikir secara holistik untuk memecahkan masalah berdasarkan lima disiplin ilmu terpadu tersebut sehingga peserta didik dapat berpikir kritis dan berkolaborasi untuk menemukan teknik dan desain untuk memecahkan suatu masalah tertentu (Santi, 2022).

Karakteristik dari pendekatan STEAM menurut (Taufiq dkk., 2022), yaitu sebagai berikut.

1. Memperkenalkan konsep pendekatan saintifik, suatu pendekatan pembelajaran yang memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk memperoleh pengalaman belajar melalui observasi, menanya, pengumpulan informasi, asosiasi, dan komunikasi.

2. Memperkenalkan pembelajaran dengan aspek sains, teknologi, teknik, seni, dan matematika.
3. Memasukkan lingkungan alam sebagai media utama dan memperkenalkan pembelajaran yang menggunakan elemen STEAM.
4. Kegiatan dipadukan dengan kurikulum dan tema yang ditetapkan oleh lembaga pendidikan.
5. Pendekatan ini dilakukan dengan menggunakan bahan-bahan yang tersedia di lingkungan berupa kegiatan pembelajaran dengan isi dan media yang berkaitan dengan lingkungan alam, sosial, dan budaya.

Komponen-komponen STEAM yang terdiri atas *science*, *technology*, *engineering*, *art*, dan *mathematics* menurut (Hadinugrahaningsih dkk., 2017), yaitu sebagai berikut.

1. *Science* (Sains)
Disiplin ilmu yang menjelaskan tentang pemahaman konsep materi.
2. *Technology* (Teknologi)
Disiplin ilmu yang menjelaskan tentang implementasi teknologi untuk mempermudah menyelesaikan aktivitas pembelajaran.
3. *Engineering* (Teknik)
Disiplin ilmu yang mengajarkan teknik-teknik yang digunakan peserta didik untuk menyelesaikan sesuatu misalnya proyek.
4. *Art* (Seni)
Disiplin ilmu yang mendorong kreativitas peserta didik dalam mendesain proyek.
5. *Mathematics* (Matematika)
Disiplin ilmu yang berhubungan dengan rumus-rumus, perhitungan, atau bangun ruang yang digunakan peserta didik dalam pembelajaran.

Komponen-komponen STEAM menurut (Tabi'in, 2019), yaitu sebagai berikut.

1. *Science* (Sains)

Sains merupakan proses berpikir secara sistematis berdasarkan teori, hukum, dan fakta yang ada menggunakan untuk menemukan solusi dari permasalahan yang ada. Awalnya dengan membuat hipotesis yang kemudian dibuktikan dengan pendekatan sains. Hipotesis tersebut dapat dibuktikan dengan menggunakan metode kualitatif, kuantitatif, eksperimen, ataupun gabungan. Penelitian yang telah dilakukan dapat membuktikan hipotesis yang dikemukakan dengan menggunakan cara berpikir yang sistematis maka akan mendorong cara berpikir kritis yang dapat memecahkan perkara permasalahan tersebut.

2. *Technology* (Teknologi)

Perkembangan teknologi memudahkan proses pembelajaran dan mempercepat transfer ilmu yang sebelumnya sulit dilakukan. Setiap peserta didik memiliki cara belajar yang berbeda dan unik sehingga penggunaan teknologi baru dalam pembelajaran dapat memudahkan transfer ilmu apapun yang bermanfaat bagi pembelajaran. Banyak teknologi baru yang tersedia seperti konten digital yang lebih mudah untuk dibagikan dan ditingkatkan sehingga membuat pembelajaran menjadi lebih nyaman dan efektif.

3. *Engineering* (Teknik)

Teknik dijelaskan sebagai teknik rekayasa yang digunakan untuk memecahkan suatu permasalahan. Proses teknik tersebut tidak terlepas dari proses berpikir ilmiah (sains) dan teknologi baru yang digunakan untuk mengimplementasikannya. Proses teknik yang populer adalah mengubah proses pembelajaran biasa menjadi proses pembelajaran berbasis proyek yang lebih mudah dipahami dan dialami sendiri oleh peserta didik. Proyek yang diberikan tentunya spesifik dengan permasalahan yang ingin dipecahkan dan informasi yang ingin disampaikan.

4. *Art* (Seni)

Seni adalah ukuran estetika atau nilai keindahan. Setiap orang pada pembelajaran mementingkan sesuatu yang bernilai estetis. Contohnya dalam proses pembelajaran, penggunaan media seperti buku, video, dan media lainnya tentunya akan menjadi lebih menarik jika kualitas visual dari media tersebut tidak melupakan nilai estetika yang baik.

5. *Mathematics* (Matematika)

Matematika adalah proses berpikir yang berkaitan dengan logika bagaimana segala sesuatu dapat diukur dan dievaluasi untuk membantu dalam memecahkan masalah sehari-hari. Matematika memiliki banyak hukum, aturan, dan teori yang digunakan untuk mendekati logika suatu ilmu atau masalah. Matematika adalah bahasa universal logis yang diterima oleh seluruh dunia untuk menyampaikan pengetahuan.

Berdasarkan pemaparan di atas dapat dikatakan bahwa pendekatan STEAM merupakan pendekatan yang mengintegrasikan ilmu sains, teknologi, teknik, seni, dan matematika dalam suatu pembelajaran. Pendekatan STEAM dapat menjembatani konsep yang abstrak dalam ke lima ilmu tersebut, termasuk fisika. Selain itu, pendekatan STEAM dapat membuat peserta didik menjadi lebih kreatif, berpikir kritis, dan berkolaborasi karena peserta didik akan mengembangkan ide-idenya dan bereksplorasi untuk memecahkan suatu masalah dengan mengintegrasikan STEAM sebagai solusinya.

2.1.3 Model Pembelajaran PjBL Terintegrasi STEAM

Model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM merupakan pembelajaran yang menggunakan model pembelajaran PjBL dengan pendekatan STEAM. Model pembelajaran PjBL merupakan model pembelajaran yang disarankan dalam implementasi Kurikulum Merdeka Belajar, sedangkan STEAM merupakan sebuah pendekatan yang digunakan sebagai strategi pembelajaran. Model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM sangat efektif digunakan untuk meningkatkan keterampilan pembelajaran abad ke-21 pada

peserta didik (Burhanudin, 2021). Model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM dapat menimbulkan kesan positif dan menyenangkan pada pembelajaran dan akhirnya mengantarkan peserta didik untuk memunculkan seluruh potensinya dengan maksimal, terutama *soft skills* (Hadinugrahaningsih dkk., 2017). Selain itu, menggunakan model PjBL terintegrasi STEAM memungkinkan peserta didik untuk mendapatkan pengetahuan yang lebih mendalam secara aktif dengan mengeksplorasi tantangan dan masalah nyata dengan mengintegrasikan setiap komponen dari STEAM tersebut (Annisa dkk., 2018).

Sintaks model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM menurut (Anindya & Wusqo, 2020), yaitu sebagai berikut.

1. *Starting with Essential Questions*

Starting with essential questions adalah memulai dengan pertanyaan penting atau mendasar. Pembelajaran dimulai dengan pertanyaan penting, yaitu pertanyaan yang dapat memberikan tugas kepada peserta didik untuk menyelesaikan suatu kegiatan. Peserta didik akan termotivasi untuk menjawab pertanyaan yang menantang dan memahami masalah tersebut.

2. *Project Design*

Project design adalah mendesain proyek. Peserta didik akan menyusun rencana mengenai proyek secara berkolaborasi dengan mengintegrasikan komponen STEAM. Komponen *technology* berupa penggunaan internet dalam mencari referensi, *engineering* yang menjelaskan cara pembuatan dan penggunaan proyek, *art* berupa menambahkan gambar atau warna ataupun kombinasi warna yang dituangkan dalam bentuk desain proyek, dan *mathematics* berupa menghitung dan mengukur elemen yang dibutuhkan dari proyek.

3. *Monitoring the Students and Progress of Projects*

Monitoring the students and progress of projects adalah memonitoring peserta didik dan kemajuan proyek. Guru bertanggung jawab untuk memonitor proses pembuatan proyek dan peserta didik wajib

melaporkan setiap perkembangan proyek yang dibuat untuk meminimalisir kesalahan yang mungkin terjadi.

4. *Assessing the Outcomes and Evaluating the Experience*

Assessing the outcomes and evaluating the experience adalah menguji hasil dan mengevaluasi pengalaman. Pembelajaran dilakukan dengan melakukan presentasi proyek, penilaian, dan evaluasi. Guru memberikan umpan balik (*feedback*) atas apa yang telah dikerjakan peserta didik.

Berdasarkan pemaparan di atas dapat dikatakan bahwa model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM merupakan pembelajaran dengan menggunakan model pembelajaran PjBL dengan pendekatan STEAM. Model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM dapat membuat peserta didik menjadi lebih aktif dan memunculkan seluruh potensinya dengan maksimal termasuk keterampilan pembelajaran abad ke-21, keterampilan kolaborasi dan berpikir kritis. Hal ini karena peserta didik akan mengeksplorasi tantangan dan masalah nyata dengan menghasilkan suatu proyek sebagai solusi dengan mengintegrasikan setiap komponen dari STEAM. Adapun sintaks PjBL terintegrasi STEAM yang akan digunakan oleh peneliti dalam penelitian ini, yaitu *starting with essential questions, project design, monitoring the students and progress of projects, dan assessing the outcomes and evaluating the experience* (Anindya & Wusqo, 2020).

2.1.4 E-LKPD Model Pembelajaran PjBL Terintegrasi STEAM

Kurikulum Merdeka Belajar mengarahkan konsep pembelajaran yang berpusat pada peserta didik (*student centered*). Kurikulum tersebut dikembangkan dengan harapan adanya penggunaan teknologi dalam pembelajaran, serta dapat menghasilkan generasi *millennial* yang tidak hanya cukup pintar dalam menghafal materi, melainkan generasi yang dapat mengimplementasikan pengetahuannya (Indarta dkk., 2022). Namun, kenyataannya banyak guru yang tidak mengimplementasikan teknologi

dalam pembelajaran sehingga peserta didik menjadi cepat bosan, kurang termotivasi, dan kurang memahami materi yang diberikan guru. Oleh karena itu, untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan mengimplementasikan teknologi dalam pembelajaran seperti menggunakan bahan ajar yang berbasis digital.

Bahan ajar adalah segala sesuatu yang disusun secara sistematis yang memungkinkan peserta didik untuk belajar secara mandiri, yang dirancang mengikuti kurikulum yang digunakan (Magdalena dkk., 2020). Salah satu contoh bahan ajar adalah LKPD. LKPD merupakan sarana pembelajaran untuk mempermudah kegiatan pembelajaran dengan harapan dapat meningkatkan aktivitas belajar peserta didik, minat, prestasi, dan hasil belajar peserta didik (Tunga dkk., 2021). Selain terdapat bahan ajar cetak, terdapat juga bahan ajar berbasis digital yang merupakan perkembangan dari bahan ajar yang mengimplementasikan teknologi.

Bahan ajar berbasis digital merupakan bahan ajar yang berbasis elektronik, misalnya *e-LKPD*. *E-LKPD* ini merupakan semacam panduan yang dapat mempermudah peserta didik untuk memahami pembelajaran. LKPD yang digunakan dapat diubah menjadi *e-LKPD* dengan bantuan komputer, laptop, ataupun *smartphone* (Tunga dkk., 2021). Adapun kelebihan *e-LKPD* adalah dapat menyederhanakan dan mengecilkan ruang dan waktu sehingga pembelajaran menjadi lebih efektif, serta dapat menjadi sarana yang menarik ketika minat belajar peserta didik sedang menurun (Suryaningsih & Nurlita, 2021). Selain itu, dengan penggunaan *e-LKPD*, peserta didik akan lebih tertarik mengikuti pembelajaran (Choiroh dkk., 2022).

Berdasarkan pemaparan di atas dapat dikatakan bahwa diperlukan adanya pengimplementasian teknologi dalam pembelajaran khususnya dalam pembelajaran fisika agar peserta didik tidak cepat bosan, semakin tertarik dan termotivasi untuk belajar, serta dapat membuat suasana belajar menjadi menyenangkan. Pengimplementasiannya misalnya dengan menggunakan

bahan ajar berbasis digital seperti *e-LKPD*. Adapun *e-LKPD* yang akan digunakan dalam penelitian ini berisi semacam panduan untuk peserta didik berbasis digital dengan menggunakan *e-worksheet*, yang bukan hanya berisi gambar melainkan terdapat video, yang dapat mempermudah untuk memahami materi pembelajaran dan dapat menarik minat peserta didik yang diadaptasi dari *e-LKPD* milik (Sarah, 2021).

2.1.5 Keterampilan Kolaborasi dalam Pembelajaran

Kurikulum Merdeka Belajar merupakan kurikulum terbaru yang dikembangkan sesuai dengan profil pelajar Pancasila (meliputi beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa dan berakhlak mulia, berkebinekaan global, mandiri, bergotong-royong, bernalar atau berpikir kritis, dan kreatif) dan pembelajaran abad ke-21. Peserta didik dituntut untuk memiliki keterampilan profil pelajar Pancasila dan pembelajaran abad ke-21. Salah satu keterampilan pembelajaran abad ke-21 yang sesuai dengan profil pelajar Pancasila adalah kolaborasi, yang sesuai dengan bergotong-royong.

Kolaborasi adalah keterampilan berpartisipasi dalam suatu aktivitas untuk membangun hubungan dengan orang lain, menghormati hubungan satu sama lain, mengendalikan ego dan emosi, serta bekerja sama sebagai tim untuk mencapai tujuan yang sama (Rahmawati dkk., 2019). Kolaborasi merupakan keterampilan peserta didik dalam melakukan kerjasama dalam kelompok pada saat mendiskusikan sesuatu dalam pembelajaran (Lestari, 2021). Berdasarkan hasil akreditasi beberapa sekolah (asesor BAN-SM) pada IASP 2021 butir 6 (peserta didik menunjukkan keterampilan kolaborasi sesuai karakteristik), hampir semua sekolah tidak dapat menunjukkan data tergalinya keterampilan kolaborasi (Mashud dkk., 2022).

Indikator yang menunjukkan keterampilan kolaborasi menurut (Greenstein, 2012), yaitu sebagai berikut.

1. Berkontribusi Secara Aktif

Peserta didik mengungkapkan ide, saran, ataupun solusi pada saat berdiskusi untuk memecahkan masalah, serta membagi tugas untuk mencari berbagai informasi dari berbagai sumber mengenai desain perencanaan proyek. Selain itu, peserta didik juga menentukan jadwal pembuatan proyek yang akan dibuat melalui kesepakatan bersama serta menyampaikan ide dan saran pada saat mempresentasikan proyek yang telah dibuat.

2. Bekerja Secara Produktif

Indikator ini yang dilatihkan adalah ketepatan pada pengumpulan tugas dan produk yg dihasilkan. Bekerja secara produktif bersama orang lain mencakup menggunakan waktu secara efisien tanpa harus diperintah dan menghasilkan kerja yang dibutuhkan. Apabila proyek yang dihasilkan maksimal atau bagus maka peserta didik telah mampu bekerja secara produktif secara optimal.

3. Menunjukkan Fleksibilitas dan Kompromi

Peserta didik fleksibilitas dengan menerima keputusan bersama, dapat menerima kritik dan saran, merundingkan perbedaan pandangan yang terjadi untuk mencapai pemecahan masalah, serta selalu berdiskusi dengan kelompok untuk menyelesaikan suatu masalah.

4. Mengelola Proyek dengan Baik

Indikator ini dilatihkan pada saat tahapan mendesain perencanaan proyek, menyusun jadwal, serta *memonitoring* dan kemajuan proyek. Peserta didik dapat merumuskan detail pekerjaan proyek, mengatur jadwal, menggunakan waktu dengan bijak, mencari informasi dari berbagai sumber, berbagi tugas, melakukan percobaan sesuai prosedur, dan menggunakan alat dan bahan dengan benar.

5. Menunjukkan Sikap Menghargai

Indikator ini yang dilatihkan adalah ketika peserta didik bersikap sopan dan baik dengan orang lain, mendengarkan dan menghargai pendapat orang lain, serta menghargai kontribusi orang lain.

6. Menunjukkan Tanggung Jawab

Indikator ini yang dilatihkan adalah ketika peserta didik secara teratur atau konsisten menghadiri pertemuan selama diskusi dengan tepat waktu.

Model pembelajaran berbasis proyek dapat melatih keterampilan kolaborasi (Saenab dkk., 2019). Selain itu, hasil penelitian (Rahmawati dkk., 2019) menjelaskan kaitan antara sintaks model pembelajaran PjBL dengan indikator keterampilan kolaborasi, yaitu sebagai berikut.

1. Pertanyaan esensial dengan indikator keterampilan kolaborasi yang diukur, yaitu berkontribusi secara aktif, menunjukkan fleksibilitas dan kompromi, serta menunjukkan sikap menghargai.
2. Mendesain perencanaan proyek dengan indikator keterampilan kolaborasi yang diukur, yaitu berkontribusi secara aktif, menunjukkan fleksibilitas dan kompromi, mengelola proyek dengan baik, serta menunjukkan sikap menghargai.
3. Menyusun jadwal dengan indikator keterampilan kolaborasi yang diukur, yaitu berkontribusi secara aktif, menunjukkan fleksibilitas dan kompromi, mengelola proyek dengan baik, serta menunjukkan sikap menghargai.
4. Memonitor peserta didik dan kemajuan proyek dengan indikator keterampilan kolaborasi yang diukur, yaitu mengelola proyek dengan baik dan menunjukkan tanggung jawab.
5. Menguji hasil dengan indikator keterampilan kolaborasi yang diukur, yaitu berkontribusi secara aktif, bekerja secara produktif, dan menunjukkan sikap menghargai.

Berdasarkan pemaparan di atas dapat dikatakan bahwa keterampilan kolaborasi penting untuk dilatih dan dikembangkan karena dapat membangun hubungan antar peserta didik, mengendalikan ego, dan bekerja sama. Selain itu, keterampilan kolaborasi merupakan keterampilan yang dituntut untuk dimiliki peserta didik pada Kurikulum Merdeka Belajar yang sesuai dengan profil pelajar Pancasila (bergotong royong) dan pembelajaran abad ke-21. Adapun indikator keterampilan kolaborasi yang akan digunakan oleh peneliti dalam penelitian ini, yaitu berkontribusi secara aktif, bekerja secara produktif, menunjukkan fleksibilitas dan kompromi, mengelola proyek dengan baik, menunjukkan sikap menghargai, dan menunjukkan tanggung jawab (Greenstein, 2012) yang diadaptasi dari instrumen (Rahmawati, 2019).

2.1.6 Keterampilan Berpikir Kritis dalam Pembelajaran

Peserta didik dituntut untuk memiliki keterampilan profil pelajar Pancasila dan pembelajaran abad ke-21. Hal ini dituntut pada Kurikulum Merdeka Belajar. Salah satu keterampilan pembelajaran abad ke-21 yang sesuai dengan profil pelajar Pancasila adalah berpikir kritis.

Berpikir kritis merupakan kemampuan memperoleh kesimpulan yang tepat berdasarkan pada pemikiran yang sistematis dan beralasan sehingga dapat memberikan banyak alternatif dari hasil pemikirannya (Arini & Juliadi, 2018). Meningkatkan berpikir kritis peserta didik dengan melatih pemecahan masalah peserta didik karena latihan pemecahan masalah memungkinkan peserta didik menganalisis masalah yang dihadapinya dan menggunakan pengetahuannya untuk memecahkan masalah tersebut (Kholid, 2021). Selain itu, dengan peserta didik mencari solusi dari permasalahan yang ada dan proses pembuatan proyek dapat mendorong peserta didik mendapatkan pengetahuan baru untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik (Lestari, 2021).

Menurut penelitian (Astri dkk., 2022) peserta didik belum menunjukkan keterampilan berpikir kritis karena minimnya keterlibatan dalam pembelajaran (pasif), sedangkan menurut penelitian (Arini & Juliadi, 2018) keterampilan berpikir kritis peserta didik tergolong cukup rendah karena rata-rata di bawah KKM. Padahal keterampilan berpikir kritis sangat penting karena dapat membantu peserta didik untuk memecahkan masalah dan dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik (Koroh & Ly, 2020).

Indikator keterampilan berpikir kritis menurut (Ennis, 1985) tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Indikator Keterampilan Berpikir Kritis

No. (1)	Indikator Berpikir Kritis (2)	Kriteria (3)
1.	Memberikan Penjelasan Sederhana (<i>Elementary Clarification</i>)	Fokus pada pertanyaan. Menganalisis pendapat. Bertanya dan menjawab penjelasan atau pertanyaan yang menantang.
2.	Membangun Keterampilan Dasar (<i>Basic Support</i>)	Mempertimbangkan sumber dapat dipercaya atau tidak (kredibilitas). Mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi.
3.	Menyimpulkan (<i>Inference</i>)	Membuat deduksi dan mempertimbangkannya. Membuat induksi dan mempertimbangkannya. Membuat dan menentukan hasil pertimbangan.
4.	Membuat Penjelasan Lebih Lanjut (<i>Advanced Clarification</i>)	Mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan suatu definisi. Mengidentifikasi asumsi.
5.	Strategi dan Taktik (<i>Strategy and Tactics</i>)	Memutuskan suatu tindakan.

(Ennis, 1985)

Berdasarkan pemaparan di atas dapat dikatakan bahwa keterampilan berpikir kritis penting untuk dilatih dan dikembangkan karena dapat membantu peserta didik untuk memecahkan masalah dan dapat

meningkatkan hasil belajar peserta didik. Selain itu, keterampilan berpikir kritis merupakan keterampilan yang dituntut untuk dimiliki peserta didik pada Kurikulum Merdeka Belajar yang sesuai dengan profil pelajar Pancasila dan pembelajaran abad ke-21. Adapun indikator keterampilan berpikir kritis yang akan digunakan oleh peneliti dalam penelitian ini, yaitu memberikan penjelasan sederhana, membangun keterampilan dasar, menyimpulkan, membuat penjelasan lebih lanjut, serta membuat strategi dan taktik (Ennis, 1985).

2.2 Penelitian yang Relevan

Penelitian ini, peneliti mengambil referensi dari penelitian relevan yang tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Penelitian yang Relevan

No. (1)	Nama Peneliti/ Tahun/ Judul/ Jurnal (2)	Hasil Penelitian (3)
1.	Anindya, F. A. U. & Wusqo, I. U. 2020. The Influence of PjBL-STEAM Model Toward Students' Problem-Solving Skills on Light and Optical Instruments Topic. <i>Journal of Physics: Conference Series</i> , 1567 (042054), 1-4.	Hasil penelitiannya menyatakan bahwa model pembelajaran PjBL-STEAM berpengaruh terhadap kemampuan pemecahan masalah peserta didik dilihat dari perbedaan skor antara kelas eksperimen dan kontrol. Kelas eksperimen memperoleh skor yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol karena adanya penerapan PjBL-STEAM. Hal ini karena dapat melatih peserta didik untuk memikirkan tindakan apa yang akan mereka lakukan untuk memecahkan suatu masalah; menciptakan produk yang memadukan unsur sains, teknologi, teknik, seni, dan matematika yang menjadikan pembelajaran menarik dan menyenangkan sekaligus merangsang kreativitas; dan meningkatkan keterampilan komunikasi lisan dan tertulis peserta didik.

(1)	(2)	(3)
2.	Choirah, S S., Prastowo, S. H. B., & Nuraini, L. 2022. Pengaruh Penggunaan E-LKPD Interaktif Berbantuan Live Worksheets terhadap Kemampuan Berpikir Kognitif HOTS Fisika Siswa SMA. <i>Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika</i> , 6(3), 694-705.	Hasil penelitiannya menyatakan bahwa penerapan <i>e-LKPD</i> interaktif berbantuan <i>Live Worksheet</i> memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan berpikir kognitif (HOTS) peserta didik dengan <i>N-gain</i> kelas eksperimen yang lebih besar dibandingkan kelas kontrol yang menggunakan LKPD. Kelas eksperimen memperoleh <i>N-gain</i> sebesar 0,31 dengan kategori sedang, sedangkan kelas kontrol memperoleh <i>N-gain</i> sebesar 0,15 dengan kategori rendah.
3.	Haiyah, N. & Fatimah. 2021. Penerapan Model Pembelajaran Project-based Learning (PjBL) untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis pada Materi Gelombang Bunyi Kelas XI MAN 3 Bireuen. <i>Jurnal Edukasi Matematika dan Sains</i> , 2 (2), 80-85.	Hasil penelitiannya menyatakan bahwa penerapan model pembelajaran <i>Project-based Learning</i> pada gelombang bunyi terjadi peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada setiap aspek.
4.	Kurniasih, T. 2022. Implementation of Electronic Student Worksheets with the Project-based Learning (PjBL) Model to Improve Motivation and Learning Outcomes. <i>Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika</i> , 6 (1), 147-154.	Hasil penelitiannya menyatakan bahwa penerapan <i>Electronic Student Worksheets</i> berbasis sifat fisika dan kimia dengan PjBL dapat meningkatkan motivasi belajar dan hasil belajar peserta didik.
5.	Lestari, S. 2021. Pengembangan Orientasi Keterampilan Abad 21 pada Pembelajaran Fisika melalui Pembelajaran PjBL-STEAM Berbantuan Spectra-Plus. <i>Jurnal Karya Ilmiah Guru</i> , 6 (3), 272-279.	Hasil penelitiannya menyatakan sebagai berikut. 1. Adanya peningkatan yang signifikan pada keterampilan berpikir kritis dengan skor gain 1,43 dan skor gain ternormalisasi sebesar 0,54 dengan kategori sedang. 2. Adanya peningkatan yang signifikan pada keterampilan berpikir kreatif dengan skor gain 3,20 dan skor gain ternormalisasi sebesar 0,65 dengan kategori sedang.

(1)	(2)	(3)
		3. Rata-rata pencapaian keterampilan komunikasi 77% pada kategori tinggi dan 73% pada rata-rata kemampuan kolaborasi dengan kategori tinggi.
6.	Rahmawati, A., Fadiawati, N., & Chansyanah, D. 2019. Analisis Keterampilan Berkolaborasi Siswa SMA pada Pembelajaran Berbasis Proyek Daur Ulang Minyak Jelantah. <i>Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia</i> , 8(2), 430-443.	Hasil penelitiannya menyatakan bahwa keterampilan berkolaborasi peserta didik pada pembelajaran berbasis proyek memperoleh rata-rata indikator keseluruhan keterampilan kolaborasi sebesar 80,44% berkategori sangat baik. Rincian indikatornya, yaitu berkontribusi secara aktif sebesar 68,88% berkategori baik, indikator bekerja secara produktif sebesar 74,95% berkategori baik, indikator menunjukkan fleksibilitas dan kompromi sebesar 80,73% berkategori sangat baik, indikator mengelola proyek dengan baik sebesar 78,88% berkategori baik, indikator menunjukkan sikap menghargai sebesar 89,18% berkategori sangat baik, dan indikator menunjukkan tanggungjawab sebesar 90% berkategori sangat baik.
7.	Saenab, S., Yunus, S. R., & Husain. 2019. Pengaruh Penggunaan Model Project-based Learning terhadap Keterampilan Kolaborasi Mahasiswa Pendidikan IPA. <i>Jurnal Biology Science & Education</i> , 8 (1), 29-41.	Hasil penelitiannya menyatakan bahwa penggunaan model pembelajaran <i>Project-based Learning</i> berpengaruh terhadap keterampilan kolaborasi mahasiswa Pendidikan IPA FMIPA UNM.

Berdasarkan penelitian yang relevan di atas umumnya penelitian pemanfaatan PjBL terintegrasi STEAM dengan berbantuan *e-LKPD* jarang dilakukan pada materi fisika, terutama pada sekolah menengah atas. Oleh karena itu, penelitian ini mencoba mengetahui hasil PjBL terintegrasi STEAM dengan berbantuan *e-LKPD* untuk meningkatkan keterampilan kolaborasi dan berpikir kritis peserta didik, khususnya pada materi energi terbarukan.

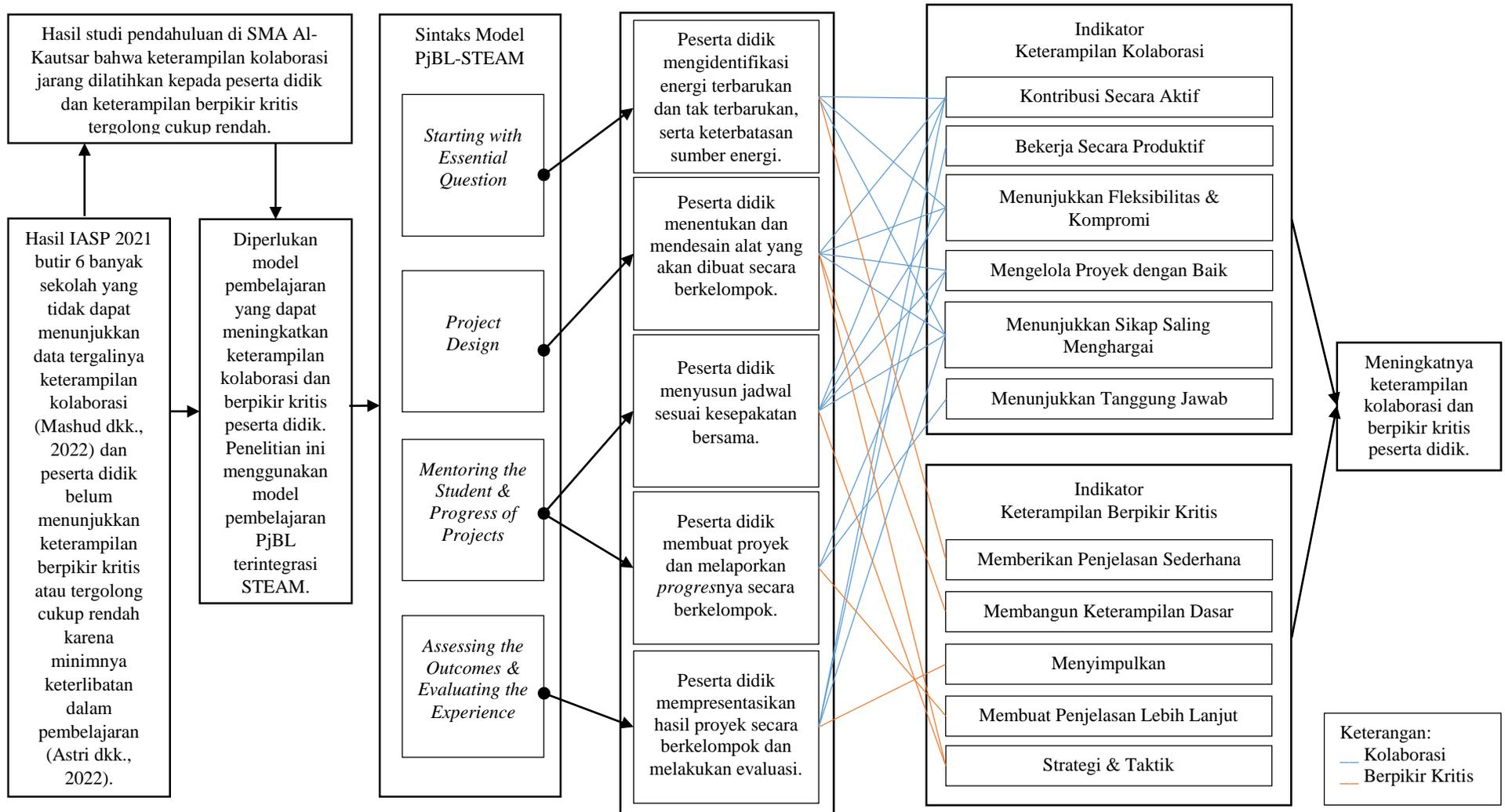
2.3 Kerangka Pemikiran

Kurikulum Merdeka Belajar merupakan kurikulum terbaru yang digagas Kemendikbud Ristek RI. Kurikulum Merdeka Belajar dibuat untuk menghadapi tantangan pada pembelajaran abad ke-21 yang sesuai dengan profil pelajar Pancasila. Selain itu, Kurikulum Merdeka Belajar dikembangkan dengan harapan dapat melahirkan generasi penerus bangsa yang dapat memahami materi bukan hanya pandai menghafal materi pelajaran, serta diharapkan terampil dalam menggunakan teknologi dalam proses pembelajaran.

Keterampilan pada pembelajaran abad ke-21 yang sesuai dengan profil pelajar Pancasila adalah keterampilan kolaborasi dan berpikir kritis. Namun, keterampilan kolaborasi peserta didik jarang dilatihkan oleh guru dan keterampilan berpikir kritis peserta didik tergolong cukup rendah. Berdasarkan penelitian (Mashud dkk., 2022) hasil akreditasi beberapa sekolah IASP 2021 butir 6 (keterampilan kolaborasi) banyak sekolah yang tidak dapat menunjukkan data tergalinya keterampilan kolaborasi dan menurut penelitian (Astri dkk., 2022) peserta didik belum menunjukkan keterampilan berpikir kritis karena minimnya keterlibatan dalam pembelajaran. Hal serupa juga ditemui di SMA Al-Kautsar Bandar Lampung, bahwa guru jarang melatih keterampilan kolaborasi peserta didik dan keterampilan berpikir kritis peserta didik tergolong cukup rendah karena guru lebih banyak mendominasi dalam pembelajaran. Padahal, keterampilan kolaborasi dan berpikir kritis sangat diperlukan karena dapat membuat peserta didik lebih berkembang, bekerja sama, aktif, dan berwawasan luas.

Upaya untuk meningkatkan keterampilan kolaborasi dan berpikir kritis peserta didik adalah dengan menggunakan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan *e*-LKPD. Penggunaan model pembelajaran berbasis proyek dan penggunaan teknologi dalam pembelajaran sangat

disarankan dalam Kurikulum Merdeka Belajar. Model pembelajaran PjBL ini dapat diintegrasikan dengan STEAM, yang dapat memunculkan dan mengembangkan seluruh potensi peserta didik, serta meningkatkan keterampilan pembelajaran abad ke-21. Selain itu, penggunaan *e-LKPD* dalam pembelajaran dapat menarik minat peserta didik untuk belajar, secara ringkas dibuat kerangka pikir penelitian yang tertera pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian.

2.4 Anggapan Dasar

Anggapan dasar adalah asumsi, perkiraan, pendapat atau kesimpulan sementara yang belum dibuktikan. Adapun anggapan dasar berdasarkan kerangka teoritis dan kerangka pemikiran dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Kelas eksperimen dan kontrol memiliki kemampuan awal yang sama dan mempelajari materi yang sama, yaitu energi terbarukan.
2. Keterampilan kolaborasi dan berpikir kritis peserta didik SMA dipengaruhi oleh penerapan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan *e*-LKPD.
3. Faktor-faktor di luar penelitian diabaikan.

2.5 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka teoritis dan kerangka pemikiran dalam penelitian ini maka hipotesis pada penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Terdapat perbedaan keterampilan kolaborasi peserta didik SMA pada materi energi terbarukan antara kelas yang menggunakan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan *e*-LKPD dengan kelas yang menggunakan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan LKPD.
2. Terdapat perbedaan keterampilan berpikir kritis peserta didik SMA pada materi energi terbarukan antara kelas yang menggunakan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan *e*-LKPD dengan kelas yang menggunakan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan LKPD.
3. Terdapat hubungan antara keterampilan kolaborasi dan berpikir kritis peserta didik.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2022/2023 di SMA Al-Kautsar Bandar Lampung, dengan alamat Jl. Soekarno Hatta, Rajabasa, Kecamatan Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung, 35144.

3.2 Populasi dan Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh peserta didik kelas X SMA Al-Kautsar Bandar Lampung pada semester genap tahun ajaran 2022/2023 yang berjumlah 388 peserta didik. Sampel dalam penelitian ini menggunakan dua kelas sebagai sampel, yaitu kelas X 3 sebagai kelas eksperimen dan kelas X 2 sebagai kelas kontrol. Teknik pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan teknik *purposive sampling*.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian terdiri atas dua variabel, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas (X) dalam penelitian ini, yaitu model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan *e-LKPD*, sedangkan variabel terikatnya (Y), yaitu keterampilan kolaborasi dan berpikir kritis.

3.4 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain penelitian *Quasi Experimental Designs* dengan jenis *Non-Equivalent Control Group Design* untuk mengukur keterampilan kolaborasi dan berpikir kritis peserta didik. Penelitian ini menggunakan dua kelas, yaitu kelas eksperimen dan kontrol. Kelas eksperimen adalah kelas yang akan mendapatkan perlakuan baru sesuai dengan yang diteliti, sedangkan kelas kontrol adalah kelas yang mendapatkan perlakuan berbeda dari kelas eksperimen. Kelas eksperimen akan menggunakan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan *e-LKPD*, sedangkan kelas kontrol menggunakan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan LKPD.

Desain penelitian ini menurut (Sugiyono, 2021) dapat dilihat pada Gambar 2.

E	O ₁	X	O ₂
K	O ₃		O ₄

Gambar 2. Desain *Non-Equivalent Control Group Design*.

Keterangan:

E = Kelas Eksperimen

K = Kelas Kontrol

O₁ = *Pretest* Lembar Soal Tes Kelas Eksperimen

O₂ = *Posttest* Lembar Soal Tes dan Lembar Angket Kelas Eksperimen

O₃ = *Pretest* Lembar Soal Tes Kelas Kontrol

O₄ = *Posttest* Lembar Soal Tes dan Lembar Angket Kelas Kontrol

X = *Treatment*

3.5 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Prosedur pelaksanaan yang dilakukan dalam penelitian ini melalui beberapa tahap, yaitu sebagai berikut.

1. Tahap Persiapan

Kegiatan yang akan dilakukan pada tahap persiapan, yaitu sebagai berikut.

- a. Peneliti mengurus perizinan penelitian pendahuluan di SMA Al-Kautsar Bandar Lampung.
- b. Peneliti melakukan penelitian pendahuluan berupa wawancara dengan guru mata pelajaran fisika SMA Al-Kautsar Bandar Lampung mengenai masalah yang dihadapi oleh peserta didik.
- c. Peneliti menentukan sampel penelitian.
- d. Peneliti mengkaji teori yang relevan dengan judul penelitian yang akan dilakukan.
- e. Peneliti mempersiapkan instrumen perangkat pembelajaran dan instrumen penelitian yang digunakan pada saat pelaksanaan penelitian.

2. Tahap Pelaksanaan

Kegiatan yang dilakukan pada tahap pelaksanaan, yaitu sebagai berikut.

- a. Peneliti mengukur keterampilan berpikir kritis awal peserta didik dengan memberikan lembar soal tes awal (*pretest*).
- b. Peneliti memberikan perlakuan menggunakan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan *e*-LKPD pada kelas eksperimen, sedangkan pada kelas kontrol menggunakan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan LKPD.
- c. Peneliti melakukan pengamatan untuk mengukur keterampilan berkolaborasi peserta didik dengan menggunakan lembar observasi untuk mendukung data hasil lembar angket.

- d. Peneliti mengukur keterampilan kolaborasi dengan memberikan lembar angket dan mengukur keterampilan berpikir kritis akhir peserta didik dengan memberikan lembar soal tes akhir (*posttest*).

3. Tahap Akhir

Kegiatan yang dilakukan pada tahap akhir, yaitu sebagai berikut.

- a. Peneliti menganalisis data yang telah diperoleh.
- b. Peneliti membahas hasil dari analisis yang telah dilakukan. Pembahasan ini bertujuan untuk menjelaskan hasil-hasil penelitian.
- c. Peneliti menarik kesimpulan berdasarkan hasil analisis serta pembahasan.

3.6 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian adalah alat yang digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan informasi tentang data penelitian untuk menjawab permasalahan yang terdapat dalam penelitian. Adapun instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Instrumen Perangkat Pembelajaran
 - a. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)

RPP adalah suatu perangkat pembelajaran yang digunakan oleh guru sebagai acuan untuk melaksanakan pembelajaran.
 - b. Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (*e*-LKPD)

E-LKPD akan digunakan sebagai bahan ajar untuk membantu peserta didik dalam proses pembelajaran pada kelas eksperimen.
 - c. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)

LKPD akan digunakan sebagai bahan ajar untuk membantu peserta didik dalam proses pembelajaran pada kelas kontrol.

2. Instrumen Penelitian

a. Lembar Angket

Angket digunakan untuk mengukur keterampilan kolaborasi peserta didik, yang diberikan pada akhir pembelajaran. Angket yang digunakan disesuaikan dengan indikator keterampilan kolaborasi.

b. Lembar Observasi

Observasi dilakukan pada saat pembelajaran berlangsung untuk mengukur keterampilan berkolaborasi peserta didik sesuai dengan indikator keterampilan kolaborasi. Lembar observasi digunakan untuk mendukung data lembar angket.

c. Lembar Soal Tes

Soal tes digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir kritis peserta didik yang digunakan untuk mengetahui kemampuan awal peserta didik pada awal pembelajaran dan mengukur tingkat perubahan kemampuan peserta didik pada akhir pembelajaran. Soal tes yang digunakan pada *pretest* dan *posttest* merupakan soal yang sama.

3.7 Analisis Instrumen Penelitian

Instrumen digunakan dalam proses pengumpulan data sebagai alat pembuktian hipotesis. Pembuktian dari hipotesis tergantung benar tidaknya dan baik tidaknya instrumen pengumpulan data. Hal ini dikarenakan, instrumen harus memenuhi syarat penting, yaitu valid dan reliabel. Oleh karena itu, sebelum instrumen digunakan dalam penelitian, instrumen terlebih dahulu diuji di luar sampel penelitian dengan menggunakan uji validitas dan reliabilitas pada program IBM SPSS *Statistics 25*.

3.7.1 Uji Validitas

Validitas merupakan ukuran yang menunjukkan suatu kevalidan sebuah instrumen. Suatu instrumen yang valid mempunyai validitas tinggi,

sedangkan instrumen yang kurang valid mempunyai validitas rendah. Valid berarti instrumen tersebut dapat digunakan untuk mengukur apa yang seharusnya diukur (Sugiyono, 2021). Menguji validitas instrumen menggunakan rumus korelasi *product moment* yang dikemukakan oleh Karl Pearson, yaitu sebagai berikut.

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

Keterangan:

- N = Jumlah Sampel yang Masuk
 X = Skor Rata-rata X
 Y = Skor Rata-rata Y
 r_{XY} = Indeks Korelasi Dua Variabel

Penelitian ini menggunakan *pearson correlation*. Instrumen dikatakan valid jika $r_{hitung} \geq r_{tabel}$. Namun, jika $r_{hitung} < r_{tabel}$ maka instrumen tersebut dikatakan tidak valid. Koefisien validitas instrumen tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Koefisien Validitas

Koefisien (1)	Kualifikasi (2)
0,80 - 1,00	Sangat Tinggi
0,60 - 0,80	Tinggi
0,40 - 0,60	Cukup
0,20 - 0,40	Rendah
0,00 - 0,20	Sangat Rendah

(Arikunto, 2011)

3.7.2 Uji Reliabilitas

Reliabilitas merupakan ukuran yang menunjukkan apabila instrumen digunakan untuk mengukur objek yang sama secara berulang-ulang akan menghasilkan data yang sama (Sugiyono, 2021). Menguji reliabilitas instrumen menggunakan rumus *cronbach's alpha*, yaitu sebagai berikut.

$$r_{11} = \left[\frac{k}{(k-1)} \right] \left[1 - \frac{\Sigma \delta_b^2}{\delta_t^2} \right]$$

Keterangan:

k = Banyaknya Butir Pertanyaan

$\Sigma \delta_b^2$ = Jumlah Varians Butir

δ_t^2 = Varians Total

r_{11} = Reliabilitas Instrumen

Koefisien reliabilitas instrumen tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Koefisien Reliabilitas

Koefisien (1)	Kualifikasi (2)
0,81 - 1,00	Sangat Tinggi
0,61 - 0,80	Tinggi
0,41 - 0,60	Sedang
0,21 - 0,40	Rendah
0,00 - 0,20	Sangat Rendah

(Rahayu dkk., 2020)

3.8 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Teknik Angket

Teknik pengumpulan data dengan menggunakan angket dilakukan setelah melaksanakan proses pembelajaran. Angket yang digunakan untuk mengukur keterampilan kolaborasi peserta didik.

2. Teknik Observasi

Observasi dilakukan dengan menggunakan lembar observasi berupa rubrik penilaian sesuai dengan indikator keterampilan kolaborasi pada pelaksanaan pembelajaran. Lembar observasi digunakan untuk mendukung data hasil lembar angket.

3. Teknik Tes

Teknik pengumpulan data dengan menggunakan tes dilakukan sebelum dan setelah melaksanakan proses pembelajaran, yaitu menggunakan *pretest* sebelum memulai pembelajaran dan *posttest* setelah akhir proses pembelajaran. *Pretest* dan *posttest* ini digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir kritis peserta didik.

3.9 Analisis Data dan Pengujian Hipotesis

3.9.1 Analisis Data

1. Uji *N-gain*

Uji *N-gain* untuk menghitung selisih antara nilai *pretest* dan *posttest* dengan menggunakan rumus faktor (*N-gain*). Rumus ini digunakan untuk mengetahui adakah peningkatan keterampilan kolaborasi dan berpikir kritis peserta didik. Adapun rumus yang digunakan, yaitu sebagai berikut.

$$g = \frac{S_{Post} - S_{Pre}}{S_{Mak} - S_{Pre}}$$

Keterangan:

S_{Post} = Skor *Posttest*

S_{Pre} = Skor *Pretest*

S_{Mak} = Skor Maksimum

g = *N-gain*

Hasil dari perhitungan *N-gain* diinterpretasikan dengan menggunakan kategori yang tertera pada Tabel 5.

Tabel 5. Kategori Nilai *N-gain*

Nilai <i>N-gain</i> (2)	Kategori (2)
$N-gain > 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq N-gain \leq 0,7$	Sedang
$N-gain \geq 0,$	Rendah

(Meltzer, 2002)

2. Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk menguji apakah data dari penelitian yang telah dilakukan berdistribusi normal atau tidak dengan menggunakan *kolmogorov-smirnov* dengan ketentuan, yaitu sebagai berikut.

H_0 : Data Berdistribusi Normal

H_1 : Data Tidak Berdistribusi Normal

Dasar pengambilan keputusan untuk uji normalitas, yaitu sebagai berikut.

- Apabila nilai sig. $> 0,05$ maka H_0 diterima, artinya data berdistribusi normal.
- Apabila nilai sig. $\leq 0,05$ maka H_0 ditolak atau H_1 diterima, artinya data tidak berdistribusi normal.

(Koroh & Ly, 2020)

3. Uji Homogenitas

Tujuan dilakukan uji homogenitas adalah untuk menentukan apakah dua atau lebih kelompok varian data homogen (sama) atau heterogen (tidak sama). Uji homogenitas varians dilakukan dengan menggunakan uji *levene*. Adapun hipotesis statistik dalam uji homogenitas, yaitu sebagai berikut.

$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ (Varians Skor Tes Homogen)

$H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ (Varians Skor Tes Tidak Homogen)

Dasar pengambilan keputusan untuk uji homogenitas, yaitu sebagai berikut.

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

(Agustianti & Amelia, 2018)

4. Analisis Data Lembar Observasi

Data observasi ini diperoleh dari pengamatan peserta didik pada saat proses pembelajaran berlangsung dengan menggunakan lembar observasi berupa rubrik penilaian sesuai dengan indikator keterampilan kolaborasi. Data observasi digunakan untuk mendukung data hasil lembar angket. Adapun pengolahan data lembar observasi menggunakan rumus, yaitu sebagai berikut.

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Jumlah Perolehan Skor}}{\text{Skor Maksimal}} \times 100\%$$

Kriteria interpretasi observasi tertera pada Tabel 6.

Tabel 6. Kriteria Interpretasi Observasi

Interval Persentase (%) (1)	Kriteria (2)
0 -20	Sangat Lemah
21 - 40	Lemah
41 - 60	Cukup
61 -80	Baik
81 - 100	Sangat Baik

(Avianti & Yonata, 2015)

3.9.2 Pengujian Hipotesis

Data yang diperoleh dianalisis untuk mengetahui pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat. Penelitian ini hipotesis yang akan diujikan dengan menggunakan Uji *Independent Sample t-Test* dan Uji Korelasi Bivariat pada program IBM SPSS *Statistics 25*.

1. Uji *Independent Sample t-Test*

Uji *Independent Sample t-Test* dapat digunakan apabila data berdistribusi normal. Data yang didapatkan jika berdistribusi normal dan homogen maka dapat menggunakan Uji *Independent Sample t-Test* dengan melihat nilai signifikansi pada *equal variances assumed*, tetapi jika data tidak berdistribusi normal maka menggunakan Uji *Mann-Whitney U* (Istimewa dkk., 2021).

Hipotesis yang akan diuji menurut (Suyatna, 2017), yaitu sebagai berikut.

- a. H_0 : Tidak terdapat perbedaan keterampilan kolaborasi peserta didik SMA pada materi energi terbarukan antara kelas yang menggunakan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan *e-LKPD* dengan kelas yang menggunakan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan LKPD.
- H_1 : Terdapat perbedaan keterampilan kolaborasi peserta didik SMA pada materi energi terbarukan antara kelas yang menggunakan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan *e-LKPD* dengan kelas yang menggunakan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan LKPD.
- b. H_0 : Tidak terdapat perbedaan keterampilan berpikir kritis peserta didik SMA pada materi energi terbarukan antara kelas yang menggunakan model pembelajaran PjBL

terintegrasi STEAM berbantuan *e*-LKPD dengan kelas yang menggunakan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan LKPD.

H_1 : Terdapat perbedaan keterampilan berpikir kritis peserta didik SMA pada materi energi terbarukan antara kelas yang menggunakan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan *e*-LKPD dengan kelas yang menggunakan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan LKPD.

Dasar pengambilan keputusan Uji *Independent Sample t-Test*, yaitu sebagai berikut.

- a. Apabila nilai sig. atau *sig. (2-tailed)* $> 0,05$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak.
- b. Apabila nilai sig. atau *sig. (2-tailed)* $\leq 0,05$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

2. Uji Korelasi Bivariat

Uji Korelasi Bivariat (*Correlate Bivariate*) digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan antara satu variabel dengan variabel yang lain (Mustafidah & Giarto, 2021). Uji Korelasi Bivariat dilakukan dengan metode *pearson correlation* atau *product moment pearson* dengan koefisien korelasi untuk menunjukkan seberapa besar hubungan antara dua variabel tersebut. Uji Korelasi Bivariat dilakukan dengan menggunakan program IBM SPSS *Statistics 25*.

Hipotesis yang akan diuji, yaitu sebagai berikut.

H_0 : Tidak terdapat hubungan antara keterampilan kolaborasi dan berpikir kritis peserta didik.

H_1 : Terdapat hubungan antara keterampilan kolaborasi dan berpikir kritis peserta didik.

Dasar pengambilan keputusan Uji Korelasi Bivariat, yaitu sebagai berikut.

- a. Apabila nilai sig. atau *sig. (2-tailed)* $> 0,05$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak.
- b. Apabila nilai sig. atau *sig. (2-tailed)* $\leq 0,05$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di SMA Al-Kautsar Bandar Lampung dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Pembelajaran dengan menggunakan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan *e-LKPD* berpengaruh terhadap keterampilan kolaborasi peserta didik SMA pada materi energi terbarukan. Hal ini ditunjukkan dari uji hipotesis bahwa data hasil lembar angket pada kelas eksperimen lebih besar dibandingkan dengan kelas kontrol, serta perolehan nilai pendukung dari lembar observasi sebesar 91,46 %.
2. Pembelajaran dengan menggunakan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan *e-LKPD* berpengaruh terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik SMA pada materi energi terbarukan. Hal ini ditunjukkan dari uji hipotesis bahwa *N-gain* dan penilaian proses pada kelas eksperimen lebih besar dibandingkan dengan kelas kontrol. Penilaian proses berbanding lurus dengan hasil belajar.
3. Terdapat hubungan yang positif antara keterampilan kolaborasi dengan berpikir kritis. Hal ini ditunjukkan dari uji hipotesis dengan nilai signifikansi $0,000 < 0,05$.

5.2 Saran

Berdasarkan simpulan penelitian maka beberapa saran yang dapat disajikan, yaitu sebagai berikut.

1. Pembelajaran dengan menggunakan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEAM berbantuan *e*-LKPD dapat menjadi salah satu alternatif bagi guru dalam pembelajaran IPA khususnya mata pelajaran fisika untuk lebih meningkatkan hasil belajar peserta didik.
2. Penelitian selanjutnya dapat membuat proyek dengan lingkup materi yang lebih besar, tidak hanya satu materi saja.
3. Sebaiknya diperlukan waktu yang lebih lama untuk melaksanakan pembelajaran khususnya pada materi energi terbarukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anindya, F. A. U. & Wusqo, I. U. 2020. The Influence of PjBL-STEAM Model Toward Students' Problem-Solving Skills on Light and Optical Instruments Topic. *Journal of Physics: Conference Series*, 1567(042054), 1-4. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1567/4/042054>
- Annisa, R., Hsb, M. H. E., & Damris, M. 2018. Peningkatan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa dengan Menggunakan Model *Project-based Learning* Berbasis STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, dan Mathematic) pada Materi Asam dan Basa di SMAN 11 Kota Jambi. *Journal of the Indonesian Society of Integrated Chemistry*, 10(2), 42-46. <https://doi.org/10.22437/jisic.v10i2.6517>
- Aprilianti, A. & Muslimin. 2022. Hubungan Antara Kemampuan Kognitif dengan Unjuk Kerja Siswa Kelas VIII SMPN 1 Banawa Selatan. *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online*, 10(1), 43-48. <https://jurnal.fkip.untad.ac.id/index.php/jpft/article/view/2057>
- Arikunto, S. 2011. *Prosedur Penelitian dalam Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: PT Rineka Cipta. 413 hlm.
- Arini, W. & Juliadi, F. 2018. Analisis Kemampuan Berpikir Kritis pada Mata Pelajaran Fisika untuk Pokok Bahasan Vektor Siswa Kelas X SMA Negeri 4 Lubuklinggau, Sumatera Selatan. *Berkala Fisika Indonesia*, 10(1), 1-11. <https://garuda.kemdikbud.go.id/documents/detail/2071668>
- Astri, E. K., Siburian, J., & Hariyadi, B. 2022. Pengaruh Model Project-based Learning terhadap Keterampilan Berpikir Kritis dan Berkomunikasi Peserta Didik. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 08(01), 51-59. <https://doi.org/10.22437/bio.v8i1.16061>
- Agustianti, R. & Amelia, R. 2018. Analisis Kemampuan Koneksi Matematis Siswa dengan Menggunakan Model Pembelajaran Core (Connecting, Organizing, Reflecting, Extending). *JPMI (Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif)*, 1(1), 1-6. <https://journal.ikipsiliwangi.ac.id/index.php/jpmi/article/view/302>
- Avianti, R. & Yonata, B. 2015. Keterampilan Proses Sains Siswa Melalui Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Materi Asam Basa Kelas XI

- SMAN 8 Surabaya. *UNESA Journal of Chemical Education*, 4(2), 224–231.
<https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/journal-of-chemical-education/article/view/11950>
- Biantoro, N. O. P. H., Kristanti, F., & Mursyidah, H. 2020. Pengaruh Penilaian Kinerja dan Kecerdasan Emosional Berdasarkan Project-based Learning terhadap Hasil Belajar Matematika Siswa. *Square: Jurnal of Mathematics and Mathematics Education*, 2(2), 89-102.
<http://dx.doi.org/10.21580/square.2020.2.2.5257>
- Burhanudin, A. 2021. Penggunaan Sim-Rosi Berbasis PjBL dan STEAM untuk Meningkatkan Keterampilan Abad 21 Bagi Peserta Didik Sekolah Dasar. *Jurnal Didaktika Pendidikan Dasar*, 5(1), 47-70. <https://doi.org/10.26811/didaktika.v5i1.231>
- Choiroh, S. S., Prastowo, S. H. B., & Nuraini, L. 2022. Pengaruh Penggunaan e-LKPD Interaktif Berbantuan Live Worksheets terhadap Kemampuan Berpikir Kognitif HOTS Fisika Siswa SMA. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 6(3), 694-705. <https://doi.org/10.20527/jipf.v6i3.6795>
- Dinantika, H. K., Suyanto, E., & Nyeneng, I. D. 2019. Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Project-based Learning terhadap Kreativitas Siswa Pada Materi Energi Terbarukan. *Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, 11(2), 73-80. <https://doi.org/10.30599/jti.v11i2.473>
- Ennis, R. H. 1985. A Logical Basis for Measuring Critical Thinking Skills. *Educational Leadership*, 43(2), 44-48. <https://eric.ed.gov/?id=EJ327936>
- Greenstein, L. 2012. *Assessing 21st Century Skills: a Guide to Evaluating Mastery and Authentic Learning*. California: Corwin. 264 hlm.
- Hadinugrahaningsih, T., Rahmawati, Y., Ridwan, A., Budiningsih, A., Suryani, E., Nurlitiani, A., & Fatimah, C. 2017. *Keterampilan Abad 21 dan STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics) Project dalam Pembelajaran Kimia*. Jakarta: LPPM Universitas Negeri Jakarta. 104 hlm.
- Haiyah, N. & Fatimah. 2021. Penerapan Model Pembelajaran Project-based Learning (PjBL) untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis pada Materi Gelombang Bunyi Kelas XI MAN 3 Bireuen. *Jurnal Edukasi Matematika dan Sains*, 2(2), 80-85. <http://journal.umuslim.ac.id/index.php/jemas/article/view/659>
- Hartati. 2022. Penerapan Model Project-based Learning dalam Pembelajaran IPA untuk Meningkatkan Hasil Belajar dan Membangun Karakter Abad 21 Siswa Kelas IV. *Journal of Education Research*, 1(2), 192-197. <http://pedirresearchinstitute.or.id/index.php/THEJOER/article/view/147>

- Indarta, Y., Jalinus, N., Waskito, Samala, A. D., Riyanda, A. R., & Adi, N. H. 2022. Relevansi Kurikulum Merdeka Belajar dengan Model Pembelajaran Abad 21 dalam Perkembangan Era Society 5.0. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 5(2), 3011-3024. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v4i2.2589>
- Istimewa, L., Indrawati, & Wicaksono, I. 2021. Pengaruh Pembelajaran *E-Learning* Menggunakan Platform Schoology pada Materi IPA (Pencemaran Lingkungan) terhadap Kemandirian Belajar dan Hasil Belajar Siswa SMP. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 5(1), 52-63. <https://core.ac.uk/download/pdf/482644345.pdf>
- Kholid, I. 2021. Berpikir Kritis dalam Pemecahan Masalah Matematika. *Jurnal Arrisalah*, 7(1), 96-108. <http://jurnal.stai-mifda.ac.id/index.php/ar/article/view/18>
- Koroh, T. R. & Ly, P. 2020. Pengaruh Model Pembelajaran Problem-based Learning dalam Pembelajaran Pendidikan Kewarganegaraan terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa. *Jurnal Hasil Penelitian dan Kajian Kepustakaan*, 6(1), 126-132. <https://e-journal.undikma.ac.id/index.php/jurnalkependidikan/article/view/2445>
- Kurniasih, T. 2022. Implementation of Electronic Student Worksheets with the Project-based Learning (PjBL) Model to Improve Motivation and Learning Outcomes. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 6(1), 147-154. <https://doi.org/10.20527/jipf.v6i1.4859>
- Lestari, S. 2021. Pengembangan Orientasi Keterampilan Abad 21 pada Pembelajaran Fisika melalui Pembelajaran PjBL-STEAM Berbantuan Spectra-Plus. *Jurnal Ilmiah Guru*, 6(3), 272-279. <https://doi.org/10.51169/ideguru.v6i3.243>
- Magdalena, I., Sundari, T., Nurkamilah, S., Nasrullah, & Amalia, D. A. 2020. Analisis Bahan Ajar. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Sosial*, 2(2), 311-326. <https://ejournal.stitpn.ac.id/index.php/nusantara/article/view/828/570>
- Mashud, Rahmani, M., Mu'arifin, Purwanto, D., Tantri, A., & Wulandari, A. 2022. Model Pembelajaran Pendidikan Jasmani untuk Meningkatkan Kecakapan Kolaborasi Siswa di Indonesia: Article Review. *Jendela Olahraga*, 2(2), 78-94. <http://journal.upgris.ac.id/index.php/jendelaolahraga/article/view/11973>
- Meltzer, D. E. 2002. The Relationship Between Mathematics Preparation and Conceptual Learning Gain in Physics: A Possible in Hidden Variable in Diagnostic Pretest Scores. *American Journal of Physics*, 70(12), 1259-1268. <https://doi.org/10.1119/1.1514215>

- Mustafidah, H & Giarto, W. G. P. 2021. Aplikasi Berbasis Web untuk Analisis Data Menggunakan Korelasi Bivariat Person. *Sainteks*, 18(1), 39-50. [10.30595/sainteks.v18i1.10564](https://doi.org/10.30595/sainteks.v18i1.10564)
- Nadiroh, N., Zulfa, V., & Yuliani, S. 2021. Learning Transformation of the 21st Century Curriculum for Prospective Teacher in Term of Eco-Literacy. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 802(1), 1-6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/802/1/012009>
- Najaah, L. S. 2021. Analisis Keterampilan Berpikir Kritis dan Kolaborasi Peserta Didik Sekolah Menengah Pertama (SMP). *Jurnal JARLITBANG Pendidikan*, 7(2), 115-122. <https://doi.org/10.59344/jarlitbang.v7i2.64>
- Nugroho, A. T., Jalmo, T., & Surbakti, A. 2019. Pengaruh Model Project-based Learning (PjBL) terhadap Kemampuan Komunikasi dan Berpikir Kreatif. *Jurnal Bioterdidik*, 7(3), 50-58. <http://jurnal.fkip.unila.ac.id/index.php/JBT/article/view/17428/0>
- Nurafiah, V., Utari, S., & Liliawati, W. 2019. Profil Keterampilan Abad 21 Siswa SMA pada Project based Learning (PjBL) Materi Tegangan Permukaan. *Wahana Pendidikan Fisika*, 4(2), 134-140. <https://ejournal.upi.edu/index.php/WapFi/article/view/20176>
- Nurasiah, I., Marini, A., Nafiah, M., & Rachmawati, N. 2022. Nilai Kearifan Lokal: Projek Paradigma Baru Program Sekolah Penggerak untuk Mewujudkan Profil Pelajar Pancasila. *Jurnal Basicedu*, 6(3), 3639-3648. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i3.2727>
- Nurhikmayati, I. 2019. Implementasi STEAM dalam Pembelajaran Matematika. *Jurnal Didactical Mathematics*, 1(2), 41-50. <https://www.neliti.com/publications/301053/implementasi-steam-dalam-pembelajaran-matematika>
- Rahayu, D., Puspita, A. M. I., & Puspitaningsih, F. 2020. Keefektifan Model Project-based Learning untuk Meningkatkan Sikap Kerjasama Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 7(2), 111–122. <https://journal.uniku.ac.id/index.php/pedagogi/article/view/3626>
- Rahmawati, A., Fadiawati, N., & Chansyanah, D. 2019. Analisis Keterampilan Berkolaborasi Siswa SMA pada Pembelajaran Berbasis Proyek Daur Ulang Minyak Jelantah. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia*, 8(2), 430-443. <http://repository.lppm.unila.ac.id/17240/>
- Rifa'i, M. H. 2022. *Model Pembelajaran Kreatif, Inspiratif, dan Motivatif*. Cirebon: Yayasan Wiyata Bestari Samasta. 267 hlm.
- Robbins, S. & Hoggan, C. 2019. Collaborative Learning in Higher Education to Improve Employability: Opportunities and Challenges. *New Directions for*

Adult and Continuing Education, (163), 95-108.
<https://doi.org/10.1002/ace.20344>

- Saenab, S., Yunus, S. R., & Husain. 2019. Pengaruh Penggunaan Model Project-based Learning terhadap Keterampilan Kolaborasi Mahasiswa Pendidikan IPA. *Jurnal Biology Science & Education*, 8(1), 29-41.
<http://dx.doi.org/10.33477/bs.v8i1.844>
- Santi, E. L. 2022. Pendekatan STEAM pada Project-based Learning Mewujudkan Merdeka Belajar Untuk Meningkatkan Kreativitas Siswa. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 3(2), 76-80. <https://jurnal.umpwr.ac.id/index.php/jpd/article/view/2240>
- Sarah, L. L. 2021. *Final MA_Lia_Fisika_SMA_E_10*.
<https://docs.google.com/document/d/1ucPm6SZHGF0TBKn74QuWG4mHmIq4F7fO/edit>. Diakses pada 16 November 2022.
- Sarifah, F. & Nurita, T. 2023. Implementasi Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Kolaborasi Siswa. *Pensa E-Jurnal: Pendidikan Sains*, 11(1), 22-31.
<https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/pensa/article/view/46474>
- Satria, R., Adiprima, P., Wulan, K. S., & Harjatanaya, T. Y. 2022. *Panduan Pengembangan Proyek Penguatan Profil Pelajar Pancasila*. Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, Republik Indonesia. 126 hlm.
- Setiawan, A. 2022. Model Project-based Learning Pengendalian Terbuka (Open Loop) Secara Digit. Bekasi: Mikro Media Teknologi. 80 hlm.
- Sugiyono. 2021. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta. 908 hlm.
- Suroto, Prakoso, B. B., Ridwan, M., & Juniarisca, D. L. 2021. Berpikir Kritis dan Hubungannya dengan Prestasi Akademik Calon Guru Pendidikan Jasmani Olahraga dan Kesehatan. *Jurnal Olahraga Pendidikan Indonesia*, 1(1), 46-59. <https://jopi.kemenpora.go.id/index.php/jopi/article/view/5>
- Suryaningsih, S. & Nurlita, R. 2021. Pentingnya Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (e-LKPD) Inovatif dalam Proses Pembelajaran Abad 21. *Jurnal Pendidikan Indonesia (Japendi)*, 2(7), 1256-1268.
<https://doi.org/10.36418/japendi.v2i7.233>
- Suyatna, A. 2017. *Uji Statistik Berbantuan SPSS untuk Penelitian Pendidikan*. Yogyakarta: Media Akademi. 116 hlm.
- Tabi'in, A. 2019. Implementation of STEAM Method (Science, Technology, Engineering, Arts And Mathematics) for Early Childhood Developing in

Kindergarten Mutiara Paradise Pekalongan. *Early Childhood Research Journal*, 2(1), 36-49. <https://doi.org/10.23917/ecrj.v2i2.9903>

- Taib, M. 2021. Pembelajaran IPA Berbasis Mind Mapping dalam Pengembangan Kemampuan Berpikir Kritis, Kreatif, Komunikatif, dan Kolaboratif. *Jurnal Didaktika Pendidikan Dasar*, 5(2), 465-486. <https://doi.org/10.26811/didaktika.v5i2.345>
- Taufiq, M., Nuswowati, M., Hartono, Widagdo, P. B., Savitri, E. N., Amalia, A. V., Listiaji, P., Atunnisa, R., Wijayanti, A., Prabowo, S. A., Heriyanti, A. P., Fariz, T. R., Yanitama, A., Pamelasari, S. D., Wusqo, I. U., & Hardianti, R. D. 2022. *Inovasi Pembelajaran IPA Bermuatan Kecakapan Abad 21 di Masa Pandemi COVID-19*. Pekalongan: NEM. 123 hlm.
- Tunga, M. F., Sumardi, Y., & Hasanah, D. 2021. Pengembangan e-LKPD Fisika dengan Model Project-based Learning pada Materi Rangkaian Listrik Arus Searah untuk Peserta Didik Kelas XII di SMA Negeri 1 Sedayu. *Jurn Ilmiah Pendidikan Fisika – COMPTON*, 8(1), 34-41. <https://jurnal.ustjogja.ac.id/index.php/COMPTON/article/view/10469>
- Wulandari, Y. & Jannah, M. 2018. Penerapan Model Project-based Learning untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa di Kelas V Min 38 Aceh Besar. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*, 6(1), 293-797. <https://jurnal.ar-raniry.ac.id/index.php/PBiotik/article/view/4332>
- Zahroh, F. 2020. Pengaruh Model Pembelajaran Project based Learning terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Elektrokimia. *Jurnal Phenomenon*, 10(2), 191-203. [10.21580/phen.2020.10.2.4283](https://doi.org/10.21580/phen.2020.10.2.4283)