

**PENGARUH *PROJECT BASED LEARNING* (PjBL) TERINTEGRASI
STEM TERHADAP KETERAMPILAN PROSES SAINS DAN
KEMAMPUAN KOLABORASI SISWA**

(Skripsi)

Oleh

**WAHYU DIAN NOVITA
NPM 2153024006**



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

**PENGARUH *PROJECT BASED LEARNING* (PjBL) TERINTEGRASI STEM
TERHADAP KETERAMPILAN PROSES SAINS DAN KEMAMPUAN
KOLABORASI SISWA**

OLEH

WAHYU DIAN NOVITA

Skripsi

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

Pada

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



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

ABSTRAK

PENGARUH *PROJECT BASED LEARNING* (PjBL) TERINTEGRASI STEM TERHADAP KETERAMPILAN PROSES SAINS DAN KEMAMPUAN KOLABORASI SISWA

OLEH

WAHYU DIAN NOVITA

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) *terintegrasi Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) terhadap keterampilan proses sains dan kemampuan kolaborasi siswa. Metode yang digunakan adalah *kuasi eksperimen* dengan desain *non- equivalent control group design*. Subjek penelitian adalah peserta didik kelas IX SMP Negeri 5 Bandar Lampung tahun ajaran 2024/2025, kelas IX.I sebagai kelas eksperimen sebanyak 32 siswa dan kelas IX.III sebagai kelas kontrol sebanyak 26 siswa. Data Kuantitatif berupa keterampilan proses sains yang dikumpulkan dengan (*Pretest* dan *Posttest*), sedangkan data kualitatif berupa kemampuan kolaborasi dan tanggapan siswa yang diperoleh menggunakan angket. Teknik analisis data meliputi uji N- Gain, uji normalitas dan homogenitas, serta uji *independent sample t-test* untuk menguji signifikansi perbedaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata nilai N-Gain keterampilan proses sains pada kelas eksperimen sebesar 0,55 dan pada kelas kontrol sebesar 0,40. Nilai *effect size* sebesar 0,06 menunjukkan pengaruh berada dalam kategori sedang. Hasil uji *independent sample t-test* menghasilkan nilai signifikansi sebesar 0,04, Sehingga Terdapat pengaruh yang signifikan dari pembelajaran PjBL terintegrasi STEM terhadap keterampilan proses sains siswa. Selain itu kemampuan kolaborasi siswa juga menunjukkan peningkatan yang lebih baik pada kelas eksperimen sebesar 76,11% dengan kriteria baik sedangkan kelas kontrol sebesar 61,2% dengan kriteria cukup baik. Hasil angket tanggapan siswa terhadap pengaruh model PjBL terintegrasi STEM sebesar 83,73% dengan kategori sangat baik. Dengan demikian, pembelajaran PjBL terintegrasi STEM direkomendasikan sebagai alternatif strategi pembelajaran inovatif dalam meningkatkan keterampilan abad 21.

Kata kunci: Bioteknologi, keterampilan proses sains, kemampuan kolaborasi, STEM, *Project Based Learning*,.

ABSTRACT

THE EFFECT OF PROJECT BASED LEARNING (PjBL) INTEGRATED WITH STEM ON STUDENTS' SCIENCE PROCESS SKILLS AND COLLABORATION ABILITY

By

WAHYU DIAN NOVITA

This study aims to investigate the effect of the Project Based Learning (PjBL) model integrated with Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) on students' science process skills and collaboration ability. The research method employed was a quasi-experimental design with a non-equivalent control group design. The subjects of this study were ninth-grade students of SMP Negeri 5 Bandar Lampung in the academic year 2024/2025, with class IX.I as the experimental group consisting of 32 students and class IX.III as the control group consisting of 26 students. Quantitative data in the form of science process skills were collected using pretests and posttests, while qualitative data in the form of collaboration ability and students' responses were obtained through questionnaires. Data analysis techniques included the N-Gain test, normality and homogeneity tests, and an independent sample t-test to examine the significance of differences. The results showed that the average N-Gain score of science process skills in the experimental class was 0.55, while the control class scored 0.40. The effect size value of 0.06 indicated a medium category effect. The independent sample t-test yielded a significance value of 0.04, indicating that there was a significant effect of PjBL integrated with STEM on students' science process skills. Furthermore, students' collaboration ability also showed greater improvement in the experimental class, reaching 76.11% with a "good" category, compared to the control class at 61.2% with a "fairly good" category. The questionnaire results on students' responses to the PjBL integrated with STEM model reached 83.73% with a "very good" category. Thus, PjBL integrated with STEM is recommended as an innovative learning strategy alternative to enhance 21st-century skills.

Keywords: *Biotechnology, science process skills, collaboration ability, STEM, Project Based Learning.*

Judul Skripsi

: **PENGARUH PROJECT BASED
LEARNING (PjBL) TERINTEGRASI
STEM TERHADAP KETERAMPILAN
PROSES SAINS DAN KEMAMPUAN
KOLABORASI SISWA**

Nama Mahasiswa

: **Wahyu Dian Novita**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **2153024006**

Program Studi

: **Pendidikan Biologi**

Jurusan

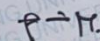
: **Pendidikan MIPA**

Fakultas

: **Keguruan dan Ilmu Pendidikan**

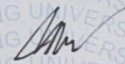


1.. **Komisi Pembimbing**



Rini Rita T Marpaung, S.Pd., M.Pd

NIP 197707152008012020



Nadya Meriza, S.Pd., M.Pd

NIP 198701092019032007

2. **Ketua Jurusan Pendidikan MIPA**



Dr. Nurhanurawati, M.Pd.

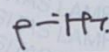
NIP 196708081991032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

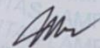
Ketua

: Rini Rita T Marpaung, S.Pd., M.Pd



Sekretaris

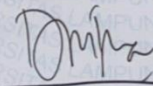
: Nadya Meriza, S.Pd., M.Pd



Penguji

Bukan Pembimbing

: Dr. Dina Maulina, S.Pd., M.Si



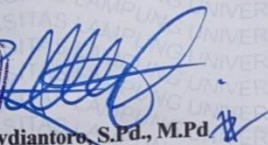


2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan



Dr. Alber Maydiantoro, S.Pd., M.Pd

NIP. 198705042014041001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 21 Juli 2025

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Wahyu Dian Novita
Nomor Pokok Mahasiswa : 2153024006
Program Studi : Pendidikan Biologi
Jurusan : Pendidikan MIPA

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 dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata kelak dikemudian hari terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka saya akan bertanggungjawab sepenuhnya.

Bandar Lampung, 14 Agustus 2025

Yang menyatakan



Wahyu Dian Novita
NPM. 2153024005

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Musi Rawas pada tanggal 27 Juli 2003 merupakan anak pertama dari dua bersaudara, putri dari Bapak Hariyanto dan Ibu Hartatik. Penulis beralamat di Desa Suka Makmur, Kecamatan BTS Ulu, Kabupaten Musi Rawas, Sumatra Selatan. Penulis mengawali Pendidikan di SD Negeri Bukit Panca Mulya (2009-2015), Kemudian melanjutkan pendidikan SMP di Pondok Pesantren Al-Kautsar Lahat pada tahun (2015-2018), dan kemudian melanjutkan pendidikan SMA di MAN 1 Lahat (2018-2021).

Pada tahun 2021, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Pendidikan Biologi Universitas Lampung melalui jalur Mandiri. Pada Januari 2024, Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKNN) di Desa Cempaka Dalam, Kecamatan Menggala, Kabupaten Tulang Bawang dan melaksanakan Pengenalan Lapangan Persekolahan (PLP) 1 dan 2 di SD Negeri Tri Makmur Jaya.

Selama menjadi Mahasiswa, Penulis aktif berorganisasi seperti tergabung dalam Forum Mahasiswa Pendidikan Biologi Unila (Formandibula) Sebagai anggota Divisi Kerohanian pada tahun 2022 dan menjadi bendahara divisi Kominfo pada tahun 2023.

MOTTO

“ Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya “

(Q.S AL-Baqarah: 286)

“ Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan.

Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”.

(Q.S AL-Insyirah, 94:5-6)

“ Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkan ku tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkan ku”

(Umar bin Khattab)

PERSEMBAHAN

*Dengan Menyebut Nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang
Segala puji bagi Allah Subhanahuwata'ala, Dzat Yang Maha Sempurna.
Sholawat serta salam selalu tercurah kepada Uswatun Hasanah Rasulullah
Muhammad Shallallahu 'alaihi wassalam.*

Teriring doa, rasa syukur, dan segala kerendahan hati. Dengan segala cinta dan kasih sayang kupersembahkan karya ini untuk orang-orang yang sangat berharga dalam hidupku:

Bapak (Hariyanto) dan Ibu (Hartatik)

Terima kasih telah, membesarkanku, merawatku, mencintaiku dengan penuh kasih sayang. terimakasih untuk segala doa dan pengorbanan yang telah diberikan selama ini, kalian adalah motivasi terbesarku untuk bertahan sampai sekarang. Skripsi ini aku persembahkan untuk kalian, bukan sebagai bentuk balas budi karena aku tahu, itu takkan pernah cukup melainkan sebagai tanda bahwa setiap langkahku hari ini adalah buah dari cinta dan doa yang kalian tanamkan sejak lama. Semoga kelak aku bisa membuat kalian bangga, bukan hanya karena gelar yang tersemat, tetapi karena aku tumbuh menjadi anak yang tidak pernah lupa siapa yang paling berharga di balik setiap pencapaian ini.

Para Pendidik (Dosen dan Guruku)

Terima kasih telah memberikan ilmu yang bermanfaat, memberikan bimbingan dan pengajaran serta pengalaman baik dalam bangku pendidikan maupun dalam kehidupan sehari-hari. Terima kasih banyak atas jasa-jasamu

Almamater tercinta, Universitas Lampung.

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT. Tuhan YME atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Pengaruh *Project Based Learning* terintegrasi STEM terhadap Keterampilan proses sains dan kemampuan kolaborasi siswa”**. Shalawat serta salam tak lupa penulis sanjung haturkan kepada Nabi Muhammad SAW. Yang membawa manusia dari kegelapan menuju ilmu pengetahuan. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar sarjana Pendidikan Biologi di Jurusan Pendidikan MIPA, Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari peranan dan bantuan berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Albert Maydiantoro, S.Pd., M.Pd., selaku Dekan FKIP Universitas Lampung
2. Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku Ketua Jurusan PMIPA FKIP Universitas Lampung
3. Rini Rita T. Marpaung, S.Pd., M.Pd., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Lampung, serta selaku pembimbing I yang telah memberikan arahan, bimbingan, saran dan masukan yang membangun dalam penulisan skripsi;
4. Nadya Meriza, S.Pd., M.Pd., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan, bimbingan, saran dan masukan yang membangun dalam penulisan skripsi;
5. Dr. Dina Maulina, S.Pd., M.Si., selaku dosen pembahas yang telah memberikan arahan, bimbingan, saran dan masukan selama penyusunan skripsi sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik;
6. Seluruh Dosen dan staff Pendidikan Biologi atas motivasi dan ilmu yang telah

diberikan;

7. Kepala sekolah SMP N 5 Bandar Lampung yang telah memberikan izin dan bantuan selama penelitian berlangsung, serta peserta didik kelas IX, atas kerjasamanya dalam membantu penulis selama melakukan penelitian.
8. Cinta pertama dan panutanku, Ayahanda Hariyanto dan pintu surgaku Ibunda Hartatik. Terimakasih atas segala pengorbanan dan tulus kasih yang di berikan. Beliau memang tidak sempat merasakan pendidikan bangku perkuliahan, namun mereka mampu senan tiasa memberikan yang terbaik, tak kenal lelah mendoakan serta memberikan perhatian dan dukungan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya. Semoga ayah dan ibu sehat, panjang umur dan bahagia selalu.
9. Seluruh keluarga besar penulis terutama (Alm. mas manto, Mbak sur, Eci, dan Naifa) yang selalu mendoakan dan mendukung untuk kesuksesan penulis.
10. Teman-temanku *Saiman Fam's* (Jessica, Ellyas, Balqis, Robi, Maya, Salem, Zalfa, Fatma, Faris, Kadit, Devina, dan Kadew), yang telah memberikan semangat, bantuan, dukungan, serta cerita yang sangat berkesan selama perkuliahan.
11. Teman-teman seperjuangan Pendidikan Biologi 2021 terkhusus Bivalvia yang telah memberikan bantuan dan cerita selama perkuliahan;
12. Teman-teman sekelompok KKN-PLP Desa Cempaka Dalam yang telah mendukung dan memberikan pengalaman berharga serta kebersamaan;
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan, namun telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini. Semoga bantuan, bimbingan serta kontribusi yang telah diberikan, dapat diberkati oleh Tuhan Yang Maha Esa.

Bandar Lampung, 14 Agustus 2025
Penulis

Wahyu Dian Novita
NPM. 2153024005

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
I. PENDAHULUAN	1
I. 1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	7
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Pembelajaran <i>Project Based Learning</i> Berbasis STEM.....	8
2.2 Keterampilan Proses Sains.....	15
2.3 Kemampuan Kolaborasi	16
2.4 Materi Bioteknologi	18
2.5 Kerangka Pikir	20
2.6 Hipotesis Penelitian	22
III. METODE PENELITIAN	23
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
3.2 Populasi dan Sampel.....	23
3.3 Desain Penelitian	23
3.4 Prosedur Penelitian	24
3.5 Jenis dan Teknik Pengambilan Data.....	25
3.6 Uji Instrumen	29
3.7 Teknik Analisis Data	30
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Hasil Penelitian.....	35
4.2 Pembahasan	38
V. SIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran.....	53

DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	62

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sintaks PjBL-STEM	14
Tabel 2. Indikator Keterampilan Proses Sains	16
Tabel 3. Indikator Kemampuan Kolaborasi	18
Tabel 4. Keluasan dan Kedalaman Materi Bioteknologi	19
Tabel 5. Desain Penelitian.....	24
Tabel 6. Kategori Nilai <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	26
Tabel 7. Lembar Observasi Kolaborasi.....	27
Tabel 8. Kriteria Kolaborasi.....	28
Tabel 9. Lembar Angket Tanggapan Peserta Didik	28
Tabel 10. Kriteria Penilaian	29
Tabel 11. Kriteria Interpretasi Hasil Validitas	30
Tabel 12. Klasifikasi <i>N-gain</i>	31
Tabel 13. Kriteria Penskoran Kemampuan Kolaborasi Peserta Didik	33
Tabel 14. Kriteria Interpretasi Nilai <i>Cohen's</i>	33
Tabel 15. Kriteria Nilai Tanggapan Peserta Didik	34
Tabel 16. Uji Statistik Data <i>Pretest</i> , <i>Posttest</i> , dan <i>N-gain</i> Peserta Didik	35
Tabel 17. Hasil Analisis Rata-Rata Indikator Keterampilan Proses Sains Kelas Eksperimen dan Kontrol	36
Tabel 18. Hasil <i>Effect Size</i>	37
Tabel 19. Hasil Observasi Kolaborasi.....	37
Tabel 20. Hasil Angket Tanggapan Peserta Didik	38
Tabel 21. Hasil Produk.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kerangka Pikir Penelitian.....	21
Gambar 2. Hubungan antar Variabel	22
Gambar 3. Soal Indikator Mengamati.....	41
Gambar 4. Jawaban <i>Posttest</i> Kelas Eksperimen Indikator Mengamati	41
Gambar 5. Jawaban <i>Posttest</i> Kelas Kontrol Indikator Mengamati	41
Gambar 6. Soal Indikator Memprediksi.....	42
Gambar 7. Jawaban <i>Posttest</i> Kelas Eksperimen Indikator Memprediksi	42
Gambar 8. Jawaban <i>Posttest</i> Kelas Kontrol Indikator Memprediksi	42
Gambar 9. Soal Indikator Mengelompokkan	42
Gambar 10. Jawaban <i>Posttest</i> Kelas Eksperimen Indikator Mengelompokkan	43
Gambar 11. Jawaban <i>Posttest</i> Kelas Kontrol Indikator Mengelompokkan	43
Gambar 12. Soal Indikator Mengukur Secara Metrik.....	44
Gambar 13. Jawaban <i>Posttest</i> Kelas Eksperimen Indikator Mengukur Secara Metrik.....	44
Gambar 14. Jawaban <i>Posttest</i> Kelas Kontrol Indikator Mengukur Secara Metrik	44
Gambar 15. Soal Indikator Menyimpulkan.....	45
Gambar 16. Jawaban <i>Posttest</i> kelas Eksperimen Indikator Menyimpulkan	45
Gambar 17. Jawaban <i>Posttest</i> Kelas Kontrol Indikator Menyimpulkan.....	45
Gambar 18. Soal Indikator Mengkomunikasikan	45
Gambar 19. Jawaban <i>Posttest</i> kelas Eksperimen Indikator Mengkomunikasikan.	45
Gambar 20. Jawaban <i>Posttest</i> Kelas Kontrol Indikator Mengkomunikasikan	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) Kelas Eksperimen	62
Lampiran 2. Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) Kelas Kontrol	64
Lampiran 3. Modul Ajar Kelas Eksperimen	66
Lampiran 4. Modul Ajar Kelas Kontrol.....	78
Lampiran 5. LKPD Kelas Eksperimen Pertemuan 1	93
Lampiran 8. LKPD Kelas Kontrol Pertemuan 1	102
Lampiran 11. Kisi-kisi Soal Pretest-Posttest Keterampilan Proses Sains	107
Lampiran 12. Soal Pretest-Posttest Keterampilan Proses Sains.....	108
Lampiran 13. Rubrik Penilaian Keterampilan Proses Sains	112
Lampiran 14. Lembar Penilaian Kemampuan Kolaborasi	122
Lampiran 15. Rubrik Penilaian Kolaborasi.....	124
Lampiran 16. Rekapitulasi Nilai Pretest Kelas Eksperimen	125
Lampiran 17. Rekapitulasi Nilai Posttest Kelas Eksperimen.....	127
Lampiran 18. Rekapitulasi Nilai Pretest Kelas Kontrol.....	129
Lampiran 19. Rekapitulasi Nilai Posttest Kelas Kontrol	131
Lampiran 20. Rekapitulasi Nilai N-gain Kelas Eksperimen.....	133
Lampiran 21. Rekapitulasi Nilai N-gain Kelas Kontrol.....	135
Lampiran 22. Rekapitulasi Nilai Pretest,Posttest, N-gain.....	137
Lampiran 23. Rekapitulasi Nilai Kolaborasi Eksperimen.....	138
Lampiran 24. Rekapitulasi Nilai Kolaborasi Kontrol	140
Lampiran 25. Hasil Angket Tanggapan Peserta Didik.....	142
Lampiran 26. Uji Statistik Normalitas dan Homogenitas Pretest	144
Lampiran 27. Uji Statistika Normalitas dan Homogenitas Posttest.....	145
Lampiran 28. Uji Statistika Normalitas dan Homogenitas N-gain Kelas Eksperimen dan Kontrol	146
Lampiran 29. Uji Statistik Independen Sample t-test	147
Lampiran 30. Uji Effect Size	148
Lampiran 31. Angket Tanggapan Peserta Didik	149
Lampiran 32. Lembar Validitas Soal	151
Lampiran 33. Surat Izin Penelitian	154
Lampiran 34. Surat Balasan Izin Penelitian	155
Lampiran 35. Dokumentasi Penelitian.....	156

I. PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Keterampilan proses sains merupakan seperangkat kemampuan yang penting dimiliki peserta didik untuk memahami konsep-konsep ilmiah secara mendalam dan aplikatif. Dalam proses pembelajaran sains, keterampilan proses sains berperan penting dalam menumbuhkan cara berpikir ilmiah dan meningkatkan partisipasi aktif peserta didik dalam kegiatan pembelajaran (Safitri, 2022).

Pembelajaran di seluruh dunia menekankan beberapa keterampilan untuk menghadapi tantangan perkembangan abad ke-21. Keterampilan tersebut sangat diperlukan dalam memecahkan masalah yang mungkin dihadapi pada abad 21 sehingga mampu bersaing dimasa depan. Pembelajaran abad ke-21 dituntut untuk diselenggarakan dengan berorientasi pada pengembangan kompetensi 6C (*Character, Critical thinking, Creativity, Citizenship, Collaboration dan Communication*) (Anggraeni dkk, 2023).

Sejalan dengan undang-undang nomor 20 tahun 2003 tentang pendidikan yaitu tujuan utama pendidikan adalah mengembangkan potensi dan keterampilan siswa untuk kehidupan di masyarakat, bangsa, dan negara. Keterampilan yang diharapkan salah satunya adalah KPS (Tambun dkk, 2020). Menurut Syaputra (2016), keterampilan proses bertujuan untuk menemukan suatu konsep atau teori pembelajaran. Peserta didik dapat mengembangkan konsep pembelajaran dengan menghubungkan pengetahuan yang sudah dimiliki dengan informasi baru yang

diperoleh serta untuk memahami implementasi dalam kehidupan sehari-hari. Melalui KPS yang dimiliki peserta didik, diharapkan dapat menemukan pengetahuannya secara mandiri dalam kegiatan belajar mengajar (Khairunnisa dkk, 2019).

Keterampilan proses sains peserta didik di Indonesia masih tergolong dalam kategori yang rendah. Hal ini dapat ditunjukkan dari hasil tes PISA dibidang sains yang dilakukan OECD dalam periode tahun 2015-2022 yang menunjukan bahwa kemampuan sains indonesia masih tergolong rendah. Pada tahun 2015 Indonesia memperoleh skor 403 dalam penilaian PISA, sementara rata-rata global mencapai 493, menempatkan Indonesia di peringkat sembilan terbawah dari seluruh negara peserta (OECD, 2018). Kemudian, pada tahun 2018, skor Indonesia menurun menjadi 396, lebih rendah dari rata-rata PISA sebesar 488, sehingga berada di posisi delapan terbawah di antara negara-negara lain (OECD, 2019). Pada tahun 2022, skor kemampuan sains peserta didik Indonesia kembali menurun menjadi 383 poin. Skor tersebut jauh di bawah skor rata-rata negara anggota OECD yang kisarannya 483-488 poin (OECD, 2023).

Menurut Harlen (1999), aspek kemampuan literasi sains pada tes PISA mencakup "*science processes, science concepts, and situation or context*". Artinya ketika hasil PISA menunjukkan literasi sains peserta didik rendah, maka KPS peserta didik juga rendah. Rendahnya KPS peserta didik juga terlihat dalam beberapa penelitian sebelumnya. Santiawati (2022) dalam penelitiannya di SMPN 2 Burneh, Jawa Timur, menemukan bahwa rata-rata persentase ketuntasan KPS siswa masih rendah, yakni 34,5%. Penelitian serupa dilakukan oleh Damayanti dkk. (2022) di SDN 1 Cembapa, Bali, yang menunjukkan bahwa rata-rata KPS siswa hanya mencapai 41,93%. Selain itu, Wegasanti (2017) yang meneliti di SMPN 2 Dlanggu, Jawa Timur, juga melaporkan bahwa ketuntasan KPS siswa masih tergolong rendah dengan rata-rata persentase sebesar 38,17%.

Keterampilan selain KPS yang dibutuhkan dalam pembelajaran adalah keterampilan kolaborasi. Keterampilan kolaborasi wajib dimiliki siswa sebagai keterampilan hidup *life skill* (Junita dkk, 2021). Kolaborasi merupakan keterampilan yang mengacu pada keterampilan siswa untuk bekerja sama dalam mencapai tujuan bersama. Kolaborasi merupakan proses pembelajaran berkelompok yang dalam proses pembelajarannya siswa akan mendiskusikan beberapa perbedaan pendapat dan informasi melalui kegiatan diskusi seperti menyarankan, mendengarkan dan mengikuti alur diskusi serta menghargai perbedaan pendapat yang ada (Greenstein, 2012, Trisdiono dkk, 2019). Keterampilan kolaborasi adalah kemampuan berpartisipasi dalam setiap kegiatan untuk membina hubungan dengan orang lain, saling menghargai hubungan dan kerja tim untuk mencapai tujuan yang sama (Sari dkk, 2017).

Pembelajaran kolaboratif memiliki beberapa keunggulan antara lain: melatih peserta didik dalam pembagian kerja yang efektif, meningkatkan rasa tanggung jawab, mengintegrasikan informasi dari berbagai sumber, perspektif, dan pengalaman, serta mendorong kreativitas dan meningkatkan kualitas solusi melalui kontribusi ide dari setiap anggota tim. Dengan kolaborasi siswa dapat menambah pengetahuan dalam mencapai tujuan belajar dan mengembangkan dimensi sosial secara tepat dengan membina hubungan baik antar sesama teman sehingga pembelajaran menjadi lebih mudah dipahami (Child & Shaw 2019). Pembelajaran yang disusun secara kolaboratif juga dapat menjadikan peserta didik aktif dalam proses pembelajaran dan dapat mendorong peserta didik untuk mengembangkan KPS (Oktaviana dkk, 2022).

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan peneliti dengan pendidik mata pelajaran Biologi kelas IX di SMP N 5 Bandar Lampung, diketahui bahwa proses pembelajaran Biologi di sekolah tersebut belum sepenuhnya berjalan secara optimal, meskipun telah menerapkan Kurikulum Merdeka. Salah satu permasalahan yang muncul adalah penggunaan model pembelajaran yang kurang bervariasi dan belum inovatif. Model yang dominan digunakan adalah *discovery learning*, yang dinilai kurang mampu memfasilitasi peserta didik dalam

mengembangkan keterampilan proses sains (KPS) dan kemampuan kolaborasi. Hal ini terlihat dari rendahnya partisipasi aktif peserta didik dalam diskusi, kemampuan menyampaikan pendapat, serta kesulitan dalam mengikuti langkah-langkah ilmiah saat diberikan tugas berbasis masalah.

Permasalahan tersebut semakin tampak saat materi bioteknologi diajarkan. Materi ini memiliki karakteristik yang kompleks dan aplikatif, sehingga menuntut pendekatan pembelajaran yang mampu mengaitkan konsep dengan kehidupan nyata serta mendorong siswa untuk berpikir kritis dan kreatif. Namun, pendekatan yang digunakan belum mengakomodasi hal tersebut. Pendidik belum pernah mengimplementasikan model pembelajaran berbasis proyek (*Project-Based Learning*) yang sebenarnya relevan untuk memfasilitasi pembelajaran bioteknologi, terutama dalam mengembangkan keterampilan proses sains dan kolaborasi. Selain itu, pendidik menyampaikan bahwa keterbatasan pengetahuan mengenai implementasi model pembelajaran yang terintegrasi dengan pendekatan tertentu, seperti STEM, menjadi hambatan dalam mengembangkan pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik materi.

Berdasarkan temuan permasalahan tersebut, diperlukan adanya inovasi pada pembelajaran biologi yang dapat memfasilitasi dan meningkatkan keterampilan proses sains dan kemampuan kolaborasi siswa. Alternatif inovasi pembelajaran IPA yang diduga mampu menjadi solusi permasalahan tersebut adalah pembelajaran *project based learning* (PjBL) terintegrasi *science, technology, engineering, mathematics* (STEM) (Restiana dkk, 2024).

Project Based Learning (PjBL) adalah suatu pembelajaran yang menggunakan suatu proyek dalam proses pembelajaran, dan berpusat pada siswa (*Student centered*). PjBL memberikan kebebasan kepada para siswa untuk merencanakan aktivitas belajar mereka, melaksanakan proyek secara kolaboratif, dan pada akhirnya menghasilkan produk kerja yang dapat dipresentasikan kepada orang lain (Kemendikbud, 2017). Untuk memaksimalkan penerapan pembelajaran *Project-Based Learning* PjBL, maka STEM menjadi pendekatan yang disarankan. STEM adalah salah satu pembelajaran yang menggabungkan 4 komponen yaitu *science*,

technology, engineering, mathematics (Rahmawati dkk, 2022). STEM merupakan kolaborasi yang serasi dari empat disiplin ilmu dalam suatu pembelajaran yang erat kaitan dengan penyelesaian masalah di kehidupan nyata. PjBL dan STEM saling melengkapi dengan kekurangan dan kelebihanannya sehingga siswa mampu memahami konsep pembuatan produk sampai hasil produk yang sesuai (Lutfi dkk, 2018).

Penelitian ini berfokus pada materi bioteknologi di jenjang SMP yang mencakup bioteknologi konvensional dan modern. Seperti fermentasi dalam produksi makanan, rekayasa genetika, serta teknologi berbasis mikroorganisme untuk kesehatan dan lingkungan. Bioteknologi merupakan cabang ilmu yang mengaplikasikan prinsip biologi, kimia, serta teknologi untuk menghasilkan produk dan layanan yang bermanfaat bagi manusia.

Penelitian sebelumnya yang relevan terkait topik penelitian ini dilakukan oleh Restiana dkk (2024) menyatakan bahwa PjBL STEM efektif terhadap peningkatan KPS siswa. Selain itu penelitian yang dilakukan oleh (Sumanti dkk, 2025) menyatakan bahwa pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) berbasis STEM dapat meningkatkan kolaborasi siswa.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai “Pengaruh pembelajaran (PjBL) terintegrasi STEM terhadap Keterampilan Proses Sains dan Kemampuan Kolaborasi Siswa”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang masalah yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Apakah terdapat pengaruh penggunaan pembelajaran PjBL berbasis STEM terhadap keterampilan proses sains siswa?
2. Bagaimanakah kemampuan kolaborasi siswa menggunakan model PjBL terintegrasi STEM?
3. Bagaimana tanggapan siswa terhadap pembelajaran menggunakan model PjBL terintegrasi STEM?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui :

1. Pengaruh penggunaan pembelajaran PjBL terintegrasi STEM terhadap keterampilan proses sains.
2. Kemampuan kolaborasi pembelajaran PjBL terintegrasi STEM terhadap kemampuan kolaborasi.
3. Tanggapan peserta didik terhadap penerapan pembelajaran PjBL terintegrasi STEM.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Bagi Guru

Memberikan wawasan dan panduan praktis mengenai penerapan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEM, yang dapat meningkatkan KPS dan kemampuan kolaborasi siswa. Hal ini membantu guru dalam merancang dan mengimplementasikan strategi pembelajaran yang lebih efektif dan relevan.

2. Bagi Siswa

Memfasilitasi pengembangan keterampilan proses sains dan kemampuan kolaborasi yang esensial dalam menghadapi tantangan dunia nyata. Melalui pembelajaran berbasis proyek dan STEM, siswa juga dapat mengaitkan pembelajaran teori dengan praktik, serta memahami dan menerapkan ilmu pengetahuan dalam konteks yang lebih luas.

3. Bagi Sekolah

Memberikan manfaat yang signifikan bagi sekolah, terutama dalam meningkatkan kualitas pembelajaran. Model ini memungkinkan siswa untuk mengembangkan KPS dan bekerja secara kolaboratif dalam menyelesaikan proyek pembelajaran. Selain itu, PjBL terintegrasi STEM mendukung implementasi Kurikulum Merdeka, meningkatkan prestasi akademik, serta membangun budaya kolaboratif di lingkungan sekolah.

4. Bagi Peneliti Lain

Menambah literatur ilmiah mengenai efektivitas penerapan PjBL terintegrasi

STEM dalam pembelajaran, serta memberikan referensi untuk penelitian lebih lanjut yang berkaitan dengan peningkatan KPS dan kemampuan kolaborasi melalui berbagai model.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Pada penelitian ini agar tidak terlalu luas dan menyimpang dari tujuan diadakannya peneliti, maka peneliti membatasi masalah sebagai berikut:

1. Pembelajaran PjBL terintegrasi STEM merupakan pendekatan yang mengintegrasikan empat disiplin ilmu, yaitu *Science, Technology, Engineering, dan Mathematics* (STEM) dalam suatu proses pembelajaran berbasis proyek. pembelajaran dengan PjBL yang diintegrasikan dengan STEM dilakukan berdasarkan sintaks model PjBL-STEM terdiri dari 5 tahapan yaitu *Reflection, Research, Discovery, Application, dan Communication* (Laboy-Rush, 2010).
2. Keterampilan Proses Sains (KPS) terbagi menjadi dua diantaranya keterampilan proses sains dasar dan keterampilan proses terintegrasi. KPS yang diukur dalam penelitian ini berupa keterampilan kognitif yang berupa proses dasar meliputi pengamatan atau observasi, memprediksi, menggolongkan, mengukur, menyimpulkan dan mengkomunikasikan (Rezba, 2007).
3. Kolaborasi adalah kemampuan untuk terlibat dalam berbagai aktivitas guna membangun hubungan dengan orang lain, menghargai hubungan interpersonal, dan bekerja sama dalam tim untuk mencapai tujuan yang sama. Menurut Greenstein (2012), indikator keterampilan kolaborasi mencakup berkontribusi secara aktif, bekerja dengan produktif, menunjukkan fleksibilitas dan kemampuan berkompromi, menunjukkan tanggung jawab, serta menunjukkan sikap menghargai.
4. Materi pokok yang digunakan dalam penelitian ini adalah bioteknologi, mata pelajaran IPA kelas IX dengan KD3.7 menerapkan konsep bioteknologi dan peranannya dalam kehidupan manusia dan KD 4.7 membuat salah satu produk bioteknologi konvensional yang ada dilingkungan sekitar
5. Populasi dalam penelitian ini adalah siswa kelas IX.1 di SMP 5 Bandar Lampung tahun pelajaran 2024/2025. Adapun sampel dalam penelitian ini yaitu kelas IX.1 sebagai kelas eksperimen dan kelas IX.3 kelas kontrol.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembelajaran *Project Based Learning* Terintegrasi STEM

Pembelajaran PjBL adalah pembelajaran yang secara langsung melibatkan peserta didik untuk menghasilkan suatu proyek (Sari & Angreni, 2018). PjBL merupakan suatu pembelajaran yang mengharuskan peserta didik untuk berpartisipasi secara aktif baik secara individu ataupun berkelompok, karena melalui kerjasama dalam kelompok akan melibatkan peserta didik dalam proses investigasi pemecahan masalah (Na'imah dkk, 2015). PjBL merupakan suatu pembelajaran berbasis proyek yang menerapkan pendekatan pembelajaran yang inovatif pada pembelajar kontekstual melalui kegiatan yang kompleks, serta lebih menekankan pada proses pemberian kesempatan kepada peserta didik untuk menghasilkan sebuah karya. Karya yang dihasilkan tersebut dapat berupa sebuah rancangan, model, prototipe atau produk nyata yang dapat diterapkan di masyarakat (Murti, 2016).

Menurut Musfiquon & Nurdyansyah (2015) menyatakan bahwa PjBL adalah pembelajaran yang menggunakan proyek sebagai media pembelajaran. Peserta didik melakukan eksplorasi, penilaian, interpretasi, sintesis, dan mencari informasi untuk menghasilkan berbagai bentuk hasil belajar. Pembelajaran berbasis proyek dirancang untuk digunakan pada permasalahan komplek yang diperlukan peserta didik dalam melakukan insvestigasi dan memahaminya. PjBL merupakan pembelajaran yang dapat meningkatkan kreativitas siswa dengan menghubungkan pembelajaran dengan permasalahan nyata (Annisa dkk, 2018). Penerapan pembelajaran ini memberikan kesempatan luas bagi siswa untuk mengeksplorasi kreativitas mereka

Selain mengasah kemampuan sains, PjBL juga melatih peserta didik dalam menyelesaikan masalah secara mandiri guna menemukan solusi yang tepat. Hal ini sejalan dengan pendapat Wena (2014), yang menyatakan bahwa PjBL memiliki berbagai keunggulan, salah satunya adalah meningkatkan motivasi belajar, keterampilan pemecahan masalah, kolaborasi, dan kreativitas.

Permanasari (2016) menekankan bahwa penerapan PjBL mampu membimbing peserta didik dalam menyelesaikan permasalahan yang diberikan dengan menitikberatkan pada hasil akhir berupa produk. Proses pemecahan masalah dalam pembelajaran ini mendorong peserta didik untuk menggali berbagai alternatif solusi, sehingga dapat meningkatkan kolaborasi mereka melalui serangkaian tahapan sistematis.

Berdasarkan berbagai pendapat ahli mengenai PjBL, dapat disimpulkan bahwa PjBL adalah pembelajaran yang menempatkan peserta didik sebagai pusat dalam proses belajar secara aktif. ini bertujuan menciptakan pengalaman belajar yang bermakna melalui serangkaian tahapan yang melibatkan peserta didik secara langsung dalam pembelajaran. Pembelajaran ini tidak hanya berfokus pada pemecahan masalah, tetapi juga mendorong peserta didik untuk menemukan solusi yang tepat. Selain itu, PjBL menghasilkan produk akhir sebagai representasi dari hasil belajar yang diperoleh melalui konstruksi pengetahuan dan pemahaman selama proses pembelajaran berlangsung.

Karakteristik dari PjBL menurut Musfiquon & Nurdyansyah (2015) menyatakan bahwa pembelajaran PjBL memiliki karakteristik, yaitu: (1) peserta didik dapat membuat sebuah keputusan dan kerangka kerja; (2) adanya permasalahan atau tantangan yang dapat mendorong peserta didik untuk bisa mandiri; (3) peserta didik membuat desain proses untuk menentukan solusi atas permasalahan atau tantangan yang diajukan; (4) proses evaluasi dapat dijalankan secara *continue*; (5) peserta didik bertanggung jawab dan mengelola suatu informasi secara kolaboratif untuk memecahkan masalah; (6) peserta didik secara berkala melakukan refleksi atas aktivitas yang sudah dijalankan; (7) melakukan evaluasi secara kualitatif dari aktivitas belajar siswa yang berupa produk akhir; dan (8) situasi pembelajaran sangat toleran terhadap kesalahan dan perubahan.

PjBL tentunya memiliki keunggulan dan kelemahan saat diterapkan dalam pembelajaran. Menurut Syarif (2017) PjBL memiliki keunggulan sebagai berikut : Meningkatkan motivasi belajar peserta didik untuk belajar, mendorong kemampuan mereka untuk melakukan pekerjaan penting, dan mereka perlu untuk dihargai.

1. Meningkatkan kemampuan pemecahan masalah.
2. Membuat peserta didik menjadi lebih aktif dan berhasil memecahkan problem-problem yang kompleks.
3. Meningkatkan kolaborasi.
4. Mendorong peserta didik untuk mengembangkan dan mempraktikkan keterampilan komunikasi.
5. Meningkatkan keterampilan peserta didik dalam mengelola sumber.
6. Memberikan pengalaman kepada peserta didik pembelajaran dan praktik dalam mengorganisasi proyek, dan membuat alokasi waktu dan sumber- sumber lain seperti perlengkapan untuk menyelesaikan tugas.
7. Menyediakan pengalaman belajar yang melibatkan peserta didik secara kompleks dan dirancang untuk berkembang sesuai dunia nyata. Melibatkan para peserta didik untuk belajar mengambil informasi dan menunjukkan pengetahuan yang dimiliki, kemudian diimplementasikan dengan dunia nyata.
8. Membuat suasana belajar menjadi menyenangkan, sehingga peserta didik maupun pendidik menikmati proses pembelajaran.

PjBL juga terdapat kelemahan. Menurut Musfiqon dan Nurdyansyah (2015) kelemahan dari model berbasis proyek diantaranya :

1. Memerlukan waktu yang cukup panjang untuk menyelesaikan permasalahan yang kompleks.
2. Memerlukan biaya yang tidak sedikit.
3. Pendidik yang masih nyaman menggunakan metode konvensional, dimana pendidik memiliki peran utama dalam mengontrol kelas.
4. Memerlukan peralatan yang banyak dalam menyelesaikan proyek.
5. Keseriusan dan kesiapan peserta didik yang masih rendah.

Kelemahan-kelemahan PjBL, seperti memerlukan banyak waktu, biaya, serta peralatan, dapat diatasi dengan pengintegrasian suatu pendekatan.

Salah satu solusi pendekatan yang dapat diintegrasikan dengan model PjBL adalah STEM. STEM merupakan salah satu terobosan penting yang sesuai dengan pengembangan keterampilan abad 21 merujuk pada suatu pendekatan interdisipliner yang mempelajari konsep akademik yang dihubungkan dengan dunia nyata dan menerapkan prinsip-prinsip sains, matematika, rekayasa dan teknologi (Fathoni dkk, 2020).

STEM mampu mengarahkan pembelajaran IPA berkaitan erat dengan teknologi, sehingga IPA memiliki peranan penting dalam mempersiapkan sumber daya manusia yang unggul, baik *soft skill* maupun *hard skill*. STEM memiliki peranan dalam mendorong peserta didik untuk mampu mengaplikasikan pemahamannya akan IPA dalam menghasilkan suatu karya teknologi yang dapat bermakna dalam kehidupan sehari-hari. Menurut Yalcin & Erden (2021) Pembelajaran dengan mengintegrasikan STEM merupakan suatu hal yang penting bagi peserta didik karena peserta didik dapat mengalami, bertanya, menjalin hubungan antara situasi dan kegiatan yang dilakukan sehingga menemukan alam dan dunia dengan cara inovatif, memecahkan masalah sambil mengeksplorasi, dan memproduksi sambil memecahkan masalah.

Sebagai pendekatan, STEM berfokus pada pemecahan masalah dalam kehidupan sehari-hari yang nyata serta dalam kehidupan profesional. STEM menunjukkan kepada peserta didik bagaimana konsep, prinsip, teknik sains, teknologi, teknik dan matematika digunakan secara terintegrasi untuk mengembangkan produk, proses, dan sistem yang bermanfaat bagi kehidupan manusia (Davidi dkk, 2021). Pendekatan STEM dapat menjadi solusi dalam pembelajaran abad ke-21 karena memiliki komponen yang dapat dikembangkan dan diterapkan dalam kehidupan nyata siswa. Hal ini sejalan dengan pendapat Kim dkk, (2019) yang menyatakan bahwa STEM merupakan pendekatan interdisipliner karena mengintegrasikan pengajaran autentik dari dua atau lebih mata pelajaran STEM yang berhubungan dengan praktik, sehingga mampu meningkatkan minat siswa dalam pembelajaran.

Dalam penerapannya, STEM memiliki beberapa karakteristik utama. Menurut Ejiwale (2012), pendekatan STEM ditandai oleh beberapa aspek utama, yaitu: a) pembelajaran STEM berfokus pada permasalahan dunia nyata serta penyelesaiannya; b) dalam proses pembelajaran STEM, peserta didik mengidentifikasi permasalahan, melakukan penelitian latar belakang, mengembangkan berbagai ide solusi, merancang dan membuat prototipe, serta menguji dan mengevaluasi hasil yang telah mereka kembangkan. akhirnya produk akan didesain ulang berdasarkan bagian evaluasi; c) pelajaran STEM membelajarkan siswa dalam penyelidikan dan eksplorasi terbuka Pelajaran STEM melibatkan siswa dalam kerja tim yang produktif; d) pelajaran STEM menerapkan matematika yang ketat dan konten sains yang dipelajari siswa.

PjBL-STEM adalah salah satu pembelajaran kolaboratif dikarenakan karakteristik model pembelajaran tersebut yang menekankan siswa belajar secara aktif dan berkelompok serta saling berbagi informasi sehingga membantu membuka wawasan siswa lain dalam berpikir (Ralph, 2015). PjBL berbasis STEM merupakan perpaduan dari kedua istilah, pembelajaran PjBL dan pendekatan STEM yang digabungkan melalui pemberian tugas yang menantang dalam bentuk proyek. STEM mengacu pada prosedur ilmiah yang terukur, terencana, dan terevaluasi dengan menggunakan inovasi teknologi yang ada di lingkungan siswa (Latip & Supriatna, 2023). Pengalaman belajar peserta didik akan lebih berarti jika pembelajaran dikaitkan dengan pendekatan yang memungkinkan mereka membangun pengetahuan dari berbagai disiplin ilmu, seperti sains, teknologi, teknik, dan matematika yang saling berhubungan pengetahuan dari berbagai disiplin ilmu, seperti sains, teknologi, teknik, dan matematika yang saling berhubungan. Laboy-Rush (2010) menjelaskan bahwa (PjBL) berbasis STEM merupakan metode pengajaran konstruktivis yang menggabungkan berbagai bidang ilmu tersebut melalui strategi pembelajaran berbasis proyek. Dengan demikian, penerapan model ini diharapkan dapat mendorong peserta didik untuk aktif mengeksplorasi situasi nyata serta menemukan solusi atas permasalahan yang mereka hadapi dalam kehidupan sehari-hari. Melalui penerapan PjBL berbasis STEM, peserta didik akan memahami konsep-konsep pengetahuan secara

mendalam dan secara tidak langsung akan meningkatkan minat belajar peserta didik. Hal tersebut akan mendorong KPS siswa dalam menerapkan pengetahuan dan keterampilan mereka yang berkaitan dengan berbagai bidang ilmu untuk memecahkan permasalahan di kehidupan sehari-hari.

Project-Based Learning (PjBL) terintegrasi STEM terdiri dari lima tahapan pembelajaran, yaitu *Reflection*, *Research*, *Discovery*, *Application*, dan *Communication* (Laboy-Rush, 2010). Pendekatan ini lebih menekankan pada proses desain, yakni suatu metode sistematis dalam mengembangkan solusi terhadap permasalahan dengan hasil yang terdefinisi dengan jelas. Proses pembelajaran PjBL-STEM membimbing peserta didik melalui lima langkah yang efektif.

Tabel 1. Sintaks PjBL-STEM

Tahapan	Kegiatan
<i>Reflection</i>	Peserta didik dibawa ke dalam konteks masalah dan menginspirasi peserta didik untuk segera mulai menyelidiki, dalam tahapan ini terjadi proses berpikir analisis, peserta didik menghubungkan pengetahuan yang telah diperoleh sebelumnya
<i>Research</i>	Peserta didik mengumpulkan informasi- informasi penunjang penelitian yang akan dilakukan dan penemuan penemuan mengenai produk yang akan dibuat pada kehidupan sehari-hari.
<i>Discovery</i>	Peserta didik menyusun rencana proyek sebuah produk dengan inovasi baru, merumuskan tujuan, menyusun langkah kerja, menyusun anggaran biaya, serta menentukan alat bahan yang diperlukan.
<i>Application</i>	Proses mencipta. Peserta didik secara kolaboratif melaksanakan proyek yang telah direncanakan sebelumnya. Setelah pembuatan produk Peserta didik menguji hasil produk sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan, kemudian hasil yang diperoleh digunakan untuk memperbaiki langkah sebelumnya. Pendidik bertanggung jawab untuk mengawasi jalannya proyek dengan cara memfasilitasi peserta didik pada setiap proses yang dilakukan.
<i>Communication</i>	Peserta didik mengkomunikasikan hasil proyek yang telah dibuat. Pada tahap ini terjadi proses analisis dan evaluasi, peserta didik mengetahui apakah produk yang telah dibuat ini layak atau tidak serta memperbaiki kekurangan yang mungkin terjadi melalui kegiatan diskusi.

Sumber : Laboy-Rush, 2010

2.2 Keterampilan Proses Sains

Keterampilan Proses Sains (KPS) atau *Science Process Skills* merupakan suatu keterampilan yang diperoleh dari latihan kemampuan mental, fisik dan sosial yang digunakan sebagai penggerak untuk pengembangan pengetahuan sikap, nilai dan keterampilan. Keterampilan proses sains dapat digunakan untuk meningkatkan kemampuan menyadari, memahami dan menguasai bentuk kegiatan pembelajaran yang berhubungan dengan hasil belajar peserta didik (Rustaman dkk, 2003). Menurut Nugraha (2005) KPS adalah semua keterampilan yang diperlukan untuk memperoleh, mengembangkan dan menerapkan konsep-konsep, prinsip-prinsip, hukum-hukum dan teori-teori sains, baik berupa keterampilan mental, keterampilan fisik (manual) maupun keterampilan sosial. Keterampilan proses sains bertujuan dalam meningkatkan kemampuan dalam menyadari, memahami dan menguasai bentuk kegiatan pembelajaran yang berhubungan dengan hasil belajar.

Keterampilan proses melibatkan keterampilan-keterampilan kognitif atau intelektual, manual dan sosial. Keterampilan kognitif terlibat karena peserta didik melakukan keterampilan proses dengan menggunakan pikirannya. Keterampilan manual jelas terlibat dalam keterampilan proses karena mereka melibatkan penggunaan alat dan bahan, pengukuran, penyusunan atau perakitan alat. Keterampilan sosial dimaksudkan mereka berinteraksi dengan sesamanya dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar dengan keterampilan proses (Rustaman dkk, 2005). Keterampilan proses sains terdiri dari keterampilan proses sains dasar (*basic science process skills*) dan keterampilan proses sains terintegrasi (*integrated science process skills*) yang keseluruhan komponen indikator terdiri dari 16 item. Keterampilan proses dasar mencakup pengamatan, pengukuran, menyimpulkan, meramalkan, menggolongkan dan mengkomunikasikan, sedangkan keterampilan proses terpadu mencakup pengontrolan variabel, interpretasi data, perumusan hipotesa, pendefinisian variabel secara operasional dan merancang eksperimen. Keterampilan proses dasar merupakan suatu pondasi untuk melatih keterampilan proses terpadu yang lebih kompleks. Seluruh keterampilan proses ini diperlukan

pada saat berupaya untuk mencatatkan masalah ilmiah. Keterampilan proses terpadu khususnya diperlukan saat melakukan eksperimen untuk memecahkan masalah (Rustaman, 2005).

Menurut Rezba dkk (2007) keterampilan proses sains memiliki indikator yang disajikan pada tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Indikator Keterampilan Proses Sains

NO	Indikator	Keterangan
1	Mengamati	Mampu menggunakan sebanyak mungkin indera (penglihatan, pembau, pengecap, dan peraba) untuk mencari informasi mengenai karakteristik, sifat, persamaan dan fitur identifikasi lain dari sebuah obyek
2	Memprediksi	Mengembangkan suatu asumsi mengenai segala hal yang akan terjadi pada waktu yang akan datang atau tentang hasil yang diharapkan berdasarkan data dan pola yang diamati
3	Mengelompokkan	Proses membandingkan dan menentukan dasar penggolongan objek dengan menentukan perbedaan atau mengurutkan sekelompok obyek atau bahan dengan ciri-ciri serta mencari kesamaan obyek
4	Mengukur secara metrik	Mampu mengukur dengan alat ukur yang sesuai ukuran dari suatu obyek dengan benar (Panjang, berat, temperatur, volume, dan lainnya) serta menyatakannya dalam satuan standar
5	Menyimpulkan	Menarik kesimpulan sesuai dengan pengamatan yang telah dilakukan dari suatu fenomena atau benda yang dilihat
6	Mengkomunikasikan	Mampu membaca dan menggunakan multimedia, tulisan, grafik, gambar, simbol, peta, angka, charta, atau cara lain untuk berbagi temuan secara sistematis dan jelas.

Sumber : Rezba (2007).

2.3 Kemampuan Kolaborasi

Kolaborasi adalah sebagai suatu proses berpikir dimana pihak yang terlibat memandang aspek-aspek perbedaan dari suatu masalah serta menemukan solusi dari perbedaan tersebut dan keterbatasan pandangan mereka terhadap apa yang dapat dilakukan (Gray Barbara, 1999). Menurut Lindeke dkk, (2005) Kolaborasi adalah proses kompleks yang memerlukan sharing pengetahuan yang direncanakan yang disengaja, dan menjadi tanggung jawab.

Keterampilan kolaborasi wajib dimiliki siswa sebagai keterampilan hidup (*life skill*) karena dapat membantu siswa mengembangkan pentingnya dimensi sosial dan pribadi seorang siswa. *Collaborative learning* mengedepankan kedekatan sosial yang dapat mengembangkan pengetahuan dan pemahaman siswa (Anantyarta & Sari, 2017). Menurut Trilling dan Fadel (2009) kolaborasi merupakan salah satu keterampilan yang termasuk ke dalam konsep kunci keterampilan hidup yang penting untuk dikembangkan dalam pembelajaran abad 21 bersamaan dengan kreativitas, pemikiran kritis, dan komunikasi. Sedangkan menurut Sunbanu dkk, (2019) kolaborasi merupakan proses belajar yang berlangsung bersama untuk menyeimbangkan perbedaan pendapat, pengetahuan, partisipasi dalam diskusi dengan memberikan saran, mendengarkan, dan saling mendukung.

Dalam proses pembelajaran, kolaborasi harus dikembangkan karena dianggap dapat membangun pengetahuan siswa melalui dialog dan berbagi pengetahuan dengan teman sebaya dan guru sehingga memungkinkan siswa meningkatkan kemampuan intelektualnya ke tingkat yang lebih tinggi. Seorang guru tidak hanya harus mengajarkan keterampilan akademik di sekolah, tetapi juga harus melatih keterampilan hidup lain seperti keterampilan bekerjasama siswa. Dengan melatih keterampilan bekerjasama siswa, seorang guru dapat membantu berkontribusi secara nyata pada kesuksesan pribadi siswa di sekolah maupun keberhasilan hubungan sosial siswa di masyarakat (Lai dkk, 2017) berpendapat bahwa melatih siswa untuk bekerja sama, seperti merencanakan, mengambil keputusan kelompok, menetapkan tujuan, mengatur waktu, menyepakati peran, dan menciptakan lingkungan kelompok yang positif dapat meningkatkan efektivitas keterampilan kolaboratif.

Hal yang harus diperhatikan dalam pembelajaran kolaboratif, para siswa bekerja sama untuk memecahkan masalah yang sama dan tidak memecahkan secara individual. Dalam pembelajaran kolaboratif siswa berbagi peran, tugas, dan tanggung jawab untuk berhasil bersama. Dengan demikian, selama berkolaborasi

para siswa bekerja sama membangun pemahaman dan konsep yang sama untuk menyelesaikan setiap bagian dari suatu masalah atau tugas.

Keterampilan berkolaborasi merupakan salah satu kunci untuk menciptakan proses pembelajaran menjadi efektif serta keterampilan kolaborasi ini sangat dibutuhkan dalam dunia kerja nantinya (Saenab dkk., 2019). Indikator keterampilan kolaborasi menurut Greenstein (2012) adalah (1) berpartisipasi secara aktif; (2) bekerja secara produktif, (3) bertanggung jawab, (4) fleksibilitas dan kompromi, (5) saling menghargai antar anggota kelompok. Siswa juga harus diberikan suatu wawasan dalam bekerja secara kolaboratif sehingga akan tertanam jiwa saling menghargai, menghormati, tanggung jawab, tenggang rasa, dan lainnya. Pembelajaran yang bersifat kolaboratif memiliki lima unsur penting, yaitu *positive inter-dependence, face-to-face promotive interactions, individual accountability and personal responsibility, teamwork and social skills, dan group processing* (Setyosari, 2009).

Tabel 3. Indikator Kemampuan Kolaborasi

Indikator	Aspek yang diamati
Berpartisipasi secara aktif	Berpartisipasi dalam mengemukakan hasil pemikiran, menyatukan hasil diskusi dan mencari penyelesaian masalah.
Bekerja secara produktif	Aktif melakukan diskusi, menyelesaikan tugas secara efektif dan efisien, fokus berdiskusi dalam pencarian solusi serta komunikasi lancar dalam diskusi.
Menunjukkan sikap tanggung jawab	Bertanggungjawab dalam penugasan yang diberikan, menyelesaikan tugas tepat waktu, mematuhi instruksi yang diberikan.
Menunjukkan fleksibilitas dan kompromi	Menerima kritik dan saran, mendiskusikan perbedaan pendapat dan menerima penugasan yang diberikan.
Menunjukkan sikap saling menghargai	Menghargai dan menghormati pendapat teman dalam forum, tidak memaksakan pendapat serta menerima keputusan bersama dalam penyelesaian masalah.

Sumber : Greenstein (2012)

2.4 Materi Bioteknologi

Bioteknologi adalah penerapan sistem kehidupan dan organisme untuk menciptakan atau menghasilkan produk baru dengan memanfaatkan makhluk

hidup atau hasil turunan mereka untuk proses tertentu. Istilah "bioteknologi" pertama kali diperkenalkan oleh ilmuwan Hungaria Karl Ereky pada tahun 1919. Istilah ini merujuk pada hubungan antara biologi dan teknologi manusia, khususnya teknologi yang memanfaatkan sistem biologi untuk mengubah bahan baku menjadi produk yang berguna bagi masyarakat. Berikut analisis keluasan dan kedalaman materi berdasarkan elemen:

Tabel 4. Keluasan dan Kedalaman Materi Bioteknologi

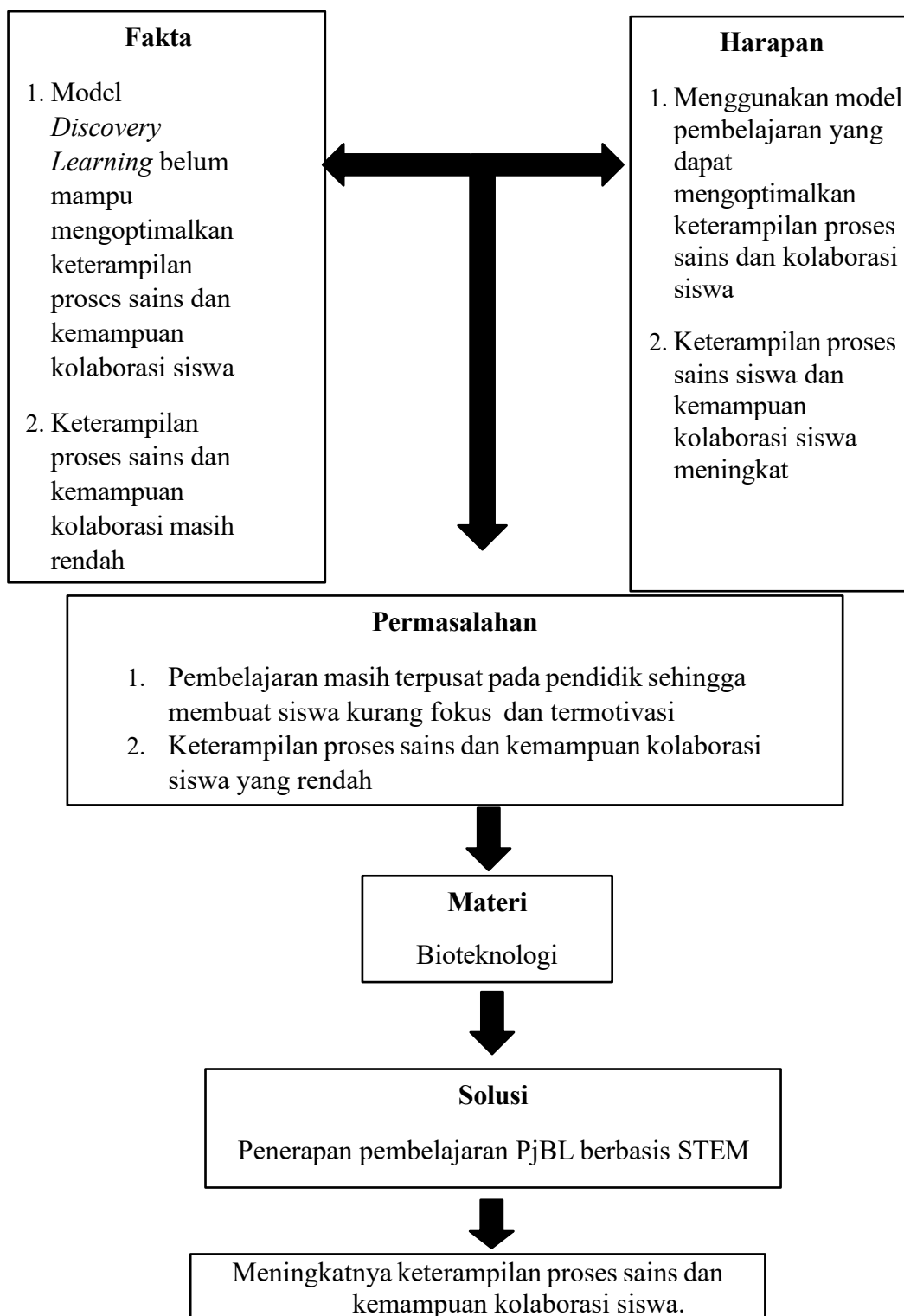
KD 3.7 (Kognitif) Menerapkan konsep bioteknologi dan Peranya dalam kehidupan manusia		KD 4.7 (Psikomotorik) Membuat salah satu produk bioteknologi Konvesional yang ada dilingkungan sekitar	
Keluasan	Kedalaman	Keluasan	Kedalaman
Konsep bioteknologi	Pengertian Bioteknologi Jenis Bioteknologi • Bioteknologi konvesional • Bioteknologi modern	Membuat produk bioteknologi konvesional	Membuat salah satu produk Bioteknologi konvesional yang ada dilingkungan sekitar
Penerapan Bioteknologi dalam berbagai bidang	Penerapan bioteknologi dalam berbagai bidang kehidupan manusia • Bidang pangan (Makanan) • Bidang pertanian • Bidang peternakan • Bidang Kesehatan • Bidang forensik • Bidang lingkungan		
	Peran bioteknologi dalam kehidupan manusia		

2.5 Kerangka Pikir

Keterampilan proses sains merupakan keterampilan kinerja siswa melalui metode ilmiah dalam mengembangkan berbagai aspek keterampilan serta kemampuan fisik dan mental dari berbagai pengetahuan tentang konsep- konsep, prinsip-prinsip dalam memproses perolehan belajar siswa. Kehidupan di abad 21 sangat mendukung dan menuntut perkembangan sumber daya manusia, khususnya dalam dunia pendidikan. Kompetensi yang harus dimiliki seseorang pada abad 21 terdapat enam kompetensi atau dikenal dengan 6C yaitu, berpikir kritis, kolaborasi, komunikasi, kreativitas, kewarganegaraan, serta konektivitas. Salah satu kemampuan yang harus dimiliki pada abad 21 yaitu kemampuan kolaborasi juga sangat penting dalam pemecahan masalah. Kolaborasi didefinisikan sebagai keterlibatan yang saling menguntungkan dari beberapa pihak dalam menyelesaikan masalah untuk mencapai tujuan bersama melalui kerja sama tim. Kemampuan kolaborasi dalam pembelajaran penting untuk mendukung interaksi antar siswa, meningkatkan komunikasi, dan berbagi ide dalam kelompok agar menciptakan pengalaman belajar yang lebih bermakna dan efektif bagi siswa.

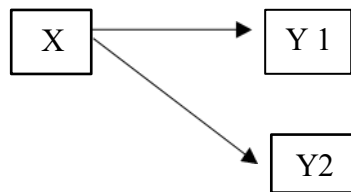
Hasil observasi di SMP Negeri 5 Bandar Lampung menunjukkan bahwa siswa kurang fokus dan kurang termotivasi dalam belajar. Permasalahan tersebut disebabkan oleh pemilihan model, metode belajar yang kurang tepat, kurangnya aktivitas belajar dan latihan soal, serta siswa yang pasif selama proses KBM berlangsung.

Berdasarkan uraian di atas, diperlukan pembelajaran yang dapat meningkatkan kemampuan siswa. Berupa kompetensi 6C tersebut, khususnya proses sains dan kolaborasi dapat ditingkatkan melalui penerapan pembelajaran PjBL berbasis STEM. Pembelajaran ini menawarkan pengalaman yang signifikan karena seluruh aktivitas berfokus sepenuhnya pada peserta didik dalam menghasilkan sebuah produk. Melalui kerjasama dalam tim, juga dapat meningkatkan keterampilan kolaborasi siswa sehingga siswa mampu memecahkan permasalahan dan mencapai tujuan bersama. Pada penelitian ini diterapkan pembelajaran PjBL terintegrasi STEM terhadap keterampilan proses sains dan kemampuan kolaborasi siswa. Bagan kerangka pikir penelitian ini disajikan pada gambar di bawah ini :



Gambar 1. Kerangka Pikir Penelitian

Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas (*independent variable*) adalah pembelajaran PjBL terintegrasi STEM dan ditandai dengan huruf (X) sedangkan variabel terikat (*dependent variable*) dalam penelitian ini adalah keterampilan proses sains disimbolkan dengan huruf (Y1) dan kemampuan kolaborasi ditandai dengan huruf (Y2). Hubungan antar variabel dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Hubungan antar Variabel

2.6 Hipotesis Penelitian

Adapun hipotesis pada penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

- H₀ : Tidak terdapat pengaruh yang signifikan dari pembelajaran PjBL terintegrasi STEM terhadap keterampilan proses sains siswa.
- H₁ : Terdapat pengaruh yang signifikan dari pembelajaran PjBL terintegrasi STEM terhadap keterampilan proses sains siswa.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di SMP Negeri 5 Bandar Lampung pada semester genap tahun ajaran 2024/2025 yang beralamat di Tj. Agung Raya, Kec., Kedamaian, Kota Bandar Lampung, Lampung.

3.2 Populasi dan Sampel

Populasi penelitian ini adalah siswa kelas IX SMP Negeri 5 Bandar Lampung. Pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan teknik *purposive sampling* karena peneliti tidak mengambil sampel secara acak, melainkan telah ditentukan terlebih dahulu kelas yang akan dijadikan sampel. Teknik ini merupakan pemilihan sampel pada ciri-ciri tertentu yang dipandang memiliki hubungan yang erat dengan ciri-ciri populasi yang telah diketahui sebelumnya (Sugiono, 2019). Kelas yang akan menjadi kelas eksperimen adalah IX.1 dan kelas yang menjadi kelas kontrol adalah IX.3.

3.3 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain kuasi eksperimen dengan *Non-equivalent control group design*. *Non-equivalent control group design* adalah desain penelitian ini menggunakan desain dengan dua kelompok yang tidak dipilih secara acak, yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol. Kelas eksperimen diberikan perlakuan berupa pembelajaran berbasis PjBL-STEM, sedangkan kelas kontrol diberikan pembelajaran *Discovery Learning*. Penelitian ini melibatkan dua kelas yang masing-masing mendapat perlakuan berbeda. Untuk mengetahui hasil belajar peserta didik, dilakukan tes sebanyak dua kali, yaitu sebelum perlakuan (*pretest*)

dan setelah perlakuan (*posttest*).

Tabel 5. Desain Penelitian

<i>Pretest</i>	<i>Perlakuan</i>	<i>Posttest</i>
O ₁	X	O ₃
O ₂	-	O ₄

Sumber : Sugiyono , 2019

Keterangan

- O₁ : *Pretest* pada kelas eskperimen
- O₂ : *Pretest* pada kelas Kontrol
- X : Perlakuan (*treatment*)
- O₃ : *Posstest* pada kelas eksperimen
- O₄ : *Posstest* pada kelas kontrol

3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian ini terdiri dari tiga tahap, yaitu tahap persiapan, pelaksanaan dan tahap akhir. Adapun langkah-langkah dari tahap tersebut yaitu sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan

Pada tahap ini peneliti mempersiapkan hal-hal yang berkaitan dengan pelaksanaan penelitian yaitu :

- a) Mengurus surat izin penelitian ke Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung untuk melakukan penelitian di sekolah.
- b) Melakukan observasi ke sekolah tempat diadakannya penelitian.
- c) Menentukan sampel yang akan digunakan untuk penelitian.
- d) Memilih kelas yang akan dijadikan sebagai kelas eksperimen dan kontrol.

2. Tahap Pelaksanaan

Pelaksanaan penelitian yang dilaksanakan pada kelas eksperimen adalah sebagai berikut:

- a) Memberikan *pretest* kepada siswa di kelompok eksperimen untuk mengukur keterampilan proses sains dan kemampuan kolaborasi sebelum diberikan perlakuan.
- b) *Pretest* dilakukan menggunakan instrumen tes untuk keterampilan proses sains dan angket untuk kemampuan kolaborasi.
- c) Kelompok Eksperimen: Menerima pembelajaran PJBL berbasis STEM. Pembelajaran dilaksanakan dalam beberapa pertemuan sesuai dengan rencana yang telah dibuat, dengan melibatkan siswa dalam proyek- proyek

berbasis STEM yang mengintegrasikan ilmu pengetahuan, teknologi, teknik, dan matematika.

- d) Setelah pembelajaran selesai, dilakukan *posttest* pada kelompok eksperimen untuk mengukur keterampilan proses sains dan kemampuan kolaborasi siswa setelah perlakuan.

Pelaksanaan penelitian yang dilaksanakan pada kelas kontrol adalah sebagai berikut:

- a) Memberikan *pretest* kepada siswa di kelompok kontrol untuk mengukur keterampilan proses sains dan kemampuan kolaborasi sebelum diberikan perlakuan.
- b) *Pretest* dilakukan menggunakan instrumen tes untuk keterampilan proses sains dan angket untuk kemampuan kolaborasi.
- c) Kelompok kontrol: Menerima pembelajaran konvensional sesuai kurikulum yang berlaku, tanpa menggunakan model PjBL terintegrasi STEM.
- d) Setelah pembelajaran selesai, dilakukan *posttest* pada kelompok Kontrol untuk mengukur keterampilan proses sains dan kemampuan kolaborasi siswa setelah perlakuan.

3. Tahap Akhir

Pada tahapan ini kegiatan yang dilakukan antara lain:

- a) Mengumpulkan hasil *pretest* dan *posttest* dari kedua kelompok.
- b) Menyusun hasil analisis data ke dalam bentuk laporan penelitian.
- c) Membuat kesimpulan mengenai pengaruh pembelajaran PJBL terintegrasi STEM terhadap peningkatan keterampilan proses sains dan kemampuan kolaborasi siswa.

3.5 Jenis dan Teknik Pengambilan Data

Jenis dan teknik pengumpulan data pada penelitian ini dapat diuraikan secara lengkap sebagai berikut:

1. Jenis Data

Jenis data pada penelitian ini adalah data kuantitatif berupa data keterampilan proses sains yang diperoleh dari nilai *pretest* dan *posttest* melalui tes soal. *Pretest* diberikan kepada siswa pada kegiatan awal pembelajaran untuk mengetahui kemampuan awal kognitif siswa dan *posttest* diberikan pada kegiatan akhir pembelajaran, data kualitatif berupa hasil analisis lembar observasi kolaborasi siswa selama proses pembelajaran, dan angket hasil tanggapan siswa.

2. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Tes (*Pretest* dan *Posttest*)

Penilaian untuk mengukur keterampilan proses sains siswa sebelum dan sesudah diberikan perlakuan (pembelajaran PjBL terintegrasi STEM). Bentuk tes dalam penelitian ini adalah *essay* yang berjumlah 6 soal. Pertanyaan yang diajukan dalam soal diarahkan pada pencapaian kompetensi KPS berdasarkan indikator Rustaman dkk, (2005) yang terdiri dari observasi, menginferensi, mengidentifikasi variabel, membuat prediksi, merumuskan hipotesis, menginterpretasi, menerapkan konsep dan berkomunikasi. Teknik penskoran nilai *pretest* dan *posttest* yang digunakan sebagai berikut :

$$\text{Nilai} : \frac{\text{skor atau jumlah jawaban benar}}{\text{skor total}} \times 100\%$$

Kemudian nilai tersebut dikategorikan sesuai dengan kategori pada tabel berikut :

Tabel 6. Kategori Nilai *Pretest* dan *Posttest*

Nilai	Kategori
86-100	Sangat Baik
66-85	Baik
46-65	Cukup
<45	Kurang

Sumber : Arikunto, 2014

b. Lembar Penilaian Observasi Kolaborasi

Lembar penilaian observasi digunakan untuk mengambil data dengan tujuan untuk mendeskripsikan dan menganalisis kolaborasi siswa berdasarkan diskusi dalam proses pembelajaran menggunakan model PjBL terintegrasi STEM lembar penilaian diisi oleh peneliti dibantu oleh observer berdasarkan indikator yang dimiliki dalam keterampilan berkolaborasi yaitu (1) kerjasama, siswa dapat melakukan kerjasama kelompok dalam memecahkan masalah, (2) tanggung jawab, siswa pada saat berkolaborasi melakukan tanggung jawab, (3) kompromi, siswa pada saat berkolaborasi dapat berkompromi dan mengambil keputusan terhadap sesama anggota kelompok, (4) komunikasi, siswa pada saat berkolaborasi dapat berbicara mengenai permasalahan yang sedang dibicarakan dan, (5) fleksibilitas, pada saat berkolaborasi dapat beradaptasi terhadap teman kelompok, ikut serta dalam kelompok, dan berkontribusi di dalam kelompok. Setiap siswa akan diobservasi kemudian diberi skor sesuai kegiatan yang dilakukan sesuai penilaian kolaborasi menurut Trilling dan Fadel (2009). Kemudian untuk mengetahui nilai aspek kolaborasi dari masing-masing siswa maka dapat dilakukan dengan menjumlahkan skor masing-masing siswa dan menentukan nilai persentase kolaborasi pada Tabel sebagai berikut:

Tabel 7. Lembar Observasi Kolaborasi

No.	Nama	Skor Aspek Kolaborasi					Skor	Presentase	Kriteria
		A	B	C	D	E			

Keterangan:

A : Kerjasama

B: Tanggung jawab

C: Kompromi

D: Komunikasi

E: Fleksibilitas

Nilai persentase kolaborasi kemudian dihitung dengan rumus:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \times 100$$

Keterangan :

$\bar{x}$: Rata-rata skor keterampilan kolaborasi peserta didik

$\sum x_i$: Jumlah skor yang diperoleh

n : Jumlah maksimum

Skor pencapaian kolaborasi siswa diklasifikasikan dalam kriteria pada Tabel sebagai berikut :

Tabel 8. Kriteria Kolaborasi

Presentase (%)	Kriteria
81%-100%	Sangat baik
61%-80%	Baik
41%-60%	Cukup Baik
21%-40%	Kurang Baik
0%-20%	Sangat Kurang Baik

Sumber : Widoyoko & Rinawati, 2012

c. Angket Tanggapan Peserta didik

Angket merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara memberi seperangkat pertanyaan kepada responden untuk di jawab (Sugiyono, 2019). Angket yang digunakan saat penelitian ini adalah angket tertutup, yaitu responden langsung memilih jawaban yang sudah disajikan (Arikunto, 2014). Angket menggunakan skala likert dengan 4 alternatif jawaban yang mana interval skor mulai 1-4, yaitu: sangat tidak setuju (STS), tidak setuju (TS), setuju (S), dan sangat setuju (SS) (Sugiyono, 2019). Angket dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui tanggapan peserta didik terhadap model pembelajaran PjBL terintegrasi STEM.

Tabel 9. Lembar Angket Tanggapan Peserta Didik

No.	Pertanyaan	SS	S	TS	STS
1.					
2.					
3.					
dst					

3.6 Uji Instrumen

Uji Ahli Validitas Soal

Validitas adalah suatu ukuran yang menunjukkan tingkat-tingkat kevalidan atau kesahihan suatu instrumen. Sebuah instrumen dikatakan valid apabila mampu mengukur apa yang diinginkan dan dapat mengungkap data dari variabel yang diteliti secara tepat. Data yang diambil yaitu hasil validasi ahli terkait instrumen penilaian keterampilan proses sains. Proses validasi instrumen penilaian keterampilan proses sains dinilai oleh satu validator, yaitu dosen ahli pendidikan. Penilaian yang diberikan validator diperoleh dari lembar validasi yang meliputi aspek materi, konstruksi soal, bahasa dan aspek keterampilan proses sains. Petunjuk pengisian lembar validasi, yakni validator memberikan skor penilaian 1-4 pada setiap butir soal di tiap aspek. Validator memberikan saran dan catatan guna perbaikan di kolom yang telah disediakan oleh peneliti. Penilaian validitas instrumen dengan kategori sebagai berikut:

Tabel 10. Kriteria Penilaian

Nilai Skala	Kategori
1	Kurang baik
2	Cukup baik
3	Baik
4	Sangat Baik

Sumber : Ridwan, 2022

Data hasil validitas dari validator dihitung menggunakan rumus perhitungan rerata setiap aspek P berikut :

$$P = \frac{\text{Skor total yang diperoleh}}{\text{jumlah validator}}$$

Selanjutnya setelah melakukan perhitungan rata-rata setiap aspek, kemudian menghitung rata-rata tiap butir soal dengan rumus berikut :

$$\text{Skor Validitas} = \frac{\text{jumlah total rata-rata masing-masing aspek}}{\text{jumlah total aspek yang dinilai}}$$

Tabel 11. Kriteria Interpretasi Hasil Validitas

Nilai Skala	Kategori
1,00-1,75	Kurang Valid
1,76-2,50	Cukup Valid
2,51-3,25	Valid
3,26-4,00	Sangat Valid

Sumber : Ridwan, 2022

3.7 Teknik Analisis Data

A. Data Hasil Tes Keterampilan Proses Sains

Data hasil tes keterampilan proses ini dilakukan pengolahan dari penelitian yang berupa hasil *pretest* dan *posttest*. Teknik analisis data tes keterampilan proses sains dan kemampuan kolaborasi siswa diuji dengan menggunakan uji statistik. Sebelum melakukan pengujian hipotesis, data dilakukan uji persyaratan terlebih dahulu yang berupa perhitungan nilai *N-gain*, uji normalitas dan uji homogenitas dengan bantuan SPSS versi 25.

1. *N-gain*

Uji *N-gain* dilakukan untuk menghitung peningkatan keterampilan proses sains siswa sebelum dan sesudah dilaksanakan pembelajaran dikelas. PjBL berbasis STEM (eksperimen) maupun dengan tidak menerapkan model *Project Based Learning* PjBL terintegrasi STEM (kontrol). Data tes keterampilan proses sains didapat dengan mengolah data hasil *pretest* dan *posttest*. Adapun teknik penskoran nilai penskoran menurut (Sumaryanta, 2015: 182) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Skor = \frac{B}{N} \times 100$$

Keterangan :

B : Banyaknya butir yang dijawab benar

N : Banyaknya butir soal

Peningkatan keterampilan proses sains dapat dilihat pada perhitungan *N-gain* dengan menghitung skor *pretest* dan *posttest* siswa menggunakan rumus berikut :

$$g = \frac{X_{posttest} - X_{pretest}}{X_{max} - X_{pretest}}$$

Keterangan :

g = Gain *score* ternormalisasi
 $X_{posttest}$ = Skor tes awal
 $X_{pretest}$ = Skor tes akhir
 X_{max} = Skor maksimum

Berdasarkan besarnya nilai *N-gain*, *N-gain* dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Tabel 12. Klasifikasi *N-gain*

Indeks <i>N-gain</i>	Interpretasi
$g > 0,70$	Tinggi
$0,3 < g \leq 0,70$	Sedang
$g \leq 0,30$	Rendah

2. Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk mengetahui apakah sampel penelitian berasal dari populasi yang berdistribusi normal atau tidak berdistribusi normal. Uji normalitas dilakukan dengan *Shapiro-Wilk*. Data yang diuji normalitasnya adalah data *N-gain*. Uji normalitas dilakukan menggunakan uji *One-sample Shapiro-Wilk Test* dengan SPSS.

1) Hipotesis

H_0 : Sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : Sampel berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal.

2) Kriteria Pengujian

Jika $\text{sig.} \geq \alpha$ (0,05) maka H_0 diterima yaitu sampel berasal dari populasi berdistribusi normal.

Jika $\text{sig.} < \alpha$ (0,05) maka H_0 ditolak yaitu sampel berasal dari populasi berdistribusi tidak normal.

3. Uji Homogenitas

Uji homogenitas adalah prosedur uji statistik yang bertujuan untuk menunjukkan bahwa dua atau lebih kelompok sampel data diambil dari populasi yang memiliki varians yang sama (Sianturi, 2022). Uji

homogenitas yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Levene Test* dibantu dengan program analisis statistik IBM SPSS *Statistics* versi 27 pada taraf signifikansi 5% atau $\alpha = 0.05$.

1) Hipotesis

H_0 : Varians dari data *pretest* dan *posttest* bersifat homogen

H_1 : Varians dari data *pretest* dan *posttest* tidak bersifat homogen

2) Kriteria Uji

Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau probabilitasnya $> 0,05$ maka H_0 diterima

Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ atau probabilitasnya $< 0,05$ maka H_0 ditolak (Sudjana, 2005).

4. Uji Hipotesis

Uji hipotesis dilakukan untuk mengetahui perbedaan rata-rata hasil belajar peserta didik pada aspek kognitif antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Pengujian hipotesis dalam penelitian ini menggunakan uji *Independent Sampel T-Test* untuk uji dua arah (*two tailed*) dengan menggunakan program SPSS.

1) Hipotesis

H_0 : Tidak ada pengaruh dari penggunaan model PjBL berbasis STEM terhadap keterampilan proses sains dan kemampuan kolaborasi siswa.

H_1 : Terdapat pengaruh dari penggunaan model PjBL berbasis STEM terhadap keterampilan proses sains dan kemampuan kolaborasi siswa

2) Kriteria Uji

Jika Sig. (*2-tailed*) $> \alpha$ (0,05) maka H_0 diterima

Jika Sig. (*2-tailed*) $< \alpha$ (0,05) maka H_0 ditolak

5. Kemampuan Kolaborasi

Data keterampilan kolaborasi peserta didik diambil dari observasi selama proses pembelajaran berlangsung. Data tersebut dianalisis dengan kriteria penilaian kolaborasi peserta didik menurut

Greenstein (2012). Kriteria penskoran keterampilan kolaborasi dijabarkan sebagai berikut.

Tabel 13. Kriteria Penskoran Kemampuan Kolaborasi Peserta Didik

<i>Presentase</i>	Kriteria
81-100	Sangat Baik
61-80	Baik
41-60	Cukup Baik
21-40	Kurang Baik
0-20	Sangat Kurang Baik

6. *Effect size*

Besar pengaruh penerapan model *Project Based Learning* (PjBL) terintegrasi STEM terhadap kemampuan berpikir kreatif peserta didik dilakukan dengan menggunakan perhitungan *effect size*. *Effect size* merupakan ukuran besarnya korelasi atau perbedaan, atau efek dari suatu variabel pada variabel lain (Ferguson, 2009).

Untuk menghitung *effect size*, digunakan rumus *Cohen's d* sebagai berikut (Thalheimer & Cook, 2002:4)

$$d = \frac{\bar{X}_t - \bar{X}_c}{S_{pooled}}$$

Keterangan:

d : nilai *effect size*
 $\bar{X}_t$: nilai rata-rata eksperimen
 $\bar{X}_c$: nilai rata-rata kelas kontrol
 S_{pooled} : standar deviasi

Interpretasi hasil *effect size* mengikuti tabel kriteria interpretasi nilai *Cohen's d* sebagai:

Tabel 14. Kriteria Interpretasi Nilai *Cohen's*

<i>Effect Size</i>	Interpretasi Efektivitas
$0 < d < 0,2$	Kecil
$0,2 < d < 0,8$	Sedang
$d > 0,8$	Besar

Sumber : Lavakov, 2021

7. Angket Tanggapan Peserta Didik

Data tanggapan peserta didik diperoleh dari lembar angket tanggapan peserta didik. Perhitungan skor dilihat dari jawaban peserta didik yaitu : sangat setuju (SS) diberi skor 4, Setuju (S) diberi skor 3, Tidak Setuju (TS) diberi skor 2, dan Sangat Tidak Setuju (STS) diberi skor 1. Untuk memperoleh *presentase* tanggapan siswa diperoleh dengan menggunakan rumus berikut :

$$Nilai = \frac{\sum Skor}{Skor Maksimal} \times 100\%$$

Tabel 15. Kriteria Nilai Tanggapan Peserta Didik

Nilai	Kategori
$86\% \leq P \leq 100\%$	Sangat Baik
$76\% \leq P \leq 85\%$	Baik
$60\% \leq P \leq 75\%$	Cukup
$55\% \leq P \leq 59\%$	Kurang

Sumber : Purwanto (2008)

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Penggunaan PjBL terintegrasi STEM berpengaruh signifikan terhadap keterampilan proses sains siswa ($P < 0,05$).
2. Kemampuan kolaborasi siswa menggunakan model PJBL terintegrasi STEM ber kriteria baik dengan presentase 76,11
3. Siswa memberikan tanggapan sangat baik terhadap pembelajaran PjBL terintegrasi STEM.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, masih terdapat kekurangan khususnya pada indikator keterampilan proses sains yang berada pada kategori sedang. Oleh karena itu, disarankan bagi peneliti selanjutnya untuk melakukan penguatan aktivitas pembelajaran yang lebih sesuai dengan karakteristik indikator tersebut agar pencapaian keterampilan proses sains dapat meningkat secara merata.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinugraha, F. (2018). Model Pembelajaran Berbasis Proyek Pada Mata Kuliah Media Pembelajaran. *SAP (Susunan Artikel Pendidikan)*, 3(1), 1-9
- Annisa, R., Effendi, M. H., & Damris, D. (2019). 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), 14-22.
- Anantyarta, P., & Sari, R.L. I. (2017). Keterampilan Kolaboratif dan Metakognitif Melalui Multimedia Berbasis Means Ends Analysis Collaborative and Metacognitive Skills Through Multimedia Ends Analysis Based. *Jurnal Biologi Dan Pembelajaran Biologi*.
- Anggraeni, P., Sunendar, D., Maftuh, B., & Sopandi, W. (2023). How Do 6Cs Appearance at Elementary Schools Learning?. *DWIJA CENDEKIA: Jurnal Riset Pedagogik*, 7(2).
- Arikunto. (2014). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Arikunto, S. (2019) . *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- AKSIOMA: (2002). *Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 11(3)
- Balqist, A., Jalmo, T, & Yolida, B. (2019). Penggunaan Model Discovery Learning dalam Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi dan Berpikir Tingkat Tinggi Peserta Didik. *Jurnal Kajian Pendidikan Ekonomi Dan Ilmu*.
- Batrisyia, S. Q. (2024). IMPLEMENTASI MODEL PEMBELAJARAN PJBL-STEM UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN PROSES SAINS PESERTA DIDIK PADA MATERI ENERGI ALTERNATIF (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia)

- Capraro, R. M., Capraro, M. M. & Morgan. J. R. (2013). *STEM Project-Based Learning an Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach*. Netherlands: Sense Publisher
- Capraro, R. M., & Slough, S. W. (2008). *Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach*. 223.
- Child, S., & Shaw, S. (2016). Collaboration in the 21st century: Implications for assessment. *Journal economics*, 21.
- Darmayanti, N. W. S., & Setiawati, N. W. I. (2022). Analisis Keterampilan Proses Sains Siswa Kelas VI di SD N 1 Cempaga. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Sains Indonesia (JPPSI)*, 5(2), 119-127.
- Davidi, E. I. N., Sennen, E., & Supardi, K. (2021). Integrasi pendekatan STEM (science, technology, enggeenering and mathematic) untuk peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa sekolah dasar. *Scholaria: jurnal pendidikan dan kebudayaan*, 11(1), 11-22.
- Ejiwale, J. A. (2013). Barriers to successful implementation of STEM education. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 7(2), 63-74.
- Fathoni, A., Muslim, S., Ismayati, E., Rijanto, T., & Nurlaela, L. (2020). STEM: Innovation in vocational learning. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 17(1), 33-42.
- Falah, A. L. N., Arief, K., & Riginianto, R. S. I. (2023). Analisis pengendalian kualitas pada tempe menggunakan metode Seven Tools dan FMEA. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, 2(3), 212-223.
- Ferguson, C. J. 2009. An Effect Size Primer: A Guide for Clinicians and Researchers. *Professional Psychology: Research and Practice*. 40(5), 532- 538.
- Fernández-Abascal, E. G., & Díaz, M. D. M. (2013). Affective Induction and Creative Thinking. *Creativity Research Journal*, 25(2), 213-221.
- Fitriyani, A., Toto, T., & Erlin, E. (2020). Implementasi Model PjBL-STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi. *Bioed : Jurnal Pendidikan Biologi*, 8(2),
- Greenstein, L. (2012) . *Assessing 21st Century Skills: A Guide to Evaluating Mastery and Authentic Learning*. California: Corwin.
- Gray, B. (1999). *Collaborating: Finding common ground for multiparty problems*. Jossey Bass.
- Haryanti, A., & Suwarma, I. R. (2018) . Profil keterampilan komunikasi siswa

SMP dalam pembelajaran IPA berbasis STEM. *WaPFI (Wahana Pendidikan Fisika)*, 3(1), 49-54.

Hasnunidah, N. (2017) . *Metodologi Penelitian Pendidikan*. Yogyakarta: Media Akademi

Harlen, W. (1999). Purposes and Procedures for Assessing Science Process Skills, *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 6:1, 129-144,

Hanif, S., Wijaya, A. F. C., & Winarno, N. (2019). *Enhancing Students' Creativity through STEM Project-Based Learning*. *Journal of Science Learning*, 2(2), 50.

Insyasiska, D., Zubaidah, S., & Susilo, H. (2017) . Pengaruh Project Based Learn Terhadap Motivasi Belajar, Kreativitas, Kemampuan Berpikir Kritis, Dan Kemampuan Kognitif Siswa Pada Pembelajaran Biologi. *Jurnal Pendidikan Biologi Universitas Negeri Malang*, 7(1), 118842.

Jatmika, S., Lestari, S., Rahmatullah, R., Pujiyanto, P., & Dwandaru, W. S. B. (2020). *Integrasi project based learning dalam science technology engineering and mathematics* untuk meningkatkan keterampilan proses sains dalam pembelajaran fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Keilmuan (JPFK)*, 6(2), 107-119.

Junita, A., Supriatno, B., & Purwianingsih, W. (2021). Profil keterampilan kolaborasi siswa SMA pada praktikum maya sistem ekskresi. *Assimilation: Indonesian Journal of Biology Education*, 4(2), 50-57.

Jayanti, A. D., & Yuniarta, T. N. H. (2022). Pengembangan Emometri (E-Modul Trigonometri) dengan *project based learning* berbasis STEAM. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 11(2), 1116- 1126.

Kemendikbud. (2017). *Panduan Penilaian oleh Pendidik dan Satuan Pendidikan untuk SMA*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah.

Kim, C., Yuan, J., Kim, D., Doshi, P., Thai, C. N., Hill, R. B., & Melias, E. (2019). Studying the Usability of An Intervention to Promote Teachers' Use of Robotics in STEM Education. *Journal of Educational Computing Research*, 56(8), 1179-1212.

Khairunnisa, K., Ita, I., & Istiqamah, I. (2020). Keterampilan proses sains (KPS) mahasiswa Tadris Biologi pada mata kuliah biologi umum. *BIO-INOVED: Jurnal Biologi-Inovasi Pendidikan*, 1(2), 58-65.

- Krisnanto, I., Kurniawan, E. S., & Maftukhin, A. (2021). Pengembangan Instrumen Tes Hasil Belajar Fisika Berbasis STEM untuk Mengukur Keterampilan Proses Sains Peserta Didik. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains (JIPS)*, 2(2), 76-81.
- Lai, E., DiCerbo, K., & Foltz, P. (2017) . “*Skills for Today: What We Know about Teaching and Assessing Collaboration.*” London: Peason.
- Laboy-Rush, D. (2011). Integrated STEM education through project-based learning. *Learning. com*, 12(4), 1-12.
- Latip, A. D. A., & Supriatna, A. (2023). Strategy of Project Based Learning (PJBL) Based on Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) in Growing Active and Creative Students. *Jurnal Iqra': Kajian Ilmu Pendidikan*, 8(2), 198-221.
- Lelasari, M., Setyosari, P., & Ulfa, S. (2017) . Pemanfaatan social learning network dalam mendukung keterampilan kolaborasi siswa. *In Seminar Nasional Teknologi Pembelajaran dan Pendidikan Dasar 2017* (pp. 167- 172).
- Lindeke, Linda, Sieckert, & Ann, (2005). *NursePhysician Workplace Collaboration. Journal of Issues in Nursing*, (Online), (<http://www.medscape.com>., diakses tanggal 15 April 2010)
- Lutfi, L., Ismail, I., & Azis, A. A. (2018). Pengaruh Project Based Learning Terintegrasi Stem Terhadap Literasi Sains, Kreativitas Dan Hasil Belajar Peserta Didik.
- Lovakov, A., & Agadullina, E. R. (2021). Empirically derived guidelines for effect size interpretation in social psychology. *European Journal of Social Psychology*, 51(3), 485-504.
- Musfiquon, H.M. & Nurdyansyah. (2015). *Pendekatan Pembelajaran Saintifik*. Sidoarjo: Nizamia Learning Center.
- Murti, W. (2016) . Pengaruh Pemberian Tugas Berbasis Proyek Terhadap Pengembangan Kecakapan Hidup Dan Hasil Belajar Biologi Siswa Kelas VIII SMP. *Jurnal Biotek*, 4 (1), 21-32.
- Munandar, U. (2014). *Pengembangan Kreativitas Anak Berbakat*. Rineka Cipta.
- Na'imah, N. J., Supartono, S., & Wardani, S. 2015. Penerapan pembelajaran berbasis proyek berbantuan e-learning untuk meningkatkan hasil belajar siswa. *Jurnal inovasi pendidikan kimia*, Vol 9(2): 1566-1574
- Nugraha, A. W. (2005). Penerapan Pendekatan Keterampilan Proses IPA pada

Praktikum Kimia Fisika II di Jurusan Kimia FMIPA UNIMED melalui Kegiatan Praktikum Terpadu, *Jurnal Penelitian Bidang Pendidikan*, Vol.11(2): 107112

- Nurtriana, I., Maharani, E. T. W., & Yuliyanto, E. (2024). Efektivitas Model Pembelajaran Project Based learning (PJBL) terhadap Keterampilan Proses Sains Peserta Didik kelas V Sekolah Dasar pada Materi. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 5(9).
- Octaviana, F., Wahyuni, D., & Supeno, S. (2022). *Pengembangan E-LKPD untuk meningkatkan keterampilan kolaborasi siswa SMP pada pembelajaran IPA*.
- Octaviani, D., Yulianti, E., & Zainuddin. (2022). Pengembangan lembar kerja peserta didik berbasis Project-Based Learning terintegrasi STEM untuk meningkatkan keterampilan proses sains. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(1).
- OECD. (2019) . "Indonesia What 15-Year-Old Students in Indonesia Know and Can Do Figure 1. Snapshot of Performance in Reading, Mathematics and Science." *Oede* 1(3):1-10.
- Pisa, O. E. C. D. (2013). *assessment and analytical framework: Mathematics, reading, science, problem solving and financial literacy*. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development.
- OECD. (2023b). *Program For International Student (PISA) 2022 Assessment and Analytical Framework*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/dfe0bf9cen>.
- OECD. (2023a). *PISA 2022 Result: The State of Learning and Equity in Education*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Prayitno. (2012). *Psikologi Pendidikan* (Sebuah Orientasi Baru). Ciputat: Gaung Persada
- Permanasari, A. (2016). STEM Education: Inovasi dalam Pembelajaran Sains. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains VI, 23-34.
- Qadafi, M., Doyan, A., & Harjono, A. (2024). *The Effects of the STEM-integrated Project Based Learning (PjBL) Model on Students' Science Process Skills*. *Journal of Science and Science Education October*, 5(2), 163-167.
- Rahmawati, L., Juandi, D., & Nurlaelah, E. (2022). *Implementasi STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif matematis*.

- Rahmania, I. (2021). Project Based Learning (PjBL) Learning Model with STEM Approach in Natural Science Learning for the 21st Century. Budapest International Research and Critics Institute (*BIRCI-Journal*): *Humanities and Social Sciences*, 4(1), 1161–1167.
- Ralph, R. A. (2015). Post Secondary Project-Based Learning in Science, Technology, Engineering and Mathematics. *Journal of Technology and Science Education*, 6(1), 26-35.
- Restiana, R., Abidin, Y., & Cahyani, I. (2024). PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN PROJECT BASED LEARNING BERBASIS STEM TERHADAP KETERAMPILAN PROSES SAINS DAN HASIL BELAJAR SISWA KELAS V SD PADA PEMBELAJARAN IPA. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 9(1), 3451-3465.
- Rezba, R. J. (2007). *Learning and assessing science process skills*. Kendall Hunt. Iowa.
- Rustaman, Y. N. (2003). *Strategi Belajar Mengajar Biologi*. Common Text Book JICA. Edisi Revisi.
- Rustaman, N. (2005). *Strategi Belajar Mengajar Biologi*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Riduwan, M. B.. (2022). *Skala Pengukuran Variabel-Variabel Penelitian*.
- Samatowa, U. (2019). *Pembelajaran IPA Di Sekolah Dasar*.
- Sari & Angreni (2018). Penerapan Model Pembelajaran Project Based Learning Upaya Peningkatan Kreativitas Mahasiswa. *Jurnal VARIDIKA*, 30 (1).
- Saenab, S., Yunus, S. R., & Husain, H. (2019). Pengaruh Penggunaan Model Project Based Learning Terhadap Keterampilan Kolaborasi Mahasiswa Pendidikan IPA. *Biosel: Biology Science and Education*, 8(1), 29.
- Sari. K. Arum., Zuhdan. Prasetyo, H., & Setiyo,. (2017). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik IPA Berbasis Model Project Based Learning untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi dan Komunikasi Peserta Didik Kelas VII. *Jurnal Pendidikan dan Sains*. 6 (8), 1-7.
- Safitri, L. (2022). Komponen Keterampilan Proses Sains dan Analisisnya pada Buku Ajar Ilmu Pengetahuan Alam. Sinar Dunia: *Jurnal Riset Sosial Humaniora dan Ilmu Pendidikan*, 1(4), 237–249.
- Setiawan, N. C. E., Sutrisno, S., Munzil, M., & Danar, D. (2020). Pengenalan stem (science, technology, engineering, and mathematics) dan pengembangan rancangan pembelajarannya untuk merintis

pembelajaran kimia dengan sistem sks di kota madiun. Lumbung Inovasi: *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 5(2), 56-64.

Setyosari, P. (2009). Pembelajaran Kolaborasi Landasan untuk mengembangkan keterampilan sosial, rasa saling menghargai dan tanggung jawab. Pidato Pengukuhan Pendidik Besar dalam Bidang Ilmu TEP pada FIP UM disampaikan pada sidang terbuka Senat UM, 14.

Sudjana. (2005). *Metoda Statistika*. Bandung: Tarsito

Sunbanu, H. F., Mawardi, M., & Wardani, K. W. (2019). Peningkatan Keterampilan Kolaborasi Siswa Menggunakan Model Pembelajaran Kooperatif Two Stay Two Stray Di Sekolah Dasar. *Jurnal basicedu*, 3(4), 2037–2041

Sumanti, V., & Suhandoko, A. D. J. (2025). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis STEM-Project Based Learning Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Dan Keterampilan Kolaborasi Siswa SD. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 6(1).

Sugiyono, D. (2019). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D*. Alfabeta.

Suryaningsih, S., Nisa, F. A., Muliharto, M., & Aldiansyah, F. (2023, March). Implementation of ICT literacy in STEAM project learning for measuring student's interest and motivation. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2572, No. 1). *AIP Publishing*.

Syaputra, A. (2016). Analisis Perkembangan Aspek Keterampilan Proses Sains Kimia Siswa Melalui Pembelajaran Berbasis Literasi Sains Dan Teknologi Di SMA Muhammadiyah 11 Padangsidempuan. *Jurnal Eksakta*, 2(1), 49 -53.

Syarif, Moh. (2017). *Modul Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan Biologi SMA: Terintegrasi Penguatan Pendidikan Karakter Kelompok Kompetensi D*.

Tambun, S., Sirait, G., & Simamora, J. (2020). Analisis Yuridis Hak Dan Kewajiban Warga Negara Atas Pendidikan Menurut Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Nasional. *Visi Sosial Humaniora*, 1(1), 84-92.

Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *Keterampilan abad ke-21: Belajar untuk hidup di zaman kita*.

Trisdiono, H., Siswandari, S., Suryani, N., dan Joyoatmojo, S. (2019). Multidisciplinary Integrated Project Based Learning to Improve Critical Thinking Skills and Collaboration. *International Journal of Learning*,

Teaching and Educational Research, 18(1), 16–30.

Thalheimer, W., C. S. (2002). *How to calculate effect sizes from published research articles: A simplified methodology*.

Tsoukala, E., Lefkos, I., & Fachantidis, N. (2023). *Exploring the Applications of QR Codes in STEM Subjects*. In M. E. Auer & T. Tsiatsos (Eds.), *Smart Mobile Communication & Artificial Intelligence, Lecture Notes in Networks and Systems* (Vol. 936, pp. 129–139). Springer.

Usman, A. (2016). *Penguasaan Konsep dan Keterampilan Proses Sains Siswa SMP Pada Pembelajaran IPA Terpadu Tipe Connected Berbasis Guided Inquiry*. *Doctoral dissertation*, Universitas Pendidikan Indonesia.

Wegasanti, N. (2017). *Keterampilan Proses Sains Siswa Dalam Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Pada Materi IPA SMP*. Pensa: *E-Jurnal Pendidikan Sains*, Vol.5(03); 376-380.

Wena, M. (2014). *Strategi Pembelajaran Inovatif Kontemporer : Suatu tinjauan konseptual operasional*. Jakarta: Bumi Aksara.

Widiyoko, S. E. P., &., and A. Rinawati. (2012). *Pengaruh Kinerja Guru Terhadap Motivasi Belajar Siswa*. *Jurnal Cakrawala Pendidikan* 5:2.

Wulandari, F., & Sari, P. P. (2023). *The effect of project-based learning integrated STEM toward science process skill of elementary school student*. *Jurnal Pijar Mipa*, 18(3), 362-368.

Yalçın, V., & Erden, Ş. (2021). *The effect of STEM activities prepared according to the design thinking model on preschool children's creativity and problem-solving skills*. *Thinking Skills and Creativity*, 41, 100864.