

**PENGARUH PEMBELAJARAN PjBL TERINTEGRASI DENGAN  
STEM TERHADAP KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS  
DAN KOLABORASI PESERTA DIDIK KELAS  
IX PADA MATERI BIOTEKNOLOGI**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**SISILIA DELA ANGGRAINI**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

## ABSTRAK

### PENGARUH PEMBELAJARAN PjBL TERINTEGRASI DENGAN STEM TERHADAP KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS DAN KOLABORASI PESERTA DIDIK KELAS IX PADA MATERI BIOTEKNOLOGI

Oleh

**Sisilia Dela Anggraini**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pembelajaran PjBL terintegrasi dengan STEM terhadap kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi peserta didik kelas IX SMP Negeri 3 Natar, Lampung Selatan pada materi bioteknologi. Jenis penelitian yang digunakan ialah *quasi experiment* dengan desain penelitian *pretest-posttest non equivalent control group design*. Sampel pada penelitian ini yaitu IX A yang berjumlah 32 orang sebagai kelas eksperimen dan IX B yang berjumlah 31 orang sebagai kelas kontrol, pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *purposive sampling*. Kelas eksperimen menggunakan pembelajaran PjBL terintegrasi STEM dan kelas kontrol menggunakan model *discovey learning*. Data kemampuan berpikir kritis diperoleh dari *pretest-posttest* dan kemampuan kolaborasi diperoleh dari hasil lembar observasi yang dianalisis secara deskriptif. Data tanggapan peserta didik tentang pembelajaran PjBL terintegrasi STEM dikumpulkan menggunakan angket. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh pembelajaran PjBL terintegrasi STEM terhadap kemampuan berpikir kritis dengan nilai *sig.(2-tailed) < 0,05* dan hasil uji *effect size* sebesar 2,86 dengan interpretasi “besar” sehingga terdapat pengaruh penggunaan pembelajaran PjBL terintegrasi STEM terhadap kemampuan berpikir kritis. Hasil perhitungan kemampuan kolaborasi pada kelas eksperimen rata-rata sebesar 87.19% dengan kriteria “sangat baik” sedangkan pada kelas kontrol sebesar 64.68% dengan kriteria “cukup”. Hasil angket tanggapan peserta didik sebesar 83.92% dengan kategori sangat baik.

**Kata Kunci:** Berpikir Kritis, Bioteknologi, Kolaborasi, PjBL-STEM

**PENGARUH PEMBELAJARAN PjBL TERINTEGRASI DENGAN  
STEM TERHADAP KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS  
DAN KOLABORASI PESERTA DIDIK KELAS  
IX PADA MATERI BIOTEKNOLOGI**

**Oleh**

**Sisilia Dela Anggraini**

**Skripsi**

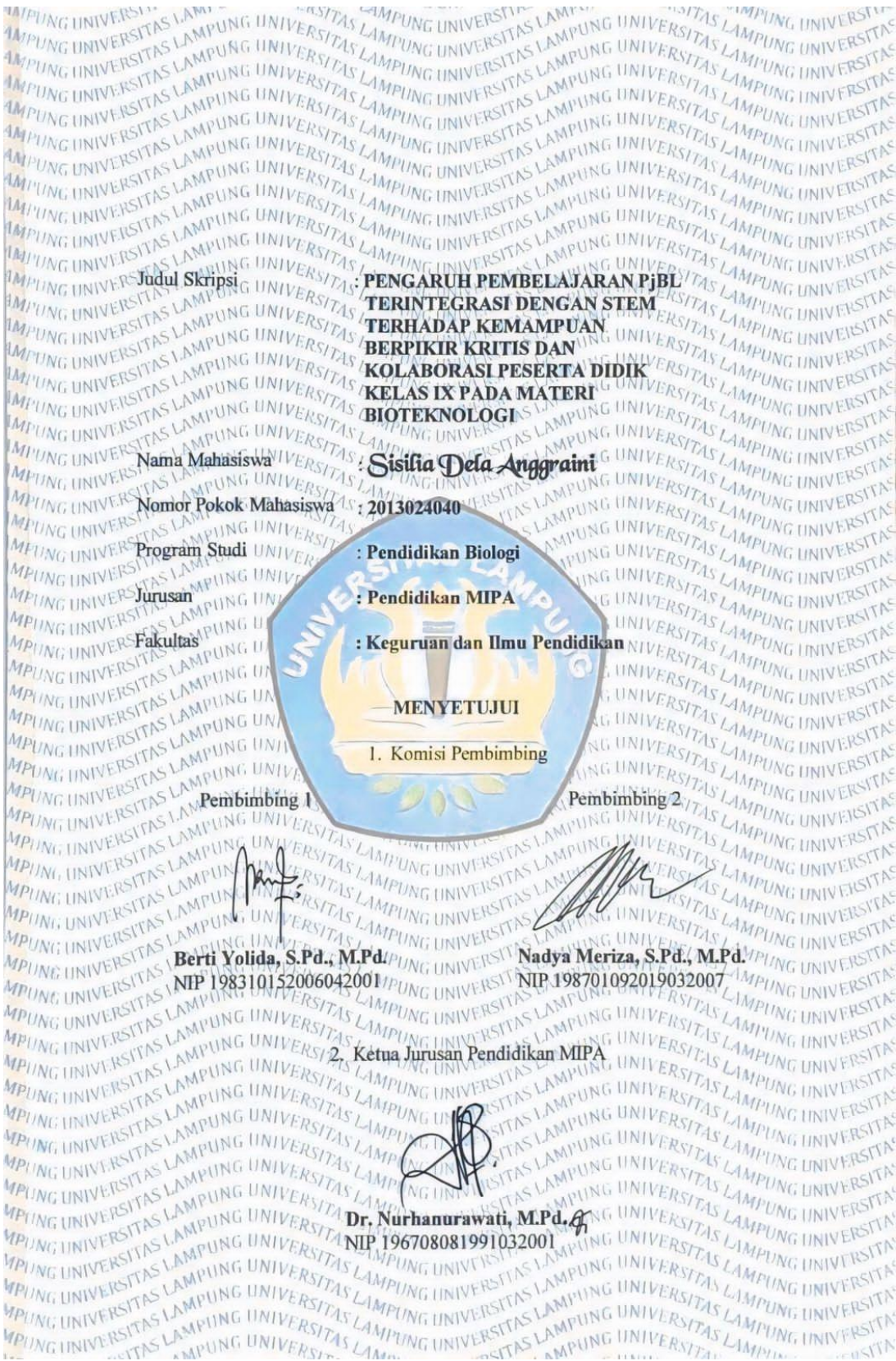
**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar  
SARJANA PENDIDIKAN**

**Pada**

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



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**



**Judul Skripsi : PENGARUH PEMBELAJARAN PjBl TERINTEGRASI DENGAN STEM TERHADAP KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS DAN KOLABORASI PESERTA DIDIK KELAS IX PADA MATERI BIOTEKNOLOGI**

**Nama Mahasiswa : Sisilia Dela Anggraini**

**Nomor Pokok Mahasiswa : 2013024040**

**Program Studi : Pendidikan Biologi**

**Jurusan : Pendidikan MIPA**

**Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan**



**1. Komisi Pembimbing**

**Pembimbing 1**

**Pembimbing 2**

**Berti Yolida, S.Pd., M.Pd.  
NIP 198310152006042001**

**Nadya Meriza, S.Pd., M.Pd.  
NIP 198701092019032007**

**2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA**

**Dr. Nurhanurawati, M.Pd.,  
NIP 196708081991032001**



MENGENAL

1. Tim Penguji

Ketua

2. Berfi Yolida, S.Pd., M.Pd.

Sekretaris

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

Penguji  
Bukan Pembimbing

: Dr. Dina Maulina, M.Si.

Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Dr. Sunyono, M.Si.

0651230 199111 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 5 Agustus 2024

## PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Sisilia Dela Anggraini

NPM : 2013024040

Program Studi : Pendidikan Biologi

Jurusan : Pendidikan MIPA

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

Bandar Lampung, Agustus 2024  
Yang Menyatakan,



**Sisilia Dela Anggraini**  
NPM. 2013024040

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Sisilia Dela Anggraini, dilahirkan di Desa Rama Kelandungan pada tanggal 13 Oktober 2001, penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Albertus Tri Atmojo dan Ibu Anastasya Sunarti. Penulis memiliki adik laki-laki bernama Nicolas Adventra Dwi Arta. Penulis saat ini bertempat tinggal di Desa Rama Kelandungan, Kecamatan Seputih Raman, Kabupaten Lampung Tengah.

Penulis mengawali pendidikan formal pada tahun 2007 di TK RA Al-Amin, SD Negeri 2 Rama Kelandungan dan lulus pada tahun 2014. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Seputih Raman lulus pada tahun 2017. Kemudian pada tahun 2017, penulis melanjutkan SMA di SMA Xaverius Prinsgewu dan lulus pada tahun 2020. Pada tahun 2020 penulis diterima dan terdaftar sebagai mahasiswa program studi Pendidikan Biologi, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan di Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Penulis mengikuti organisasi internal Formandibula sebagai anggota divisi pelita dan sosling, serta UKM Katholik Unila. Pada tahun 2023 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Suka Negeri, Kecamatan Gunung Labuhan, Kabupaten Way Kanan. Penulis melaksanakan Pengenalan Lingkungan Persekolahan (PLP) di SDN 01 Suka Negeri, Kecamatan Gunung Labuhan, Kabupaten Way Kanan.

## **MOTTO**

### ***In The Name Of Jesus Christ***

“Kiranya diberikan-Nya kepadamu apa yang kau kehendaki dan dijadikan-Nya berhasil apa yang kau rancangkan.”

**(Mazmur 20 : 5)**

“Pencobaan-pencobaan yang kamu alami ialah pencobaan biasa, yang tidak melebihi kekuatan manusia. Sebab Allah setia dan karena itu Ia tidak akan membiarkan kamu dicobai melampaui kekuatanmu.”

**(1 Korintus 10:13)**

Tetapi kamu ini, kuatkanlah hatimu, jangan lemah semangatmu, karena ada upah bagi usahamu!”

**(2 Tawarikh 15:7)**

"Persiapan yang matang adalah menghindari kemalasan"

**(Saztra Halawa)**



## **PERSEMBAHAN**

Dalam Nama Bapa Putera dan Roh Kudus  
Segala puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus. Atas berkat, karunia serta rahmat-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.  
Kupersembahkan karya ini untuk orang-orang yang sangat berharga dalam hidupku, kepada:

### **Bapak (Albertus Tri Atmojo) dan Mamak (Anastasya Sunarti)**

Untuk bapak dan mamak yang selalu memberikan kasih sayang, semangat, serta doa dalam setiap proses dihidupku. Terimakasih Mak, Pak untuk semua dukungan yang kalian berikan untukku, semoga Tuhan Yesus Kristus senantiasa melimpahkan berkat untuk mamak dan bapak.

### **Adikku**

Untuk Adikku tersayang (Nicolas Adventra Dwi Arta), terima kasih telah mendukungku, memberikan semangat dan menghiburku.

### **Para pendidik**

Yang telah membimbing, memberikan ilmu yang bermanfaat serta nasehat sehingga memberikanku pembelajaran yang sangat berharga selama menempuh pendidikan.

**Almamater tercinta, Universitas Lampung**

## SANWACANA

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus, karena berkat kemurahan- Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Biologi di FKIP Universitas Lampung. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Sunyono, M.Si., selaku Dekan FKIP Universitas Lampung.
2. Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA.
3. Rini Rita T. Marpaung, S.Pd, M.Pd., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Biologi;
4. Berti Yolida, S.Pd., M.Pd. selaku Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi dan kemudahan kepada penulis selama proses penyelesaian skripsi.
5. Nadya Meriza, S.Pd., M.Pd., selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, motivasi, nasihat kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
6. Dr. Dina Maulina, M.Si., selaku pembahas yang banyak memberikan masukan dan saran yang membangun kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
7. Bapak dan Ibu dosen Pendidikan Biologi Universitas Lampung yang telah membimbing penulis dalam pembelajaran di Universitas Lampung.
8. Bapak Kepala Sekolah serta para pendidik SMP Negeri 3 Natar yang telah memberikan izin dan bantuan selama penelitian berlangsung, serta peserta didik kelas IX, atas kerjasama dalam membantu penulis selama melakukan penelitian;
9. Kepada keluarga besar yang telah memberikan semangat dan motivasi.
10. Sahabat Bollywood Cihuy, Yessica Solafide Siregar dan Anisa Febrianti yang memberikan semangat dan dukungan, tempat berbagi cerita serta pengalaman selama perkuliahan.

11. Sepupuku tersayang Lusia Emi Isnawati yang selalu berkenan menjadi tempatku berkeluh kesah, memberikan semangat, dan dukungan dalam setiap proses perkuliahan.
12. Teman seperjuangan skripsi, Aisyah Wulan Anggraini dan Silmi Yani. Terimakasih telah memberikan bantuan, semangat, dukungan, motivasi, selama penyelesaian skripsi.
13. Sahabat terkasih Bernadeta Laras Mei Daningtyas. Terimakasih telah memberikan semangat, dukungan dan perhatian selama penulisan skripsi.
14. Teman-teman KKN SKN, Elisa, Gustin, Vicky, Yossi, Nova, Nadya, Icha, Riski dan Luthfi yang telah memberikan semangat dan pengalaman berharga selama KKN.
15. Rekan-rekan pendidikan Biologi angkatan 2020 yang telah berjuang bersama selama menempuh studi.
16. 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, Agustus 2024

Penulis

**Sisilia Dela Anggraini**  
NPM 2013024040

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvi</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	7
1.3 Tujuan Penelitian .....	7
1.4 Manfaat Penelitian .....	7
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	9
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>10</b>
2.1 Pembelajaran PjBL Terintegrasi STEM.....	10
2.2 STEM.....	12
2.3 Kemampuan Berpikir Kritis.....	13
2.4 Kemampuan Kolaborasi.....	15
2.5 Materi Bioteknologi .....	16
2.6 Kerangka Pikir .....	17
2.7 Hipotesis Penelitian.....	20
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>21</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	21
3.2 Populasi dan Sampel Penelitian .....	21
3.3 Desain Penelitian.....	21
3.4 Prosedur Penelitian.....	22
3.5 Jenis dan Teknik Pengumpulan Data .....	23



3.6 Uji Instrumen Penelitian .....	27
3.7 Teknik Analisis Data.....	29
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>33</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	33
1. Kemampuan Berpikir Kritis.....	33
2. Kemampuan Kolaborasi.....	35
4.2 Pembahasan .....	37
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>46</b>
5.1 Kesimpulan .....	46
5.2 Saran.....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>47</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>55</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Definisi Komponen STEM dalam Pembelajaran IPA .....	13
2. Indikator Kemampuan Berpikir Kritis .....	14
3. Indikator Kemampuan Kolaborasi .....	15
4. Keluasan dan Kedalaman KD 3.7 Dan 4.7 Kelas IX .....	17
5. Desain Penelitian <i>Pretest-Posttest</i> Kelompok Non Ekuivalen .....	22
6. Tabulasi Data Nilai Pretest, Posttest, dan <i>N-Gain</i> .....	24
7. Tabulasi Perbandingan Nilai Pretest, Posttest, dan <i>N-Gain</i> .....	25
8. Kriteria dan Skala Presentase Kemampuan Berpikir Kritis .....	25
9. Kisi-Kisi Instrumen Kemampuan Kolaborasi .....	25
10. Kisi-Kisi Angket Respon Peserta Didik .....	26
11. Kriteria Validitas .....	27
12. Hasil Analisis Validitas Butir Soal .....	27
13. Kriteria Reliabilitas .....	28
14. Uji Reliabilitas .....	28
15. Kriteria Uji <i>N-Gain</i> .....	29
16. Kriteria Kemampuan Kolaborasi Peserta Didik .....	31
17. Kriteria Interpretasi <i>Effect size</i> .....	32
18. Hasil Perhitungan Uji Statistik Kemampuan Berpikir Kritis .....	33
19. Hasil <i>Effect Size</i> Kemampuan Berpikir Kritis .....	35
20. Kemampuan Kolaborasi Tiap Indikator .....	35
21. Hasil Angket Tanggapan Peserta Didik .....	36

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Pikir .....	19
2. Hubungan Antara Variabel Bebas dan Variabel Terikat .....	20
3. Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Tiap Indikator.....	34
4. Soal <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> Indikator Strategi dan Taktik.....	38
5. Jawaban <i>Pretest</i> Kelas Eksperimen Indikator Strategi dan Taktik .....	38
6. Jawaban <i>Posttest</i> Kelas Eksperimen Indikator Strategi dan Taktik .....	39
7. Jawaban Jawaban <i>Pretest</i> Kelas Kontrol Indikator Strategi dan Taktik.....	39
8. Jawaban Jawaban <i>Posttest</i> Kelas Kontrol Indikator Strategi dan Taktik .....	39
9. Soal Indikator Memberikan Kesimpulan .....	40
10. Jawaban <i>Posttest</i> Kelas Eksperimen Indikator Memberikan Kesimpulan .....	41
11. Jawaban <i>Posttest</i> Kelas Kontrol Indikator Memberikan Kesimpulan.....	41
12. Jawaban LKPD Indikator Memberikan Kesimpulan.....	42

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Silabus Kelas Eksperimen .....	56
2. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran Kelas Eksperimen .....	59
3. Silabus Kelas Kontrol .....	70
4. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran Kelas Kontrol .....	74
5. LKPD Kelas Eksperimen Pertemuan 1 .....	84
6. LKPD Kelas Eksperimen Pertemuan 2 .....	92
7. LKPD Kelas Eksperimen Pertemuan 3 .....	96
8. LKPD Kelas Kontrol Pertemuan 1 .....	100
9. LKPD Kelas Kontrol Pertemuan 2 .....	107
10. LKPD Kelas Kontrol Pertemuan 3 .....	113
11. Kisi-Kisi Soal <i>Pretest-Posttest</i> .....	121
12. Soal <i>Pretest-Posttest</i> .....	135
13. Angket Tanggapan Peserta Didik .....	138
14. Lembar Observasi Kolaborasi .....	140
15. Perhitungan Uji Instrumen Penelitian .....	142
16. Tabulasi Nilai <i>Pretest</i> Kelas Eksperimen .....	147
17. Tabulasi Nilai <i>Posttest</i> Kelas Eksperimen .....	149
18. <i>N-Gain</i> Kelas Eksperimen .....	151
19. Tabulasi Nilai <i>Pretest</i> Kelas Kontrol .....	153
20. Tabulasi Nilai <i>Posttest</i> Kelas Kontrol .....	155
21. <i>N-Gain</i> Kelas kontrol .....	157
22. Tabulasi Rata-Rata Nilai <i>Pretest- Posttest</i> Indikator Berpikir Kritis .....	159
23. Hasil Uji Statistik Kemampuan Berpikir Kritis .....	160
24. Hasil Perhitungan Kemampuan Kolaborasi Kelas Eksperimen .....	164
25. Hasil Perhitungan Kemampuan Kolaborasi Kelas Kontrol .....	166
26. Hasil Uji <i>Effect Size</i> .....	168



27. Surat Balasan Penelitian.....	169
28. Dokumentasi.....	170

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Abad 21 ditandai dengan adanya revolusi industri 4.0. Peradaban secara terus menerus mengalami perkembangan dan pembaharuan yang menimbulkan berbagai tantangan bagi manusia di seluruh dunia, baik di tingkat lokal maupun internasional. Menghadapi tantangan ini menuntut manusia untuk memiliki kemampuan abad 21. Pendidikan harus terus berkembang untuk menghasilkan sumber daya manusia yang inovatif, kritis, sistematis, mampu memecahkan masalah dan mempunyai akhlak yang baik. Kemampuan yang dituntut pada abad 21 adalah memiliki keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, komunikasi, kreativitas, kewarganegaraan, serta konektivitas atau yang biasa disebut dengan 6C (Anugerahwati, 2019:170). Pada dasarnya, setiap orang tidak memiliki kemampuan ini sejak lahir. Namun, kemampuan ini dapat diperoleh dan dilatih melalui pendidikan (Redhana, 2019:2240).

Menurut Dewi (2020), pendidikan dapat memengaruhi kualitas individu di suatu negara. Sekolah bertanggung jawab untuk mengajarkan kepada anak-anak berbagai keterampilan yang akan berguna di masa depan (Herlina, Syafitri & Ilista, 2020), selain itu untuk mengikuti perkembangan revolusi industri 4.0, diperlukan peningkatan kualitas sumber daya manusia (SDM) di semua jalur pendidikan, dari sekolah dasar hingga perguruan tinggi, (Lase, 2019: 29). Akibat dari revolusi industri 4.0 pada pendidikan khususnya IPA yaitu perubahan tujuan dan pola pembelajaran. Pendidikan IPA saat ini berfokus pada penggunaan teknologi untuk memenuhi kebutuhan masa depan.

Pendidikan IPA membantu menghasilkan sumber daya manusia yang kreatif, inovatif, dan memiliki kemampuan yang kuat dalam hal *soft skill* dan *hard skill* (Singgih, Nuryunita, & Suryandari, 2020:300). Menurut Azam & Rokhimawan (2020), pembelajaran IPA tidak hanya meningkatkan pengetahuan tetapi juga meningkatkan keterampilan tingkat tinggi seperti kreatif, kritis, inovatif, dan analisis. Salah satu kemampuan yang diperlukan pada abad 21 adalah kemampuan berpikir kritis. Analisis, pembuatan konsep, dan pemanfaatan informasi yang diterima untuk menyelesaikan masalah dan pengambilan keputusan adalah semua aspek kerja otak dan kemampuan intelektual yang secara aktif terkait dengan kemampuan berpikir kritis (Husen, Sri & Umie, 2017:853).

Salah satu kemampuan *High Order Thinking Skills* (HOTS) adalah berpikir kritis. Menurut penelitian Sulistiani & Masrukan (2017) menyatakan bahwa pikiran kritis dapat membantu seseorang membuat keputusan, berargumentasi, dan menyaring informasi. Peserta didik yang mampu berpikir kritis pasti akan mampu memecahkan masalah dengan baik (Priyadi et al., 2018:176).

Kemampuan lain pada abad 21 yang menunjang kemampuan berpikir kritis yaitu kemampuan kolaborasi. Kemampuan kolaborasi perlu untuk dilatih sejak dini karena melalui kerja sama, mereka akan mendengar konsep dan pengetahuan baru dari teman temannya, pikirannya akan menjadi lebih terbuka serta akan membuat kemajuan dan lebih berkembang. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Robbins & Hoggan, 2019) mengungkapkan terkait pembelajaran yang disusun secara kolaboratif atau terstruktur secara kolaboratif memungkinkan peserta didik untuk berpartisipasi aktif dalam proses kegiatan pembelajaran. Ini juga dapat membantu meningkatkan pemikiran kritis mereka.

Fakta saat ini menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi peserta didik di Indonesia tergolong rendah. Berdasarkan hasil survei peringkat pendidikan oleh *Programme for International Study Assessment* (PISA) tahun 2022 dalam aspek sains, Indonesia memperoleh skor yang menurun dari 396 menjadi 383 (OECD 2022), walaupun peringkat Indonesia naik 6 posisi

dibandingkan hasil PISA 2018 (Kemendikbud 2023). Skor tersebut masih belum mencapai rata-rata internasional, untuk sains berada di angka 489. Perbedaan nilai yang cukup besar menunjukkan bahwa kemampuan sains peserta didik di Indonesia masih tergolong rendah. Soal yang diuji dalam survei PISA adalah soal dengan standar HOTS yang mencakup masalah kontekstual dalam kehidupan sehari-hari (Rosmalinda, Syahbana, & Nopriyanti 2021:486). Peserta didik diharuskan menggunakan keterampilan berpikir kritis untuk menyelesaikan soal PISA. Oleh karena itu, berdasarkan hasil survei PISA, keterampilan berpikir kritis peserta didik di Indonesia masih tergolong rendah (Sa'adah, Suryaningsih, & Muslim, 2020:185).

Rendahnya kemampuan berpikir kritis dipengaruhi beberapa faktor yaitu, kurangnya aktivitas belajar dan latihan dalam menjawab pertanyaan serta keterbatasan sumber daya, waktu, dan persepsi, selama ini, aktivitas pembelajaran di kelas berfokus pada penyampaian informasi, dengan meningkatkan keterlibatan guru, peserta didik cenderung hanya mendengarkan dan menyalin informasi secara pasif, sambil sesekali bertanya dan menjawab pertanyaan dari guru. Selanjutnya, guru memberikan contoh soal dan latihan rutin yang tidak mengasah keterampilan berpikir kritis peserta didik (Ahmatika, 2017:396). Peserta didik tidak dilatih untuk menganalisis masalah dan fakta yang ditemukan. Akibatnya, produktivitas siswa sangat rendah di sekolah (Suriati, Sundaygara, & Kurniawati, 2021:177). Selain itu, kebiasaan belajar siswa mengakibatkan perkembangan kemampuan berpikir kritis mereka terhambat; mereka cenderung merasa puas dengan penjelasan guru tanpa merasa perlu mengajukan pertanyaan lebih lanjut tentang materi yang sedang dipelajari.

Pembelajaran masih didominasi oleh pendekatan yang berpusat pada guru, sehingga peserta didik tidak termotivasi secara maksimal untuk mengikuti proses pembelajaran. Akibatnya, pengetahuan peserta didik sangat terbatas dan tidak berkembang dengan optimal (Elpridha, Supriati, & Bagoskorowati 2020 dalam Kertih & Widiana, 2022). Selain itu, nilai rata-rata siswa menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa rendah (Ramdani, Jufri & Setiadi, 2020:120).



Peneliti telah melakukan penelitian pendahuluan di SMP Negeri 3 Natar, Lampung Selatan. Hasil observasi dan wawancara pendidik IPA yang dilakukan menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis peserta didik masih rendah, Kurangnya penerapan model pembelajaran yang kreatif dan inovatif menyebabkan kurangnya motivasi dan semangat peserta didik untuk belajar. Akibatnya, peserta didik mengalami kesulitan dalam mengerjakan soal berbasis masalah yang memerlukan pemikiran kritis dan cenderung bersikap pasif selama proses pembelajaran. Hasil penyebaran angket kolaborasi terhadap peserta didik kelas IX menunjukkan rata-rata nilai 65,83%. Berdasarkan Purwanto (2008:102) nilai tersebut termasuk kedalam kategori cukup, selain itu melalui wawancara bersama tenaga pendidik juga menunjukkan bahwa peserta didik sudah terbiasa melakukan diskusi kelompok selama kegiatan pembelajaran, namun beberapa kelompok masih kesulitan dalam mengumpulkan hasil diskusi tepat pada waktunya, belum mampu mengomunikasikan hasil diskusi dengan baik didepan kelas serta masih kesulitan dalam menyimpulkan hasil diskusi. Kondisi tersebut merupakan permasalahan yang dihadapi peserta didik yang belum maksimal dalam berkolaborasi selama kegiatan pembelajaran.

Rendahnya kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi di kalangan siswa adalah salah satu isu pendidikan yang perlu ditangani. Dalam hal ini pendidik dapat melakukan kegiatan pembelajaran yang bukan lagi berpusat pada guru (*teacher centered*) melainkan berpusat pada peserta didik untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi, untuk mengatasi masalah tersebut, salah satu solusinya adalah dengan menerapkan model pembelajaran yang sesuai dengan materi yang diajarkan. Model pembelajaran yang bisa diterapkan adalah model pembelajaran berbasis proyek (PjBL). Model ini berfokus pada pembelajaran mandiri siswa melalui pemecahan masalah (Ningsih, Efendi, & Sartika 2021:43). Dalam model PjBL, siswa mengerjakan proyek yang relevan dengan kehidupan sehari-hari, menjadikan kegiatan belajar lebih bermakna.

Menurut (Falloon et al., 2020) Penerapan model pembelajaran berbasis proyek (PjBL) dapat diintegrasikan dengan pendekatan STEM. STEM merupakan akronim dari *science, technology engineering and mathematic*.

Melalui pendekatan ini dapat membantu peserta didik memecahkan masalah, menghasilkan solusi kreatif, serta mampu berpikir logis (Widya, Rifandi & Rahmi, 2019:2). Pendekatan STEM yaitu metode integratif yang dirancang untuk membantu peserta didik mengembangkan keterampilan pemecahan masalah serta kemampuan abad ke-21 mereka, dengan melibatkan mereka dalam penyelidikan sistematis yang memerlukan pengetahuan dari berbagai disiplin ilmu. Pendekatan STEM dapat mendorong peserta didik untuk mengeksplorasi rasa ingin tahunya dalam memahami materi. Pendekatan ini juga mendorong peserta didik untuk bertanggung jawab atas kegiatan pembelajaran.

Bioteknologi dipilih sebagai materi IPA oleh peneliti. Wawancara dengan pendidik mengungkapkan bahwa pendidik belum menerapkan metode pembelajaran yang menghasilkan produk dalam materi ini, sehingga tidak sesuai dengan capaian pembelajaran pada KD 4.7, dimana peserta didik harus mampu membuat produk bioteknologi konvensional yang ada di lingkungan sekitar, pembelajaran yang demikian mengakibatkan hasil belajar peserta didik rendah. Materi ini dipilih karena produk yang dihasilkan erat kaitannya dengan kehidupan sehari-hari.

Bioteknologi mempengaruhi semua bidang yang melibatkan ilmu kehidupan. Selain itu materi bioteknologi dianggap sulit untuk dipahami peserta didik (Suryanda, & Damayanti, 2020:10) karena materinya kompleks sehingga memerlukan pemahaman yang mendalam dan memerlukan pemikiran kritis untuk menganalisis permasalahan dan memerlukan kolaborasi untuk menghasilkan produk bioteknologi yang erat kaitannya dalam kehidupan.

Penelitian mengenai PjBL, STEM, kemampuan berpikir kritis, dan kemampuan kolaborasi telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Dewi, Arnyana, & Margunayasa (2023:140) telah melakukan penelitian mengenai PjBL berbasis STEM: meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik, pada penelitian ini terdapat peningkatan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik. Mutakinanti, Anwari, & Kumano (2018:64) telah melakukan penelitian mengenai Analisis keterampilan berpikir kritis siswa dalam pendidikan STEM melalui *project based learning*, hasil penelitian

menunjukkan Hasil penelitian menunjukkan adanya kemajuan dalam keterampilan berpikir kritis siswa, namun penelitian ini belum mencakup variabel kolaborasi.

Allanta & Puspita (2021:166) telah melakukan penelitian mengenai Analisis keterampilan berpikir kritis dan *self efficacy* peserta didik. Dampak PjBL & STEM pada materi ekosistem, hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat peningkatan kemampuan berpikir kritis dan *self efficacy*. Penelitian tersebut sudah menggunakan pendekatan STEM dan model PjBL terhadap kemampuan berpikir kritis namun belum terdapat variabel terikat yaitu kemampuan kolaborasi.

Kemudian Rahmawati (2019:441) telah melakukan penelitian mengenai analisis Keterampilan kolaborasi siswa SMA dalam pembelajaran berbasis proyek daur ulang minyak jelantah menunjukkan adanya peningkatan keterampilan kolaborasi peserta didik dalam penelitian ini, namun pada penelitian ini belum menerapkan pembelajaran STEM dan tidak mengikutsertakan keterampilan berpikir kritis pada variabel terikatnya.

Dari berbagai penelitian yang sudah ada, peneliti berpandangan perlu dilakukan penelitian dengan menerapkan pembelajaran PjBL yang diintegrasikan dengan STEM untuk mengukur kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi secara bersamaan.

Berdasarkan uraian permasalahan di atas maka peneliti tertarik melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Pembelajaran PjBL Terintegrasi Dengan STEM Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Dan Kolaborasi Peserta Didik Kelas IX Pada Materi Bioteknologi”.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang permasalahan diatas, rumus penelitian ini sebagai berikut:

1. Adakah pengaruh pembelajaran PjBL Terintegrasi dengan STEM terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik kelas IX pada materi bioteknologi?
2. Adakah pengaruh pembelajaran PjBL Terintegrasi dengan STEM terhadap kemampuan kolaborasi peserta didik kelas IX pada materi bioteknologi?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah di atas, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh pembelajaran PjBL Terintegrasi dengan STEM terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik kelas IX pada materi bioteknologi.
2. Untuk mengetahui pengaruh pembelajaran PjBL Terintegrasi dengan STEM terhadap kemampuan kolaborasi peserta didik kelas IX pada materi bioteknologi.

## **1.4. Manfaat Penelitian**

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

1. Peneliti  
Menambah informasi, pengetahuan dan pengalaman sebagai calon pendidik dalam merancang perangkat pembelajaran PjBL Terintegrasi dengan STEM serta memberikan pengalaman terkait pembelajaran yang mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi peserta didik.

2. Peserta didik

Melatih keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi melalui pembelajaran PjBL Terintegrasi dengan STEM sehingga dapat meningkatkan prestasi belajar peserta didik.

3. Tenaga pendidik

Memberikan referensi dan alternatif pembelajaran dikelas menggunakan pembelajaran PjBL Terintegrasi dengan STEM untuk materi IPA tertentu agar dapat mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi peserta didik.

4. Sekolah

Memberikan informasi serta masukan bagi sekolah untuk mengembangkan pembelajaran menjadi lebih baik melalui peningkatan kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi peserta didik, Memberikan kontribusi ide dalam usaha untuk meningkatkan mutu pengajaran biologi di sekolah.

5. Peneliti lain

Memberikan informasi maupun referensi mengenai pembelajaran PjBL Terintegrasi dengan STEM dalam proses pembelajaran.

### 1.5. Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pembelajaran yang digunakan yaitu pembelajaran PjBL Terintegrasi dengan STEM. Adapun tahap pembelajarannya meliputi: *Reflection, Research, Discovery, Application* dan *Communication*, Laboy-Rush (2010).
2. Kemampuan berpikir kritis adalah kemampuan yang memungkinkan peserta didik untuk mempelajari suatu masalah secara sistematis, mengatasi tantangan dengan cara yang terstruktur, mengajukan pertanyaan yang kreatif, dan merancang solusi yang efektif untuk masalah yang dihadapi. Menurut Ennis (1985), keterampilan berpikir kritis mencakup beberapa indikator, yaitu memberikan penjelasan sederhana, membangun keterampilan

dasar, menyimpulkan, membuat penjelasan lebih lanjut, serta merancang strategi dan taktik.

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 (2012:28), 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 KD 3.7 menerapkan konsep bioteknologi dan perannya dalam kehidupan manusia dan KD 4.7 membuat salah satu produk bioteknologi konvensional yang ada di lingkungan sekitar.
5. Populasi pada penelitian ini adalah seluruh peserta didik kelas IX SMP Negeri 3 Natar. Sampel pada penelitian ini adalah peserta didik kelas IX SMP Negeri 3 Natar, Lampung Selatan sebanyak 2 kelas sebagai kelas kontrol dan kelas eksperimen.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Pembelajaran PjBL Terintegrasi Dengan Pendekatan STEM**

Menurut Ralph (2015), STEM terintegrasi PjBL menekankan kepada peserta didik untuk belajar secara aktif dan berkelompok serta saling bertukar informasi dapat membantu memperluas pemahaman peserta didik lain dan memotivasi peserta didik yang pasif atau berkinerja rendah untuk lebih tertarik dalam mengikuti pembelajaran di kelas (Breiner 2012, dalam Mutakinati, Anwari, & Yoshisuke 2018:55).

STEM dalam pembelajaran berbasis proyek mendorong peserta didik untuk lebih termotivasi dan menuntut mereka untuk berpikir kritis serta melakukan analisis, yang pada akhirnya dapat meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi. STEM terintegrasi PjBL adalah suatu model pembelajaran berbasis proyek di mana peserta didik menggunakan semua elemen STEM untuk membantu proses belajar. Pembelajaran ini memerlukan interaksi individu dan kelompok untuk memecahkan masalah dengan integrasi dari berbagai bidang ilmu, seperti matematika, pengetahuan, teknologi, dan teknik.

Setiap bidang ilmu STEM sangat membantu peserta didik belajar. PjBL terintegrasi STEM dapat menjadi opsi untuk mengembangkan keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis (pemecahan masalah) dan kreativitas (Mutaqqin, 2023:41). Dalam pengaplikasiannya, kegiatan pembelajaran PjBL terintegrasi STEM dilakukan berdasarkan beberapa tahapan.

Menurut Laboy-Rush (2010) yang terdiri dari 5 tahapan yaitu:

- 1) *Reflection*, tahap awal dalam proses pembelajaran yang bertujuan untuk membawa peserta didik ke dalam konteks masalah serta menginspirasi mereka untuk mulai melakukan penyelidikan atau investigasi
- 2) *Research*, mengumpulkan informasi relevan yang menunjang penelitian yang akan dibuat.
- 3) *Discovery*, Peserta didik mulai mengembangkan keterampilan belajar mandiri dan mencari penemuan, yang kemudian diikuti dengan penyusunan proyek dalam kelompok untuk berkolaborasi dan membangun kerjasama di antara anggota kelompok
- 4) *Application*, Untuk mengevaluasi produk atau solusi dalam menyelesaikan masalah, peserta didik menguji produk yang telah mereka buat sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan.
- 5) *Communication*, peserta didik mengkomunikasikan proyek antar teman maupun lingkup kelas. Secara berkelompok saling memberikan saran dan masukkan kepada kelompok lain.

Adapun keuntungan dari penerapan pembelajaran PjBL terintegrasi STEM yang disebutkan menurut Laboy rush diantaranya yaitu :

- 1) Mentransfer pengetahuan dan keahlian kepada dunia nyata. Pembelajaran terjadi paling baik ketika peserta didik terlibat dalam menemukan solusi nyata terhadap masalah dunia nyata. Melalui pembelajaran ini, membantu peserta didik dalam menemukan solusi untuk permasalahan di dunia nyata, pengetahuan dan keterampilan yang diajarkan mendukung pemecahan masalah di luar kelas, yang pada gilirannya berkontribusi pada pengembangan keterampilan abad ke-21.
- 2) Peningkatan motivasi belajar,  
Menurut Piaget, motivasi spontan muncul dari perkembangan kemampuan mental. Ketika kemampuan tersebut telah berkembang dengan baik, peserta didik akan mencari rangsangan untuk mengembangkan lebih lanjut kemampuannya (Elkind, 1999).



Sesuai sifatnya, proyek STEM terintegrasi mendorong imajinasi dan rasa ingin tahu peserta didik, sehingga meningkatkan motivasi belajar mereka.

3) Memperbaiki prestasi belajar,

Peserta didik yang berpartisipasi melalui pembelajaran ini akan mengalami peningkatan skor dalam pemecahan masalah matematika tingkat tinggi dan keterampilan proses ilmiah (Satchwell & Loepp, 2002).

## **2.2 STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*)**

STEM adalah singkatan dari *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (Setiawan et al., 2020:57). STEM berfungsi sebagai pendekatan interdisipliner dalam pembelajaran, di mana peserta didik menerapkan STEM dalam konteks yang nyata, menghubungkan sekolah dengan dunia kerja dan global. Pendekatan ini menggunakan literasi STEM untuk mempersiapkan peserta didik bersaing di era ekonomi berbasis pengetahuan.

Pendekatan STEM adalah pendekatan terintegrasi yang bertujuan meningkatkan kemampuan dalam pemecahan masalah dan keterampilan abad ke-21 dengan melibatkan peserta didik dalam penyelidikan sistematis yang memerlukan pengetahuan dari berbagai disiplin. Penerapan STEM menawarkan peluang signifikan untuk melatih keterampilan berpikir peserta didik melalui karakteristiknya. Toto (2019:2) menyatakan bahwa pendekatan STEM dalam pengajaran sains (IPA) dapat diintegrasikan dengan berbagai model pembelajaran, termasuk model pembelajaran berbasis proyek.

STEM menawarkan penerapan di kelas yang memberikan kesempatan kepada siswa untuk memahami pentingnya integrasi berbagai disiplin ilmu dan penerapannya (Murnawianto, Sarwanto, & Rahardjo 2017:70). Yanuar (2018) menjelaskan bahwa keterampilan abad ke-21 yang dapat dikembangkan melalui pembelajaran

dengan pendekatan STEM meliputi keterampilan berpikir kritis, berpikir kreatif, berkomunikasi, dan berkolaborasi.

Tabel 1. Definisi komponen STEM dalam pembelajaran IPA

STEM	Definisi
<i>Science</i>	Pengetahuan tentang hukum dan konsep yang diterapkan dalam berbagai disiplin ilmu, termasuk biologi, kimia, dan fisika.
<i>Technology</i>	Keterampilan yang digunakan untuk mengelola pengetahuan, menyusun informasi, dan memanfaatkan alat buatan untuk mempermudah pekerjaan.
<i>Engineering</i>	Pengetahuan untuk mengoperasikan atau merancang prosedur guna menyelesaikan masalah.
<i>Mathematics</i>	Pengetahuan yang mengaitkan angka, ruang, dan ukuran, serta memerlukan pertimbangan logis.

Sumber : Torlakson (2014 : 7-8)

### 2.3 Kemampuan Berpikir Kritis

Kemampuan, menurut KBBI, didefinisikan sebagai kesanggupan, kecakapan, kekuatan. Menurut Zubaidah (2019:4), kemampuan yang sangat penting meliputi berpikir kritis, penyelesaian masalah, komunikasi, kolaborasi, serta kemampuan untuk mengembangkan rasa toleransi terhadap berbagai perbedaan dalam masyarakat. Berpikir kritis merupakan kemampuan untuk menanggapi sebuah fenomena atau masalah dengan memecahkan masalah hingga menemukan solusi atau keputusan yang tepat.

Berpikir kritis, menurut Khoiriyah, Abdurrahman, & Ismu (2018:54) adalah kemampuan untuk melakukan penelitian ilmiah, mengambil keputusan, menganalisis, dan memecahkan masalah. Analisis, pembuatan konsep, dan pemanfaatan informasi yang diterima untuk menyelesaikan masalah dan pengambilan keputusan adalah semua aspek kerja otak dan kemampuan intelektual yang secara aktif terkait dengan kemampuan berpikir kritis.

Pikiran kritis juga dapat membantu seseorang membuat keputusan, berargumen, dan menyaring informasi yang akurat, menurut Sulistiani & Masrukan (2017). Kurikulum 2013, yang berfokus pada pengembangan kompetensi siswa, mendorong pemerintah untuk mendorong siswa untuk memiliki kemampuan berpikir kritis sebagai bagian dari kurikulum.

Hal ini disebabkan oleh keuntungan yang dapat diperoleh dari kemampuan berpikir kritis (Syahfitri et al., 2019 dan Aryawati et al., 2020). Berpikir kritis berarti dapat menganalisis situasi dengan menggunakan fakta dan bukti untuk sampai pada kesimpulan. Adapun indikator keterampilan berpikir kritis menurut Ennis 1995 yaitu: memberikan penjelasan sederhana, membangun keterampilan dasar, menyimpulkan, memberikan penjelasan, dan mengatur strategi dan taktik (Ennis, 1995).

Tabel 2. Indikator Kemampuan Berpikir Kritis

No.	Kemampuan Berpikir Kritis	Sub Kemampuan Berpikir Kritis
1.	Memberikan penjelasan sederhana ( <i>Elementary Clarification</i> )	Fokus pada pertanyaan, bertanya dan menjawab pertanyaan yang menantang.
2.	Membangun keterampilan dasar ( <i>Basic Support</i> )	- Mempertimbangkan kredibilitas (sumber dapat dipercaya atau tidak). - Mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi.
3.	Menyimpulkan ( <i>Inference</i> )	- Membuat deduksi dan mempertimbangkannya - Membuat induksi dan mempertimbangkannya - Membuat dan mempertimbangkan nilai keputusan.
4.	Membuat penjelasan lebih lanjut ( <i>Advanced Clarification</i> )	- Mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan definisi. - Mengidentifikasi asumsi
5.	Strategi dan taktik ( <i>Strategies and Tactics</i> )	- Memutuskan suatu tindakan - Berinteraksi dengan orang lain

Ennis dalam Permana (2018)

## 2.4 Kemampuan Kolaborasi

Kolaborasi didefinisikan dalam pendidikan sebagai kemampuan untuk bekerja sama, berkoordinasi, dan mencapai tujuan bersama dalam suatu kelompok. Menurut Nurhabibah dan Indrajit (2021: 31-32), kolaborasi juga didefinisikan dan beradaptasi dengan berbagai peran dan tanggung jawab (Dewi et al, 2020 : 59). Menurut Nurwahidah et al. (2021: 71), Kolaborasi yaitu kemampuan untuk bekerja bersama dalam tim atau kelompok guna mencapai tujuan atau hasil yang diinginkan untuk berhasil dalam dunia nyata, keterampilan berkolaborasi sangat penting. Keterampilan ini memungkinkan peserta didik untuk menganalisis dan menyelesaikan masalah dengan bekerja sama dalam tim. Keterampilan kolaborasi akan berjalan efektif jika sejumlah peserta didik aktif terlibat dalam kerja kelompok (Redhana, 2019:2250). Pembelajaran kolaboratif menawarkan banyak manfaat tambahan bagi peserta didik dan guru. Menurut Marisda & Handayani (2020), pembelajaran kolaboratif didefinisikan sebagai keterampilan pembelajaran di mana peserta didik dengan berbagai tingkat bekerja sama dalam kelompok kecil, saling membantu untuk mencapai tujuan bersama.

Keterampilan kolaborasi perlu dimiliki oleh peserta didik sebagai keterampilan hidup (*life skill*), Peserta didik diharapkan dapat berkolaborasi satu sama lain baik di lingkungan sekolah maupun di masyarakat. Keterampilan kolaborasi yang baik membantu siswa bergaul dengan orang lain, bersosialisasi, bekerja sama, menghargai dan menghormati perbedaan, dan berkontribusi aktif dalam menyelesaikan tugas atau masalah. Adapun indikator keterampilan kolaborasi menurut Greeinstein (2012) tertera pada tabel berikut:

Tabel 3. Indikator Kemampuan kolaborasi

No.	Indikator	Sub Indikator Kemampuan Kolaborasi
1.	Berkontribusi secara aktif	- Pesertadidik meyampaikan ide, saran dan Solusi saat diskusi . - Ide saran dan solusi disampaikan berguna dalam diskusi.
2.	Bekerja secaraproduktif	Menggunakan waktu secara efektif tanpa harus di perintah dan membuat pekerjaan yang diperlukan

Tabel 3. Lanjutan

3.	Bertanggung jawab	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mampu merencanakan, mengatur dan memenuhi tugas yang diberikan.</li> <li>- Menghadiri pertemuan kelompok secara konsisten dan tepat waktu.</li> <li>- Mengikuti perintah yang diberikan dan menjadi tugasnya.</li> <li>- Tidak bergantung pada orang lain.</li> </ul>
4.	Menunjukkan fleksibilitas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menerima keputusan bersama.</li> <li>- Menerima kritik, saran dan penghargaan yang diberikan.</li> <li>- Berdiskusi dan selalu berkompromi dalam tim untuk menyelesaikan masalah.</li> </ul>
5.	Menghargai orang lain	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menerima perbedaan pendapat, dan menghargai ide baru yang disampaikan teman.</li> <li>- Menunjukkan sikap baik dan sopan pada orang lain.</li> <li>- Mendiskusikan ide.</li> </ul>

## 2.5 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. Di tingkat pendidikan SMP, bioteknologi diajarkan di kelas IX pada semester genap, sesuai dengan Kompetensi Dasar (KD) 3.7 dan 4.7, dengan cakupan materi yang dijelaskan dalam tabel berikut.

Tabel 4. Keluasan dan Kedalaman KD 3.7 dan 4.7 Kelas IX

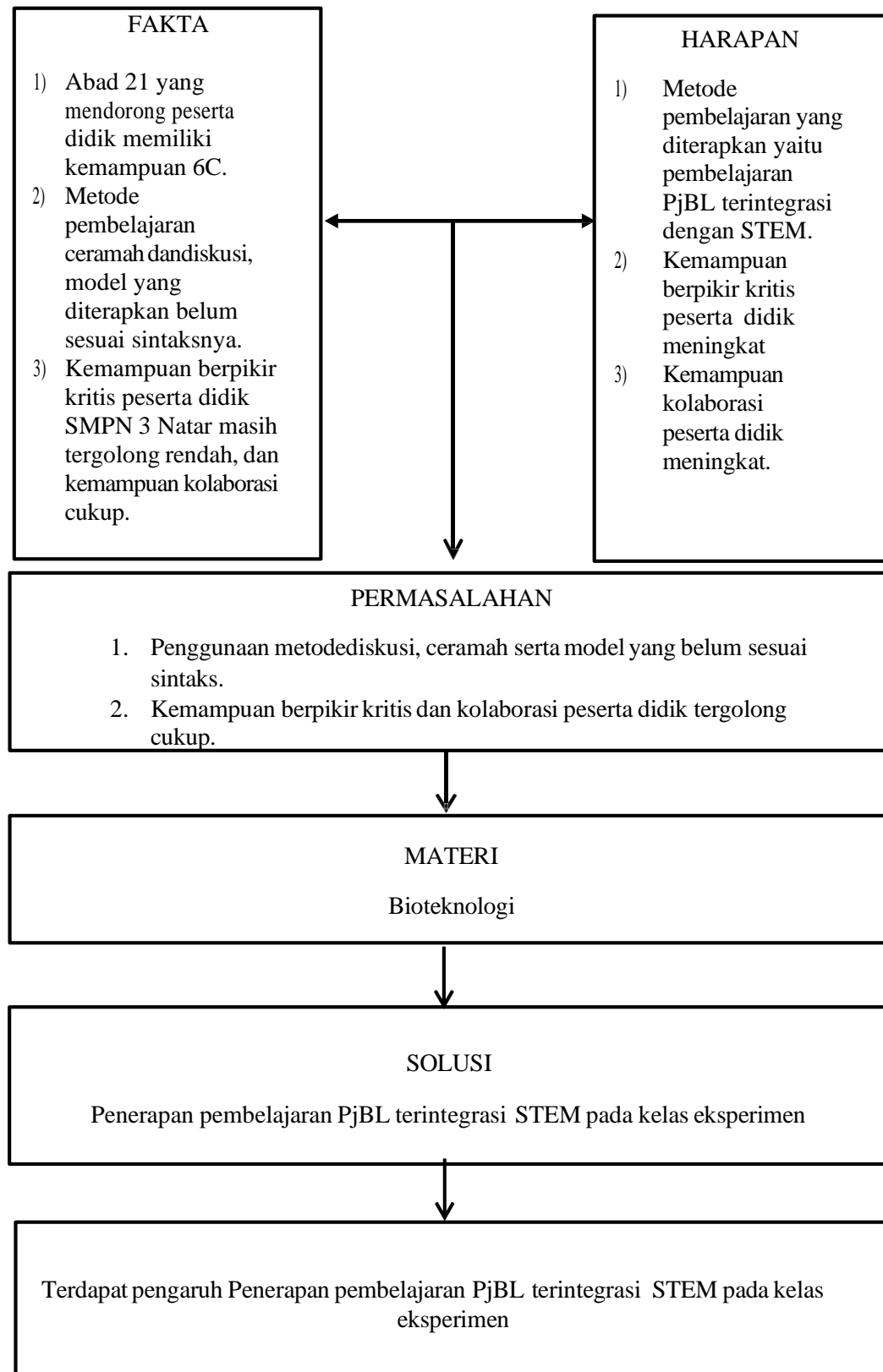
<b>KD 3.7 (Kognitif)</b> <b>Menerapkan konsep bioteknologi dan perannya dalam kehidupan manusia</b>		<b>KD 4.7 (Psikomotorik)</b> <b>Membuat salah satu produk bioteknologi konvensional yang ada di lingkungan sekitar</b>	
Keluasan	Kedalaman	Keluasan	Kedalaman
Konsep bioteknologi	Pengertian Bioteknologi	Membuat produk bioteknologi konvensional	Membuat salah satu produk bioteknologi konvensional yang ada di lingkungan sekitar peserta didik
	Jenis Bioteknologi <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bioteknologi konvensional</li> <li>• Bioteknologi Modern</li> </ul>		
Penerapan bioteknologi dalam berbagai bidang	Penerapan bioteknologi dalam berbagai bidang kehidupan manusia <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bidang pangan (makanan)</li> <li>• Bidang pertanian</li> <li>• Bidang peternakan</li> <li>• Bidang Kesehatan</li> <li>• Bidang forensik</li> <li>• Bidang lingkungan</li> </ul>		
		Peranan bioteknologi dalam kehidupan manusia	

## 2.6 Kerangka berpikir

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 berpikir kritis. Kemampuan berpikir kritis diperlukan dalam dunia sehari-hari karena membantu dalam menyelesaikan masalah. Selain itu 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. Menurut survei PISA 2022, keterampilan berpikir kritis siswa di Indonesia masih tergolong sangat rendah dan jauh tertinggal dibandingkan dengan negara-negara

lain, aspek sains Indonesia berada pada skor 383 dan masih berada dibawah rata-rata internasional, Hal ini sejalan dengan data yang diperoleh saat wawancara dengan pendidik IPA di SMP Negeri 3 Natar yang menunjukkan kemampuan berpikir kritis peserta didik masih rendah, dan hasil penyebaran angket menunjukkan kemampuan kolaborasi peserta didik berada pada nilai rata-rata 65,83% dan termasuk dalam kategori cukup. 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.

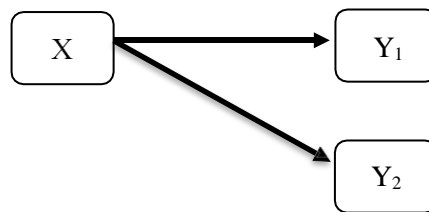
Berdasarkan uraian di atas, diperlukan pembelajaran yang dapat meningkatkan kemampuan siswa. Kompetensi 6C tersebut, khususnya kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi dapat ditingkatkan melalui penerapan pembelajaran PjBL terintegrasi dengan STEM. Pembelajaran ini menawarkan pengalaman yang signifikan 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 pembelajaran PjBL terintegrasi dengan STEM terhadap kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi siswa. Bagan kerangka pikir penelitian ini disajikan pada gambar di bawah ini:



Gambar 1. Kerangka Pikir



Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas (*independent variable*) adalah penerapan pembelajaran PjBL terintegrasi STEM dan ditandai dengan huruf (X) sedangkan variabel terikat (*dependent variable*) dalam penelitian ini adalah kemampuan berpikir kritis disimbolkan dengan huruf ( $Y_1$ ) dan kolaborasi ditandai dengan huruf ( $Y_2$ ). Hubungan antar variabel dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat

## 2.7 Hipotesis Penelitian

Adapun hipotesis pada penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

### 1) Hipotesis statistik

$H_0$  : Penerapan pembelajaran PjBL terintegrasi dengan STEM tidak berpengaruh terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi bioteknologi.

$H_1$  : Penerapan pembelajaran PjBL terintegrasi dengan STEM berpengaruh terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi bioteknologi.

### 2) Hipotesis penelitian

Terdapat pengaruh penerapan pembelajaran PjBL terintegrasi dengan STEM terhadap kemampuan kolaborasi peserta didik pada materi bioteknologi.

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada semester genap tahun 2023/2024 di SMPN 3 Natar, berlokasi di Jalan Mawar No.1 Hajimena, Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan.

#### 3.2 Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas IX SMP Negeri 3 Natar, yang tersebar dalam 6 kelas. Dari populasi tersebut diambil dua kelas sebagai sampel penelitian. Sampel diambil dengan teknik *purposive sampling*. Hasil teknik *purposive sampling* diperoleh kelas IX.A berjumlah 32 peserta didik dan IX.B berjumlah 31 peserta didik. Kelas IX.A sebagai kelas eksperimen dan kelas IX.B bertindak sebagai kelas kontrol.

#### 3.3 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain penelitian *quasi experiment* (eksperimen semu). Dengan bentuk desain penelitian *pretest-posttest* kelompok non ekuivalen. Penelitian ini menggunakan dua kelas dengan perlakuan berbeda, perlakuan diberikan kepada kelas eksperimen dan kelas kontrol sebagai pembandingan. Kelas eksperimen diberikan perlakuan sesuai dengan judul penelitian ini yaitu diberikan perlakuan berupa pembelajaran PjBL terintegrasi STEM, sedangkan kelas kontrol menggunakan model *discovery learning*. Setelah perlakuan diberikan, kedua kelompok diberi *posttest* dengan menggunakan tes yang sama sebagaimana yang digunakan pada *pretest*. Selanjutnya peneliti membandingkan perubahan/perbedaan antara skor *pretest* dan *posttest* antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol (Hasnunidah 2017).

Pada kemampuan kolaborasi, peneliti melakukan pengamatan dengan menggunakan lembar observasi.

Adapun desain penelitian ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 5. Desain Penelitian *Pretest-Posttest Non Ekuivalen Control Group Design*

Kelompok	<i>Pretest</i>	Perlakuan	<i>Posttest</i>
E	Y1	X <sub>1</sub>	Y2
C	Y1	X <sub>2</sub>	Y2

Sumber : Hasnunidah (2017:55)

Keterangan:

E = Kelompok eksperimen

C = Kelompok kontrol

X<sub>1</sub> = Pembelajaran PjBL terintegrasi dengan STEM

X<sub>2</sub> = Pembelajaran menggunakan model *Discovery Learning*

Y1 = *Pretest*

Y2 = *Posttest*

### 3.4 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Prosedur pelaksanaan penelitian yang dilakukan melalui tiga tahapan, Adapun penjelasan mengenai tahapan adalah sebagai berikut:

#### 1. Tahap awal

Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini adalah sebagai berikut :

- a) Peneliti melakukan observasi ke sekolah untuk mengetahui kondisi sekolah serta melakukan wawancara bersama guru mata pelajaran IPA untuk mengetahui permasalahan yang dihadapi oleh peserta didik.
- b) Peneliti menentukan sampel penelitian, meliputi kelas kontrol dan kelas eksperimen.
- c) Peneliti mempersiapkan instrumen perangkat pembelajaran dan instrumen penelitian yang akan digunakan selama pelaksanaan penelitian.

## 2. Tahap Pelaksanaan

Kegiatan yang dilakukan pada tahap pelaksanaan adalah sebagai berikut:

- a) Peneliti mengukur kemampuan berpikir kritis awal peserta didik dengan memberikan soal *pretest* pada kelas kontrol dan kelas eksperimen.
- b) Peneliti memberikan perlakuan berbeda terhadap kedua kelas, kelas eksperimen diberi perlakuan dengan menggunakan pembelajaran PjBL terintegrasi STEM, sedangkan kelas kontrol yaitu dengan model *discovery learning*.
- c) Peneliti memberikan lembar *posttest* untuk mengukur peningkatan kemampuan berpikir kritis setelah perlakuan.
- d) Peneliti memberikan lembar angket untuk mengukur kemampuan kolaborasi peserta didik.
- e) Peneliti melakukan pengamatan dengan menggunakan lembar observasi untuk mengukur kemampuan kolaborasi peserta didik serta untuk mendukung data yang diperoleh melalui lembar angket.

## 3. Tahap Akhir

Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini adalah sebagai berikut:

- a) Peneliti mengolah dan menganalisis data yang diperoleh.
- b) Peneliti membandingkan hasil analisis data sebelum dan sesudah diberi perlakuan.
- c) Peneliti memberikan kesimpulan berdasarkan hasil analisis serta pembahasan.

### 3.5 Jenis dan Teknik Pengumpulan Data

#### 1. Jenis Data

Jenis data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif pada penelitian ini berupa data penilaian keterampilan berpikir kritis yang diperoleh dari nilai *pretest* dan *posttest*. Selisih antara nilai *pretest* dan *posttest* dihitung dalam bentuk *N-gain*.

Nilai *N-gain* digunakan untuk mengetahui pengaruh pembelajaran PjBL terintegrasi STEM terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik. Data kualitatif pada penelitian ini berupa angket keterampilan kolaborasi, respon siswa, serta lembar observasi keterampilan kolaborasi.

## 2. Teknik Pengumpulan Data

### a. Tes

Tes yang diberikan terdiri dari *pretest* dan *posttest* untuk mengukur kemampuan berpikir kritis peserta didik, dengan materi yang digunakan adalah bioteknologi. Tes berupa soal uraian ini dilakukan pada pertemuan pertama untuk *pretest* dan untuk *posttest* pada akhir pembelajaran. Data dari *pretest*, *posttest*, dan *N-gain* (selisih antara *pretest* dan *posttest*) kemudian ditabulasi dalam Tabel 6. Guna membandingkan nilai *pretest*, *posttest*, dan *N-gain* antara kelas kontrol dan kelas eksperimen, dilakukan analisis rata-rata dari nilai-nilai tersebut.

Tabel 6. Tabulasi Data Nilai Pretest, Posttest, Dan *N-gain*

No.	Nama peserta didik	Nilai <i>pretest</i>	Nilai <i>posttest</i>	Rata-rata	<i>N-gain</i>
1.					
2.					
	Dst.				
	$\bar{x} \pm Sd$				

Keterangan:  $\bar{x}$ =Rata-rata; *Sd*= Standar deviasi

Perhitungan rata-rata nilai hasil belajar menggunakan rumus berikut:

Rata-rata nilai pretest dan posttest peserta didik =

$$\frac{\sum \text{Nilai pretest}}{\sum \text{Nilai posttest}} \times 100$$

$$\text{Rata-rata } N\text{-gain peserta didik} = \frac{\Sigma N\text{-gain}}{\Sigma \text{Peserta didik}}$$

Tabel 7. Tabulasi perbandingan nilai pretest, posttest, dan *N-gain*

No.	Kelas	$\bar{x} \pm sd$		<i>N-gain</i>	Interpretasi <i>N-gain</i>
		pretest	posttest		
1.	Kontrol				
2.	Eksperimen				

Keterangan:  $\bar{x}$  = Rata-rata, *Sd* = Standar deviasi

Tabel 8. Kriteria dan Skala Presentase Kemampuan Berpikir Kritis

Skala (%)	Indikator
80 – 100	Sangat Baik
70 – 79	Baik
60 – 69	Sedang
50 – 59	Kurang
0 – 49	Sangat Kurang

Sumber : Arikunto (2016 : 245)

b. Lembar observasi

Lembar observasi digunakan untuk menganalisis kemampuan kolaborasi peserta didik melalui kegiatan diskusi kelompok selama kegiatan pembelajaran.

Tabel 9. Kisi-kisi instrumen kemampuan kolaborasi

Ciri-ciri kolaborasi	Nomor butir lembarobservasi	Jumlah
Berkontribusisecara aktif	2, 3, 12, 19	4
Bekerja secara produktif	8, 13, 18, 17	4
Bertanggung jawab	1, 11, 14, 15	4
Menunjukkan fleksibilitas	4, 7, 9, 10	4
Menghargai orang lain.	5, 6, 16, 20	4

Sumber : Dimodifikasi dari (Hardianti, 2021)

c. Angket respon peserta didik terhadap pembelajaran STEM terintegrasi PjBL

Angket adalah metode pengumpulan data yang dilakukan dengan memberikan serangkaian pertanyaan atau pernyataan tertulis kepada responden untuk dijawab (Sugiyono, 2011). Angket mengenai respons peserta didik diberikan setelah proses pembelajaran, dengan pilihan jawaban sebagai berikut: SS (sangat setuju), S (setuju),

R (ragu-ragu), TS (tidak setuju), dan STS (sangat tidak setuju).

Tabel 10. Kisi-kisi Angket respon peserta didik

No.	Aspek	Indikator	Nomor butir	Jumlah butir
1.	Pembelajaran PjBL terintegrasi STEM	a. Peserta didik merasa senang terhadap pembelajaran PjBL terintegrasi STEM yang diterapkan guru dalam pembelajaran IPA materi bioteknologi.	1, 2,	2
		b. Siswa merasa senang terhadap bahan ajar yang digunakan guru dalam pembelajaran IPA materi bioteknologi.	3	1
		c. Pemahaman siswa terhadap materi bioteknologi	4,10	2
2.	Kemampuan berpikir kritis	a. Membantu peserta didik dalam membuat kesimpulan	5	1
		b. LKPD membantu memudahkan peserta didik dalam membuat penjelasan lebih lanjut.	6,7	2
		c. Memotivasi peserta didik untuk memberikan penjelasan sederhana,	8,9	2
3.	Kemampuan kolaborasi	a. Membantu peserta didik bekerja sama dalam kelompok secara aktif	11, 12, 13	3
		b. Membantu peserta didik berkomunikasi dalam kelompok	15	1
		c. Membantu peserta didik dalam mengambil keputusan saat diskusi	14	1

### 3.6 Uji Instrumen Penelitian

#### 1. Uji validitas

Validitas adalah kualitas yang menunjukkan korelasi antara pengukuran dan makna dari kriteria atau perilaku pembelajaran. Validitas adalah tingkat kemampuan tes untuk mengukur hasil pembelajaran. Data yang valid adalah data yang sama antara data yang dihasilkan penelitian dan kinerja yang ditunjukkan peneliti (Sugiyono, 2016). Uji validitas digunakan untuk mengukur sah atau valid tidaknya suatu instrumen penelitian. Validitas tes dilakukan menggunakan bantuan program SPSS menggunakan *Pearson Product Moment Correlation - Bivariate* dan membandingkan hasil uji Pearson Correlation dengan  $r_{tabel}$ .

Kriteria suatu item dianggap valid jika nilai  $r$  hitung lebih besar dari  $r$  tabel, sebaliknya, item dianggap tidak valid jika  $r$  hitung lebih kecil dari  $r$  tabel.

Adapun kriteria validitas yang digunakan yaitu :

Tabel 11. Kriteria validitas

Koefisien validitas	Kriteria
0,81 – 1,00	Sangat tinggi
0,61 – 0,80	Tinggi
0,41 – 0,60	Cukup
0,21 – 0,40	Rendah
0,00 – 0,20	Sangat Rendah

Sumber: Arikunto (2019:29)

Tabel 12. Hasil Analisis Validitas Butir Soal

No.	Kriteria Soal	Nomor Soal	Jumlah
1.	Valid	2,3,4,6,7,8,9,10,12,13,14,15,16,17,18	15
2.	Tidak Valid	1,5, 11,19,20	5
Jumlah	Total Soal		20

Berdasarkan data pada Tabel 11. diperoleh informasi bahwa terdapat 15 soal yang memperoleh hasil valid, dan 5 soal tidak valid, dari 15 soal yang valid kemudian diambil 10 soal sebagai soal *pretest* dan *posttest* yang akan digunakan untuk penelitian ini.



## 2. Uji Reliabilitas

Reliabilitas adalah pengujian yang menentukan sejauh mana suatu alat ukur dapat digunakan secara konsisten. Untuk mengukur reliabilitas tes menggunakan bantuan program SPSS dengan menggunakan teknik korelasi *Alpha Cronbach* ( $\alpha$ -*Cronbach*). Instrumen dapat dikatakan reliabel jika nilai  $r_{hitung} > r_{tabel}$ .

Tabel 13. Kriteria Reliabilitas

Derajat Reliabilitas	Kriteria
0,90 – 1,00	Sangat tinggi
0,70 – 0,89	Tinggi
0,40 – 0,69	Cukup
0,20 – 0,39	Rendah
0,00 – 0,19	Sangat Rendah

Sumber: Arikunto (2019)

Berdasarkan perhitungan menggunakan SPSS 23, dari butir soal yang telah divalidasi dan digunakan untuk penelitian kemudian dilakukan uji *Alpha Cronbach* ( $\alpha$ -*Cronbach*) dan diperoleh hasil sebagai berikut.

Tabel 14. Hasil Analisis Reliabilitas Butir Soal

Reliabilitas	Tingkat Reliabilitas
0,818	Tinggi

Berdasarkan hasil perhitungan uji reliabilitas pada tabel di atas dapat disimpulkan bahwa soal yang digunakan reliabel.

### 3.7 Teknik Analisis Data

#### a) Kemampuan berpikir kritis

##### 1. Uji N-gain

Uji ini bertujuan untuk mengidentifikasi perbedaan antara nilai tes yang diberikan kepada peserta didik (*pretest-posttest*). Uji ini digunakan untuk menilai peningkatan kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi peserta didik. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut: Penskoran oleh Sumaryanta yaitu (2015).

$$Skor = \frac{a}{b} \times 100$$

Keterangan:

- a. Jumlah skor yang dijawab benar
- b. Jumlah skor maksimum tes

Kemudian dilakukan perhitungan *n-gain*, untuk mengetahui peningkatan kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi peserta didik. Rumus yang digunakan yaitu:

$$Normalized- gain = \frac{\text{skor posttest} - \text{skor pretest}}{\text{skor maksimum} - \text{skor pretest}}$$

Skor yang didapatkan kemudian disesuaikan dengan kriteria dibawah ini.

Tabel 15. Kriteria uji *n-gain*

Interval Koefisien	Kategori
$N-Gain \leq 0,3$	Rendah
$0,3 < N-Gain < 0,7$	Sedang
$N-Gain \geq 0,7$	Tinggi

Sumber: (Wijaya, 2021: 41)

## 2. Uji Normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk menentukan apakah distribusi data mengikuti pola normal atau tidak (Siregar, 2015:49). Dalam penelitian ini, uji normalitas dilakukan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov yang diolah dengan SPSS.

Kesimpulan dari hasil uji normalitas dapat diambil sebagai berikut:

- a. Jika nilai signifikansi  $> 0,05$ , data dianggap terdistribusi normal.
- b. Jika nilai signifikansi  $< 0,05$ , data dianggap tidak terdistribusi normal.

## 3. Uji Homogenitas

Uji homogenitas digunakan untuk menentukan keputusan uji statistik dengan menilai apakah data bersifat homogen atau heterogen (Widiyanto, 2010:51). homogenitas menggunakan uji *Levene Test* pada taraf signifikansi 5% atau  $\alpha = 0.05$ .

- a. Jika nilai signifikansi atau Sig.  $< 0,05$ , maka varians dari dua atau lebih kelompok populasi data dianggap tidak sama (tidak homogen).
- b. Jika nilai signifikansi atau Sig.  $> 0,05$ , maka varians dari dua atau lebih kelompok populasi data dianggap sama (homogen).

## 4. Uji Hipotesis

Uji hipotesis yang digunakan untuk menilai kemampuan berpikir kritis dalam penelitian ini adalah *Uji Independent Sample T-Test* (Uji T). Jika data yang diperoleh berdistribusi normal dan homogen, maka *Uji Independent Sample T-Test* dapat diterapkan dengan memeriksa nilai signifikansi pada *equal variances assumed*. Hipotesis yang diuji adalah sebagai berikut:

### a) Hipotesis

$H_0 = \mu_1 = \mu_2$  : Tidak terdapat pengaruh pembelajaran PjBL terintegrasi STEM terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi bioteknologi.

$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2$  : Terdapat pengaruh pembelajaran PjBL terintegrasi STEM terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi bioteknologi.

#### Kriteria Uji

- 1) Jika  $-t_{tabel} < t_{hitung} < t_{tabel}$ , maka  $H_0$  diterima
- 2) Jika  $t_{hitung} > -t_{tabel}$  atau  $t_{hitung} > t_{tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak

(Pratisto, 2004:10).

#### b) Kemampuan kolaborasi

Data mengenai kemampuan kolaborasi peserta didik selama proses pembelajaran dianalisis menggunakan indeks penilaian kolaborasi. Langkah-langkah yang dilakukan untuk memperoleh data tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Nilai persentase kemampuan kolaborasi dihitung dengan rumus:

$$X = \frac{xi}{n} \times 100$$

$xi$  = Jumlah skor yang didapat

$n$  = jumlah skor maksimum

- b. Persentase penilaian disesuaikan pada kriteria berikut ini.

Tabel 16. Kriteria Kemampuan Kolaborasi Peserta Didik

Rata-rata	Kategori
$86\% \leq A \leq 100\%$	Sangat Baik
$76\% \leq B \leq 85\%$	Baik
$60\% \leq C \leq 75\%$	Cukup
$55\% \leq D \leq 59\%$	Kurang
$E \leq 54\%$	Kurang Sekali

Sumber: (Purwanto, 2008:102)

### c. Uji *Effect Size*

Besarnya pengaruh penerapan pembelajaran PJBL terintegrasi pendekatan STEM terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik dilakukan dengan menggunakan perhitungan *effect size*. *Effect size* merupakan ukuran mengenai besarnya efek suatu variabel pada variabel lainnya, besarnya perbedaan maupun hubungan, yang bebas dari pengaruh besarnya sampel (Olejnik dan Algina, 2003).

Untuk menghitung *effect size*, digunakan rumus Cohen's sebagai berikut (Cohen's becker, 2000) :

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

Keterangan:

- d: Nilai *effect size*
- $\bar{X}_t$ : Nilai rata-rata kelas eksperimen
- $\bar{X}_c$ : Nilai rata-rata kelas kontrol

Dengan

$$S_{pooled} = \frac{\sqrt{(n_A-1)sd_A^2 + (n_B-1)sd_B^2}}{n_A + n_B - 2}$$

Keterangan:

- $S_{pooled}$  : Standar error of the different between means
- $n_A$  : Jumlah subjek kelas eksperimen
- $n_B$  : Jumlah subjek kelas kontrol
- $sd_A$  : Standar deviasi kelas eksperimen
- $sd_B$  : Standar deviasi kelas kontrol

Tabel 17. Kriteria Interpretasi *Effect size*

<i>Effect size</i>	Interpretasi Efektivitas
$0,2 < d < 0,5$	Kecil
$0,5 < d < 0,8$	Sedang
$d > 0,8$	Besar

Sumber : (Cohen's becker, 2000)

## **V. KESIMPULAN**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Terdapat pengaruh penggunaan pembelajaran PjBL terintegrasi STEM terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik kelas IX pada materi bioteknologi.
2. Terdapat pengaruh penggunaan pembelajaran PjBL terintegrasi STEM terhadap kemampuan kolaborasi peserta didik kelas IX pada materi bioteknologi.

### **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penelitian ini masih memiliki kekurangan diantaranya yaitu pada indikator memberikan kesimpulan belum sepenuhnya terasah dengan baik. Hal ini dibuktikan dengan hasil selisih antara kelas eksperimen dan kontrol yang tidak berbeda jauh sehingga bisa diteliti lebih lanjut dengan lebih membiasakan peserta didik menghubungkan permasalahan yang diberikan sebelum menarik kesimpulan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, A. N., Ilmiyati, N., & Toto, T. (2019). Model *Project Based Learning* (PjBL) Berbasis STEM Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Quagga: Jurnal Pendidikan Dan Biologi*, 11(2). <https://doi.org/10.25134/Quagga.V11i2.1910>
- Afifah, A. N., Ilmiyati, N., & Toto, T. (2020). Pengaruh Model *Project Based Learning* (PjBL) Dengan Pendekatan STEM Terhadap Penguasaan Konsep Dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *J-Kip (Jurnal Keguruan Dan Ilmu Pendidikan)*, 1(2). <https://doi.org/10.25157/J-Kip.V1i2.4400>
- Ahmatika, D.(2017). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Dengan Pendekatan *Inquiry/Discovery*. *Jurnal Euclid*, 3(1). <https://doi.org/10.33603/e.v3i1.324>
- Aini, M., Ridianingsih, D. S., & Yunitasari, I. (2022). Efektivitas Model Pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) Berbasis STEM terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Kiprah Pendidikan*, 1(4). <https://doi.org/10.33578/Kpd.V1i4.118>
- Allanta, T. R., & Puspita, L. (2021). Analisis Keterampilan Berpikir Kritis *Dan Self Efficacy* Peserta Didik: Dampak PJBL-STEM Pada Materi Ekosistem. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 7(2). <https://doi.org/10.21831/Jipi.V7i2.42441>
- Almulla, M.A. (2020). *The Effectiveness of the Project-Based Learning (PjBL) Approach as a Way to Engage Students in Learning*. *SAGE Open*, 10(3).
- Alpindo, O., Liana, M., & Fitriani, R. (2022). Pengembangan Bahan Ajar Fisika Interaktif Berbasis *Discovery Learning* Untuk Meningkatkan *Critical Thinking Skill* Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 10(1). <https://doi.org/10.24127/Jpf.V10i1.4297>
- Anugerahwati, M. (2019). *Integrating The 6cs Of The 21st Century Education Into the English Lesson And The School Literacy Movement In Secondary Schools*. *Kne Social Sciences*, , 3(10). <https://doi.org/10.18502/kss.v3i10.3898>
- Anwari, I., Yamada, S., Unno, M., Saito, T., Rahma Suwarna, I., Mutakinati, L., & Kumano, Y. (2015). *Implementation Of Authentic Learning And Assessment Through STEM Education Approach To Improve Students' Metacognitive Skills*. *STEM Education*, 1(3).
- Arikunto, S. (2019). *Prosedur Penelitian, Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta : Rineka Cipta.

- Arsih, F., & Alberida, H. (2023). Pengaruh Model Pembelajaran *Problem Based Learning* Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Pelajaran Biologi SMA. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(1).
- Aryawati, N. P., Pujani, N. M., & Widiyanti, N. L. (2020). Pengaruh Model *Problem Based Learning* Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dalam Pembelajaran Biologi Ditinjau dari Gaya Kognitif Siswa Kelas X SMA. *Jurnal Matematika, Sains, dan Pembelajarannya*, 14(2).
- Azam, I. F., & Rokhimawan, M. A. (2020). Analisis Materi IPA kelas IV Tema Indahnyaa Kebersamaan Dengan HOTS. *Jurnal Ilmiah Didaktika*, 21(1). <https://doi.org/10.22373/jid.v21i1.5970>
- Baharin, N., Kamarudin, N., & Manaf, U. K. A. (2018). *Integrating STEM Education Approach In Enhancing Higher Order Thinking Skills. International Journal Of Academic Research In Business And Social Sciences*, 8(7). <https://doi.org/10.6007/Ijarbss/V8-I7/4421>
- Bahtiar, B., Maimun, M., & Baiq Lily Anggriani W. (2022). Pengaruh Model *Discovery Learning* Melalui Kegiatan Praktikum IPA Terpadu Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(2). <https://doi.org/10.37630/Jpm.V12i2.564>
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). *What Is STEM? A Discussion About Conceptions Of Stem In Education And Partnerships. School Science And Mathematics*, 112(1). <https://doi.org/10.1111/J.1949-8594.2011.00109.X>
- Becker. (2000). *Effect Size Measure For Two Independent Groups. Journal Effect Size Becker*.1(3).
- Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (2013). *STEM Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, And Mathematics (STEM) Approach, Second Edition. In STEM Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, And Mathematics (STEM) Approach, Second Edition*. <https://doi.org/10.1007/978-94-6209-143-6>
- Dewi, A. P., Putri, A., Anfira, D.K., & Prayitno, B.A. (2020). Profil Keterampilan Kolaborasi Mahasiswa Pada Rumpun Pendidikan Mipa. *Pedagogia Jurnal Ilmu Pendidikan*, 18(1).
- Dewi, N. N. S. K., Arnyana, I. B. P., & Margunayasa, I. G. (2023). *Project Based Learning* Berbasis STEM: Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Profesi Guru*, 6(1). <https://doi.org/10.23887/jippg.v6i1.59857>.
- Dywan, A. A., & Airlanda, G. S. (2020). Efektivitas Model Pembelajaran *Project Based Learning* Berbasis STEM Dan Tidak Berbasis STEM Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Basicedu*, 4(2). <https://doi.org/10.31004/basicedu.V4i2.353>



- Elpridha, S., Supriati, Y., & Bagaskorowati, R. (2020). *Effect of Method of Learning and the Ability to Think of Critical of Learning Outcomes IPA (Experiment Student Class VB SDN Limbangan Central III District of Bl Limbangan Garut)*. *Technium Social Sciences Journal*, 9(7).
- Elva, Y., Irawati, R. K. (2021). Pengaruh *Project Based Learning* – STEM Sains Pada Abad 21. *Jurnal Ed-Humanistics*, 6(1). <https://doi.org/10.33752/ed-humanistics.v6i1.1463>
- Ennis, R. H. (2016). *Logical Basis For Measuring Critical Thinking Skills Educational Leadership*. *Journal National Inst. Of Education*, 11(1).
- Erlinawati, E., & Muslimah. (2021). *Test Validity and Reliability in Learning Evaluation*. *Journal Bulletin of Community Engagement*, 1(1).
- Falloon, G., Hatzigianni, M., Bower, M., Forbes, A., & Stevenson, M. (2020). *Understanding K-12 STEM Education: A Framework For Developing STEM Literacy*. In *Journal Of Science Education And Technology*. 29(3). <https://doi.org/10.1007/S10956-020-09823-X>
- Ferazona, S., & Putri, I. I. (2020). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Melalui Diskusi Kelas Upaya Pencapaian Kompetensi Abad 21. *Jurnal Bioterdidik: Wahana Ekspresi Ilmiah*, 8(2).
- Fitriani, R., Surahman, E., & Azzahrah, I. (2019). Implementasi Pembelajaran Berbasis Proyek Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. Quagga : *Jurnal Pendidikan Dan Biologi*, 11(1). <https://doi.org/10.25134/Quagga.V11i1.1426>
- Fitriyani, A., Toto, T., & Erlin, E. (2020). Implementasi Model PjBL-STEM Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 8(2). <https://doi.org/10.25157/Jpb.V8i2.4375>
- Greenstein, Laura M. (2012). *Assessing 21st Century Skills. A Guide To Evaluating Mastery And Authentic Learning*. Thousand Oaks, California: Corwin, A Sage Company. In *California: Corwin, A Sage Company*.
- Handayani, F. (2020). Membangun Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Melalui Literasi Digital Berbasis STEM Pada Masa Pandemi Covid 19. *Jurnal Cendekiawan*, 2(2). <https://doi.org/10.35438/Cendekiawan.V2i2.184>
- Herlina, M., Syahfitri, J., & Ilista, I. (2020). Perbedaan Kemampuan Berpikir Kritis Dan Hasil Belajar Kognitif Dengan Model Pembelajaran *Problem Based Learning* Berbantuan Media Audio Visual. *Edubiotik : Jurnal Pendidikan, Biologi Dan Terapan*, 5(01). <https://doi.org/10.33503/Ebio.V5i01.666>
- Hong, H. Y., Lin, P. Y., Chen, B., & Chen, N. (2019). *Integrated STEM Learning In An Idea-Centered Knowledge-Building Environment*. *Asia-Pacific Education Researcher*, 28(1). <https://doi.org/10.1007/S40299-018-0409->

- Humaeroh, S. (2023). Penerapan Model Pembelajaran *Project Based Learning* Untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi Peserta Didik Kelas III SDN 013 Pasirkaliki Bandung. *Didaktik : Jurnal Ilmiah PGSD STKIP Subang*, 9(2). <https://doi.org/10.36989/Didaktik.V9i2.850>
- Husen, A., & Lestari, U. (2017). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Dan Keterampilan Proses Sains Siswa Sma Melalui Implementasi *Problem Based Learning Dipadu Think Pair Share*. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 2(1990).
- Isnawan, M. G., Nahdlatul, U., & Mataram, W. (2020). *Kuasi-Eksperimen (IssueFebruary)*. Lombok: Nashir Al-Kutub Indonesia.
- Istimewa, L., Indrawati, I., & 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). <https://doi.org/10.37478/Optika.V5i1.934>
- Kertih, I. W., & Widiana, I. W. (2022). *Tri Hita Karana Based Subak In Strengthening Character And Social Studies Learning Outcomes Of Elementary School Students*. *Journal Educational Science: Theory & Practice*, 22(2).
- Khofifah, P.D, Chamidah, A., & Le, E. P. (2022). Pengaruh Metode Pembelajaran *Problem Based Learning* Terhadap Pemecahan Masalah Soal Uraian SPTLDV. *JMER : Journal Of Mathematics Education Research*, 1(2).
- Khoiriyah, N., Abdurrahman, A., & Wahyudi, I. (2018). Implementasi Pendekatan Pembelajaran STEM Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA Pada Materi Gelombang Bunyi. *Jurnal Riset Dan Kajian Pendidikan Fisika*, 5(2). <https://doi.org/10.12928/Jrkipf.V5i2.9977>
- Lase, D. (2019). Pendidikan di Era Revolusi Industri 4.0. Sundermann : *Jurnal Ilmiah Teologi, Pendidikan, Sains, Humaniora dan Kebudayaan*.1(1).
- Laboy-Rush, D. (2011). *Integrated Stem Education Through Project-Based Learning. In Learning.Com*.
- Lukitasari, M., Handika, J., & Murtafiah, W. (2018). *Higher Order Thinking Skills: Using E-Portofolio in Project-Based Learning*. *IOP Conf. Series: Journal of Physics*. Conf. Series. 983 012047.
- Lovakov, A., & Agadullina, E. R. (2021). *Empirically Derived Guidelines for Effect Size Interpretation in Social Psychology*. *European Journal of Social Psychology*, 51 (3). <https://doi.org/10.1002/ejsp.2752>
- Mansur, N. R., Ratnasari, J., & Ramdhan, B. (2022). Model STEAM Terhadap Kemampuan Kolaborasi dan Kreativitas Peserta Didik STEAM (*Model Collaboration Ability And Creativity of Students*). *BIODIK*, 8(4).

- Mardiyah. (2023). Strategi Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Melalui *Learning Community*. *Jurnal PGMI*, 6(2).
- Meilinawati. (2018). Penerapan Model Pembelajaran *Project Based Learning* Untuk Meningkatkan Kolaborasi Siswa Pada Mata Pelajaran Komputer dan Jaringan Dasar SMK Muhammadiyah 1 Prambanan Klaten. In *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah 1 Prambanan.
- Murnawianto, S., Sarwanto., & Rahardjo, S.B. (2017). *STEM-Based Science Learning In Junior High School: Potency For Training Students' Thinking Skill*. *Jurnal Pancaran Pendidikan*. 6 (4). <https://doi.org/10.25037/Pancaran.V6i4.86>
- Musfiqon, H.M. & Nurdyansyah. (2015). *Pendekatan Pembelajaran Saintifik*. Sidoarjo : Nizamia Learning Center.
- Mutakinati, L., Anwari, I., & Yoshisuke, K. (2017). *Analysis Of Student's Critical Thinking Skill Of Middle School Throught STEM Education Project-Bsed Learning*. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*. 7 (1).
- Muttaqiin, A. (2023). Pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) pada Pembelajaran IPA Untuk Melatih Keterampilan Abad *Jurnal Pendidikan MIPA*, 13(1). <https://doi.org/10.37630/jpm.v13i1.819>
- Ni'ma, N., Widyorini, N., & Ruswahyuni. (2014). Kemampuan Apu-Apu (*Pistia Sp.*) Sebagai Bioremediator Limbah Pabrik Pengolahan Hasil Perikanan (Skala Laboratorium). *Diponegoro Journal Of Maquares*, 3(4).
- Ningsih, M. Y., Efendi, N., & Sartika, S. B. (2021). Pengaruh Model *Project Based Learning* Terhadap Berpikir Kreatif Peserta Didik Dalam Pembelajaran IPA. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 2(2). <https://doi.org/10.37729/Jips.V2i2.1403>
- Nismalasari, Santiani, & Rohmadi, M. (2018). Penerapan Model Pembelajaran *Learning Cycle* Terhadap Keterampilan Proses Sains Dan Hasil Belajar Siswa Pada Pokok Bahasan Getaran Harmonis. *Jurnal Edusains*, 5(2).
- Niswara, R., Muhajir, M., & Untari, M. F. A. (2019). Pengaruh Model *Project Based Learning* Terhadap *High Order Thinking Skill*. *Jurnal Mimbar PGSD Undiksha*, 7(2).
- Nugroho, A. T., Jalmo, T., & Surbakti, A. (2019). Pengaruh Model *Project Based Learning* (PjBL) Terhadap Kemampuan Komunikasi Dan Berpikir Kreatif. *Jurnal Bioterdidik*, 7(3).
- Nurhabibah & Indrajit. (2021). *Cyber Pedagogy* Guru sebagai Fasilitator & Coach dalam Proses Belajar Mengajar Masa Kini. Yogyakarta: IKAPI.
- Nurwahidah, N., Samsuri, T., Mirawati, B., & Indriati, I. (2021). Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi Siswa Menggunakan Lembar Kerja Siswa Berbasis Saintifik. *Reflection Journal*, 1(2). <https://doi.org/10.36312/Rj.V1i2.556>

- OECD. (2023). *PISA 2022 Result The State Of Learning And Equity In Education. In PISA 2022. I.*
- Olejnik, S., dan Algina, J. (2003). *Generalized Eta and Omega Squared Statistics: Measures of Effect Size for Some Common Research Designs Psychological Methods*, 8(4).
- Pangemanan, L. M. W., Warouw, Z. W. M., & Dungus, F. (2023). Video Animasi Berbasis *Project Based Learning* Untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa Pada Materi Tekanan Zat Dan Penerapannya Dalam Kehidupan Sehari-Hari. *Jurnal Genta Mulia*, 14(2). <https://doi.org/10.61290/Gm.V14i2.370>
- Pratiwi, H. R., Juhanda, A., & Setiono, S. (2020). *Analysis Of Student Collaboration Skills Through Peer Assessment Of The Respiratory System Concept. Journal Of Biology Education*, 3(2).
- Priyadi, R. Mustajab, A. Tatsar, M. Z & Kusairi, S. (2018). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA Kelas X MIPA dalam Pembelajaran Fisika. *JPFT (Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online)*, 6(1). <https://doi.org/10.22487/J25805924.2018.V6.I1.10020>
- Rahmawati, Fadiawati & Diawati. (2019). Analisis Keterampilan Berkolaborasi Siswa SMA pada Pembelajaran berbasis Proyek Daur Ulang Minyak Jelantah. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Kimia*, 8(2).
- Rahayu, D., Puspita, A. M. I., & Puspitaningsih, F. (2020). Keefektifan *Model Project Based Learning* Untuk Meningkatkan Sikap Kerjasama Siswa Sekolah Dasar. *Pedagogi: Jurnal Penelitian Pendidikan*, 7(2). <https://doi.org/10.25134/Pedagogi.V7i2.3626>
- Rani, F. N., Napitupulu, E., & Siregar, H. (2015). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa melalui Pendekatan *Realistic Mathematics Education* di SMP Negeri 3 Stabat. *Jurnal Paradikma*, 11(1).
- Redhana, I. W. (2019). Mengembangkan keterampilan abad ke-21 dalam pembelajaran kimia. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 13(1).
- Rusman. (2010). *Model-Model Pembelajaran*. Jakarta: Gravindo Persada.
- Robbins, S., & Hoggan, C. (2019). *Collaborative Learning In Higher Education To Improve Employability: Opportunities And Challenges. New Directions For Adult And Continuing Education*, 2019(163). <https://doi.org/10.1002/Ace.20344>
- Rosmalinda, N., Syahbana, A., & Nopriyanti, T. D. (2021). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP Dalam Menyelesaikan Soal-Soal Tipe PISA. *Transformasi : Jurnal Pendidikan Matematika Dan Matematika*, 5(1). <https://doi.org/10.36526/Tr.V5i1.1185>.

- Sa'adah, M., Suryaningsih, S., & Muslim, B. (2020). Pemanfaatan Multimedia Interaktif Pada Materi Hidrokarbon Untuk Menumbuhkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 6(2). <https://doi.org/10.21831/jipi.v6i2.29680>
- Sandi, G. (2021). Pengaruh Pendekatan STEM Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Elektroplating, Keterampilan Berpikir Kritis Dan Bekerja Sama. *Indonesian Journal of Educational Development (IJED)*, 1(4).
- Sari, K. A., Prasetyo, Z. K., & Widodo, W. S. (2017). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik IPA Berbasis Model *Project Based Learning* Untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi Dan Komunikasi Peserta Didik Kelas VII. *Jurnal TPACK IPA*, 6(8).
- Sarifah, F., & Nurita, T. (2023). Implementasi Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Dan Kolaborasi. *Jurnal Pendidikan Sains*, 11(1).
- 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. *Lambung Inovasi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(2). <https://doi.org/10.36312/Linov.V5i2.465>
- Sholekah, A. W. (2020). Peningkatan Motivasi Dan Hasil Belajar IPA Materi Pencemaran Lingkungan Melalui Model PjBL Siswa Kelas VII SMPN 9 Salatiga. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 10 (1).
- Sofiah, Peniati, E., & Lisdiana. (2021). Efektivitas Model *Project Based Learning* Dengan *Brainstorming* Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Pada Pembelajaran Sistem Saraf. *Journal Of Biology Education*, 5(1).
- Stephanie, M.S., & Eric, E.P.B. (2019). *Developing student 21st Century Skills In Selected Exemplary Inclusive STEM High Schools. International Journal of STEM Education*.
- Sulistiani, E., & Masrukan. (2017). Pentingnya Berpikir Kritis dalam Pembelajaran Matematika untuk Menghadapi Tantangan MEA. In *Prosiding Seminar Nasional Matematika* Universitas Negeri Semarang, 605-612.
- Sumaryanta. (2015). Pedoman Penskoran. *Indonesian Digital Journal of Mathematics and Education*, 2(3).
- Suriati, A., Sundaygara, C., & Kurniawati, M. (2021). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Pada Siswa Kelas X SMA Islam Kapanjen. *RAINSTEK: Jurnal Terapan Sains & Teknologi*, 3(3).
- Suryanda, A., & Damayanti, S. (2020). Pengembangan Multimedia Interaktif Berbasis Inkuiri untuk Praktikum Virtual pada Materi Bioteknologi di SMA. *PSEJ (Pancasakti Science Education Journal)*, 5(1)

- Syahfitri, J., Firman, H., Redjeki, S., & Sriyati, S. (2019). *Development and Validation of Critical Thinking Disposition Test in Biology*. *International Journal of Instruction*, 12(4). <https://doi.org/10.29333/Iji.2019.12425a>
- Thieman, W.J., & Palladino, M.A.(2014). *Pengantar Bioteknologi*. San Fransisco : Pearson.
- Titu, M. A. (2015). Penerapan Model Pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) Untuk Meningkatkan Kreativitas Siswa Pada Materi Konsep Masalah Ekonomi. *In Prosiding Seminar Nasional*, 9.
- Toto. (2019). *STEM-based Science Learning Design in the 2013 Curriculum*. *IOP Conf.Series: Journal of Physics*. 1233. (012094).
- Torlakson, T. (2014). *Innovate: A Blueprint For Science, Technology, Engineering, And Mathematics In California Public Education*. *In Jurnal IPA & Pembelajaran IPA* 4(2).
- Wardani, A.K., Sudarma D.W., & Endrika W. (2017). *Pengantar Bioteknologi*. Malang : Universitas Brawijaya Press.
- Widya, W., Rifandi, R., & Rahmi, Y. L. (2019). *STEM education to fulfil the 21<sup>st</sup> century demand: a literature review*. *Journal of Physics: Conference Series*, 1317(1).
- Wijaya , P.A., Sutarto,J., & Zulaeha. I. (2021). *Strategi Know-Want to Know-Learned Dan Strategi Direct Reading Thinking Activity Dalam Pembelajaran Pendidikan Dasar*. Semarang: Jaringan Harian Jateng.
- Yanuar, Y. (2018). *Unit Pembelajaran STEM*. Bandung: *South East Asia Ministry of Education Organization (SEAMEO) Regional Centre for Quality*.
- Yulia, S. R., & Ramli, R. (2019). Analisis Kebutuhan Pengembangan *Handout* Berbasis STEM Terhadap Pembelajaran Fisika dalam Menghadapi Era Revolusi Industri 4.0. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 5(1).
- Zahroh, F. (2020). Pengaruh Model Pembelajaran *Project Based Learning* Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Elektrokimia. *Phenomenon: Jurnal Pendidikan MIPA*, 10(2), 191-203. <https://doi.org/10.21580/phen.2020.10.2.4283>.
- Zubaidah, S. (2019). *Memberdayakan Kemampuan Abad ke-21 melalui Pembelajaran Berbasis Proyek*. *Universitas Negeri Malang, Pendidikan Biologi*. Kendari: Univesitas Halu Oleo.