

**MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERKOLABORASI SISWA SMA
MELALUI PJBL-STEM PENGOLAHAN LIMBAH KULIT NANAS
MENGHASILKAN *NATA DE PINA***

(Skripsi)

Oleh

**Hardini Anggun
NPM 2013023010**



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

ABSTRAK

MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERKOLABORASI SISWA SMA MELALUI PjBL-STEM PENGOLAHAN LIMBAH KULIT NANAS MENGHASILKAN *NATA DE PINA*

Oleh

Hardini Anggun

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan efektivitas PjBL-STEM (*project-based learning-STEM*) pengolahan limbah kulit nanas dalam meningkatkan keterampilan berkolaborasi siswa SMA. Metode penelitian yang digunakan adalah *weak experimental research* dengan *the one-shot case study design*. Populasi pada penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI SMA Negeri 14 Bandar Lampung yang memilih mata pelajaran kimia Tahun Ajaran 2024/2025 yang berjumlah 104 orang. Pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan teknik *purposive sampling*. Sampel pada penelitian ini yaitu kelas XI-1 sebagai kelas eksperimen. Teknik analisis data yang digunakan yaitu menggunakan analisis deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase rata-rata keterampilan berkolaborasi sebesar 80,56% (kategori sangat baik). Indikator keterampilan berkolaborasi yang memperoleh persentase rata-rata skor paling tinggi yaitu indikator menunjukkan tanggung jawab sebesar 86,74% (kategori sangat baik) dan indikator yang memperoleh persentase rata-rata skor paling rendah yaitu indikator berkontribusi secara aktif sebesar 69,23% (kategori baik). Persentase rata-rata skor respon siswa terhadap PjBL-STEM sebesar 91,5% (kategori sangat baik), dan persentase rata-rata skor keterlaksanaan PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas sebesar 77,5% (kategori tinggi). Rata-rata skor produk olahan limbah kulit nanas yang dibuat oleh seluruh kelompok sebesar 7,01 dari skor maksimal 8. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa model PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas efektif dalam meningkatkan keterampilan berkolaborasi siswa SMA.

Kata kunci: PjBL-STEM, limbah kulit nanas, keterampilan berkolaborasi

ABSTRACT

INCREASING HIGH SCHOOL STUDENTS' COLLABORATION SKILLS THROUGH PJBL-STEM IN PINEAPPLE PEEL WASTE PROCESSING TO PRODUCE *NATA DE PINA*

By

Hardini Anggun

This study aims to describe the effectiveness of PjBL-STEM (Project-Based Learning-STEM) in processing pineapple peel waste to increase high school students' collaboration skills. The research method used is a weak experimental research design with a one-shot case study. Population of this research are 104 students in grade XI at SMA Negeri 14 Bandar Lampung who chose chemistry as a subject for the 2024/2025. The sampling technique used in this research is purposive sampling with class XI-1 as the experimental class. The data analysis technique used was descriptive analysis. The results showed that average percentage of collaboration skills reached 80.56% (categorized as very good), with the highest average score found in the indicator demonstrating responsibility at 86.74% (categorized as very good), and the lowest in the indicator actively contributing at 69.23% (categorized as good). The average percentage of students response scores was 91.5% (categorized as very good), and the average score of PjBL-STEM implementation was 77.5% (categorized as high). The average score of pineapple peel waste processed products made by all groups as 7.01 out of a maximum score of 8. Based on the results, it can be concluded that PjBL-STEM model for processing pineapple peel waste is effective in increasing high school students' collaboration skills.

Keywords: PjBL-STEM, pineapple peel waste, collaboration skills

**MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERKOLABORASI SISWA SMA
MELALUI PJBL-STEM PENGOLAHAN LIMBAH KULIT NANAS
MENGHASILKAN *NATA DE PINA***

Oleh

Hardini Anggun

Skripsi

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

Pada

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



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

Judul Skripsi

: MENINGKATKAN KETERAMPILAN
BERKOLABORASI SISWA SMA MELALUI
PJBL-STEM PENGOLAHAN LIMBAH KULIT
NANAS MENGHASILKAN *NATA DE PINA*

Nama Mahasiswa

: **Hardini Anggun**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2013023010

Program Studi

: Pendidikan Kimia

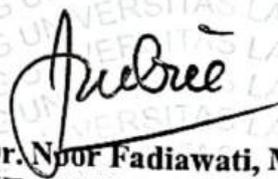
Jurusan

: Pendidikan MIPA

Fakultas

: Keguruan dan Ilmu Pendidikan





Dr. Noor Fadiawati, M.Si.
NIP 19860728 200812 2 001



Dra. Nina Kadaritna, M.Si.
NIP 19600407 198503 2000

2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA



Dr. Nurhanurawati, M.Pd.
NIP 19670808 199103 2 001

MENGESAHKAN

1. **Tim Penguji**

Ketua

: Dr. Noor Fadiawati, M.Si.

Sekretaris

: Dra. Nina Kadaritna, M.Si.

Penguji

Bukan Pembimbing

: Prof. Dr. Chansyanah Diawati, M.Si.



2. **Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan**



Albet Maydiahtoro, M.Pd.
NIP. 19870504 201404 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 29 April 2025

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hardini Anggun

NPM : 2013023010

Program Studi : Pendidikan Kimia

Jurusan : Pendidikan MIPA

Judul Skripsi : Meningkatkan Keterampilan Berkolaborasi Siswa SMA
melalui PjBL-STEM Pengolahan Limbah Kulit Nanas
Menghasilkan *Nata de Pina*

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

Apabila ternyata kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya akan bertanggung jawab sepenuhnya.

Bandar Lampung, 29 April 2025
Yang Membuat Pernyataan,



Hardini Anggun
NPM 201330233010

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Natar, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung pada tanggal 14 Desember 2002, sebagai anak ketiga dari lima bersaudara pasangan Bapak Maniran dan Ibu Samrotul Badriah. Pendidikan Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SD Negeri 5 Merak Batin pada tahun 2014, Pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 1 Natar pada tahun 2017, dan Pendidikan Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 1 Natar pada tahun 2020. Penulis diterima di prodi Pendidikan Kimia Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung pada tahun 2020 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi internal yaitu menjadi anggota bidang pendidikan Forum Silaturahmi Mahasiswa Pendidikan Kimia (FOSMAKI) Universitas Lampung. Pada Januari 2023, penulis melaksanakan Pengenalan Lingkungan Persekolahan (PLP) di SMA Negeri 2 Kasui dan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Tanjung Bulan, Kecamatan Kasui, Kabupaten Way Kanan. Selain itu, pada tahun 2023 penulis aktif berpartisipasi sebagai salah satu mahasiswa yang mengikuti Program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) Kampus Mengajar Angkatan 6 di SMK Kridawisata Sukarame, Kota Bandar Lampung.

MOTTO

“Tubuh dibersihkan dengan air, akal dibersihkan dengan pengetahuan, dan jiwa dibersihkan dengan cinta.”

(Ali bin Abi Thalib)

“Syukur, sabar, dan ikhtiar adalah kunci menuju takdir terbaik Tuhan.”

PERSEMBAHAN

Kupersembahkan skripsi ini sebagai ungkapan terima kasih dan sayangku kepada:

Kedua orang tuaku

Terima kasih telah mendoakan setiap langkahku, memberikan dukungan, nasihat, dan memberikan yang terbaik untuk keberhasilan dan kebahagiaanku hingga saat ini.

Kedua Adikku dan para Kakakku

Terima kasih karena selalu memberikan semangat, bantuan dan motivasi untuk menyelesaikan skripsi ini.

Para pendidiku (Guru dan Dosen)

Terima kasih telah secara langsung dan tidak langsung banyak memberiku pengetahuan tanpa pamrih dan membimbingku sampai berada di titik ini.

Keluarga, sahabat, dan orang-orang yang juga turut mendoakanku.

Berkat doa kalian pula skripsi ini dapat terselesaikan.

Almometer tercinta, Universitas Lampung

SANWACANA

Bismillahirrahmanirrahim,

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga dapat diselesaikan skripsi yang berjudul “Meningkatkan Keterampilan Berkolaborasi Siswa SMA melalui PjBL-STEM Pengolahan Limbah Kulit Nanas menghasilkan *Nata de Pina*” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pendidikan.

Dukungan dari berbagai pihak sangat membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Pada kesempatan ini disampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Albet Maydiantoro, S.Pd., M.Pd., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung;
2. Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam;
3. Dr. M. Setyarini, M.Si., selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Kimia;
4. Dr. Noor fadiawati, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Pembimbing I, atas ketersediaannya memberikan bimbingan, saran dan masukan dalam proses penyelesaian kuliah serta penyusunan skripsi;
5. Dra. Nina Kadaritna, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II, atas ketersediaannya untuk memberikan bimbingan, saran, dan masukan dalam proses penyusunan skripsi;
6. Prof. Dr. Chansyanah Diawati, M.Si., selaku Dosen Pembahas, atas ketersediaannya memberikan saran dan masukan untuk perbaikan skripsi ini agar dapat menjadi karya yang lebih baik;
7. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Pendidikan Kimia dan segenap civitas academica Jurusan Pendidikan MIPA;

8. H. Hendra Putra, S.Pd., M.Pd., selaku Kepala SMA Negeri 14 Bandar Lampung, Romiyati, S.Pd., M.Si., selaku guru mitra, dan siswa kelas XI-1 SMA Negeri 14 Bandar Lampung atas bantuan dan kerjasamanya selama melaksanakan penelitian;
9. Kedua orang tua tersayang Ibu Samrotul Badriah dan Bapak Maniran, yang selalu mendoakan, memberikan semangat dan dukungan serta selalu mengusahakan yang terbaik bagi penulis selama ini;
10. Kedua adik tersayang Widya dan Niki yang selalu memberikan semangat, saran, bantuan, dan dukungan bagi penulis;
11. Kakak kandung dan ipar Hani, Hono, Rina, dan Wardi yang telah memberikan bantuan, dan motivasi bagi penulis;
12. Sahabat terbaik Lilis, Aen, Alvira, Rafino dan Nurul yang turut mendoakan, memberikan saran, semangat, dan bantuan untuk penulis;
13. Sahabat sekolah Dewi Cahyani dan Dela Anjelina, yang mendukung dan memberi semangat penulis untuk menyelesaikan skripsi;
14. Teman-teman terbaik Zhilal, Adel, Upit, Fasya, Ika, dan Ervi yang memberikan semangat dan bantuan untuk penulis;
15. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu yang telah banyak membantu sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Penulis berharap semoga Allah SWT memberkahi dan membalas kebaikan Bapak, Ibu, dan semua pihak yang sudah penulis sebutkan, dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak dan almameter tercinta.

Bandar Lampung, 29 April 2025
Penulis

Hardini Anggun
NPM 2013023010

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL.....	4
DAFTAR GAMBAR	1
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Manfaat Penelitian	5
E. Ruang Lingkup	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Kajian Teori	6
B. Penelitian yang Relevan	13
C. Kerangka Pemecahan Masalah dalam Pengolahan Limbah Kulit Nanas.....	16
D. Kerangka Pemikiran.....	17
III. METODE PENELITIAN.....	19
A. Desain Penelitian.....	19
B. Populasi dan Sampel Penelitian	19
C. Jenis dan Sumber Data Penelitian	20
D. Variabel Penelitian.....	20
E. Prosedur Pelaksanaan Penelitian	20
F. Instrumen Penelitian	23
G. Validitas Instrumen Penelitian	24
H. Teknik Analisis Data.....	25
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	28
A. Hasil Penelitian	28
1. Keterampilan berkolaborasi	28
2. Skor setiap siswa pada indikator keterampilan berkolaborasi	32
3. Penilaian kinerja produk	33

4. Data respon siswa terhadap PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas.....	36
5. Keterlaksanaan pembelajaran menggunakan PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas	37
B. Pembahasan.....	38
1. Indikator keterampilan berkolaborasi siswa dalam PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas	38
2. Tahapan PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas pada Indikator Keterampilan Berkolaborasi	40
3. Kinerja Produk Olahan Limbah Kulit Nanas	48
V. KESIMPULAN DAN SARAN	50
A. Kesimpulan	50
B. Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	59
MODUL AJAR.....	60
ASESMEN KINERJA PROSES KETERAMPILAN BERKOLABORASI	66
Rubrik Lembar Kinerja Produk	71
Skor Kinerja Produk	71
Rubrik Penskoran LKPD PjBL-STEM Pengolahan Limbah Kulit Nanas	72
Rekapitulasi Skor Kinerja Produk Berpikir Siswa (LKPD).....	74
Rekapitulasi Skor pada Angket Respon Siswa	75
Rekapitulasi Skor pada Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran Kimia menggunakan PjBL-STEM Pengolahan Limbah Kulit Nanas.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Pemetaan Langkah-langkah PjBL-STEM dengan Kegiatan Peserta Didik	9
Tabel 2. Kriteria pada Beberapa Indikator Keterampilan Berkolaborasi.....	12
Tabel 3. Analisis Proksimat Kulit Nanas berdasarkan Berat Basah	12
Tabel 4. Penelitian yang Relevan.....	14
Tabel 5. Desain Penelitian The One-Shot Case Study Group.....	19
Tabel 6. Pedoman konversi interval persentase menjadi kategori	25
Tabel 7. Kriteria Penskoran Respon Siswa	27
Tabel 8. Kriteria Tingkat Ketercapaian Pelaksanaan Pembelajaran	27
Tabel 9. Persentase Skor Keterampilan Berkolaborasi siswa pada PjBL-STEM .	31
Tabel 10. Skor kinerja produk yang diperoleh setiap kelompok	36
Tabel 11. Angket Respon Siswa terhadap PjBL-STEM Pengolahan Limbah Kulit Nanas.....	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kerangka Pemecahan Masalah	16
Gambar 2. Pemetaan Langkah-langkah PjBL-STEM dengan Keterampilan Berkolaborasi	18
Gambar 3. Bagan Prosedur Penelitian	22
Gambar 4. Persentase skor keterampilan berkolaborasi siswa pada indikator 1 dan 5	28
Gambar 5. Persentase skor keterampilan berkolaborasi siswa pada indikator 1, 2, dan 3.....	29
Gambar 6. Persentase skor keterampilan berkolaborasi pada indikator 1, 2, 3, 4, 5, dan 6.....	29
Gambar 7. Persentase skor keterampilan berkolaborasi siswa pada indikator 4 dan 6	30
Gambar 8. Persentase skor keterampilan berkolaborasi siswa pada indikator 3 dan 6	31
Gambar 9. Skor keseluruhan siswa pada indikator keterampilan berkolaborasi.....	32
Gambar 10. Produk nata de pina kelompok 1	33
Gambar 11. Produk nata de pina kelompok 2.....	34
Gambar 12. Produk nata de pina kelompok 3	34
Gambar 13. Produk nata de pina kelompok 4.....	34
Gambar 14. Produk nata de pina kelompok 5.....	35
Gambar 15. Produk nata de pina kelompok 6.....	35
Gambar 16. Persentase keterlaksanaan PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas	37
Gambar 17. Jawaban LKPD salah satu siswa pada tahap reflection.....	40
Gambar 18. Jawaban LKPD salah satu siswa pada tahap reflection.....	41
Gambar 19. Jawaban LKPD salah satu siswa pada tahap research.....	42
Gambar 20. Jawaban LKPD salah satu siswa pada tahap research.....	42
Gambar 21. Jawaban LKPD salah satu siswa pada tahap discovery	44
Gambar 22. Jawaban LKPD salah satu siswa pada tahap discovery	44
Gambar 23. Jawaban LKPD salah satu siswa pada tahap discovery	45
Gambar 24. Dokumentasi siswa membuat produk dengan kelompoknya	47
Gambar 25. Dokumentasi siswa mempresentasikan produk dengan kelompoknya	48
Gambar 26. Foto alat, bahan, dan prosedur produk salah satu kelompok.....	49

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Keterampilan berkolaborasi merupakan salah satu dari serangkaian keterampilan yang dibutuhkan dalam menghadapi perubahan dan permasalahan yang ada di masyarakat (Chu *et al.*, 2021). Permasalahan-permasalahan yang kompleks tidak dapat dipecahkan oleh seseorang hanya dengan kemampuannya sendiri, melainkan dengan berkolaborasi (Tosepu, 2018). Seseorang yang memiliki keterampilan berkolaborasi tinggi dapat bekerja secara efektif, menghormati dan menghargai kontribusi anggota tim, bersikap fleksibel, berani mengambil tanggung jawab, serta aktif berkompromi dalam mencapai tujuan bersama (Trilling and Fadel, 2012; Kurniawan, 2020). Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa keterampilan berkolaborasi ini penting untuk dilatihkan ke siswa bahkan sejak di sekolah (Ahwan dan Basuki, 2023; Mawaddah dkk., 2022; Nurwahidah dkk., 2021; Rosidin dkk., 2022; Sarifah dan Nurita, 2023) karena membuat siswa terlibat dalam membangun kerjasama melalui pendapat, gagasan, dan pemikiran untuk memecahkan masalah dalam mencapai tujuan bersama di kehidupan nyata (Anggelita dkk., 2020; Ruitan dkk., 2023).

Faktanya keterampilan berkolaborasi siswa di Indonesia tergolong level rendah berdasarkan data *Program for International Student Assessment (PISA) 2022* yang diumumkan pada 5 Desember 2023 Indonesia berada di peringkat 68 dari 81 negara (OECD, 2023). Posisi Indonesia dalam PISA 2022 yang termasuk dalam level rendah mengindikasikan bahwa siswa Indonesia tidak cukup baik memaksimalkan keterampilan berkolaborasinya dalam memecahkan masalah selama pembelajaran. Keterampilan berkolaborasi perlu dilatihkan ke siswa untuk memecahkan masalah, dimana kemampuan pemecahan masalah juga menjadi *point* penting dalam capaian pembelajaran siswa pada fase E kurikulum merdeka (Mendikbudristek, 2022). Pemberian masalah yang ada di kehidupan nyata

dapat membantu siswa dalam melatih keterampilan berkolaborasi yang dimilikinya (Zubaidah, 2016). Salah satu permasalahan nyata yang terdapat dalam kehidupan sehari-hari ialah permasalahan limbah kulit nanas (Gaspersz and Fitrihidajati, 2022).

Berdasarkan survei yang telah dilakukan terhadap beberapa penjual nanas madu di Bandalampung, kulit nanas yang dihasilkan dari sebagian penjual diberikan ke warga untuk diolah menjadi pakan ternak dan sebagian lainnya dibuang ke tumpukan sampah begitu saja tanpa melalui pengolahan. Tumpukan limbah kulit nanas ini menjadi suatu masalah bagi lingkungan dalam hal merusak estetika atau keindahan kota, menimbulkan bau yang menyengat, serta menjadi sarang hama dan bakteri. Seiring dengan produksi rata-rata nanas di Indonesia yang meningkat dari tahun ke tahun (Statistik, 2023), limbah kulit nanas tentu tidak jarang untuk dijumpai di masyarakat dan lingkungan sekitar (Yudha dan Rachmadina, 2023). Kesadaran masyarakat terhadap permasalahan lingkungan perlu ditumbuhkan sejak di bangku sekolah, dan salah satunya dapat dengan menerapkan pengolahan limbah kulit nanas di dalam pembelajaran. Pengolahan limbah kulit nanas dalam pembelajaran dapat menjadi inovasi bagi guru saat melaksanakan kegiatan pembelajaran di kelas (Widiantoro, 2023).

Penyelesaian masalah lingkungan lebih dulu harus disadari setiap orang dan ditumbuhkan sejak dini, untuk menumbuhkan kesadaran tersebut, siswa harus diberi tantangan dalam menyelesaikan masalah terkait limbah kulit nanas. Ketika menghadapi tantangan tersebut, siswa harus dapat mengidentifikasi serta menentukan apa saja pengetahuan yang sudah dimiliki dan diperlukan untuk menyelesaikan masalah yang ada (Diaz and King, 2007). Siswa kemudian dapat mengaitkan masalah yang dihadapi dengan pengetahuan yang sudah dipelajarinya di sekolah. Disertai dengan arahan dari guru, siswa dapat mengembangkan pemahamannya terkait masalah yang dihadapi dengan mencari informasi yang relevan untuk mendapatkan solusi (Satchwell and Loepp, 2002). Siswa selanjutnya dapat berkolaborasi dengan rekan-rekannya dalam merancang proyek penyelesaian masalah (Fortus *et al.*, 2005) dan dapat mengaplikasikan serta mengomunikasikan rancangan proyeknya sebagai solusi dari masalah yang

ada. Karakteristik pembelajaran yang sesuai dengan langkah tersebut ialah pembelajaran dengan model *project-based learning* terintegrasi STEM (PjBL-STEM).

Model *project based learning* (PjBL) terintegrasi pendekatan STEM (PjBL-STEM) meliputi langkah pembelajaran *reflection, research, discovery, application, dan communication* (Laboy, 2011). Model *project based learning* (PjBL) terbukti dapat meningkatkan beberapa keterampilan yang dimiliki oleh siswa diantaranya, keterampilan berkolaborasi (Diawati dkk., 2017; Rahmawati dkk., 2019), keterampilan berkomunikasi (Muharromah dkk., 2019; Saenab dan Virninda, 2017), dan keterampilan berpikir kritis (Efendi dkk., 2020; Dimmit, 2017). Pendekatan STEM merupakan pendekatan pembelajaran dengan 4 (empat) disiplin ilmu yang meliputi Sains (*Science*), Teknologi (*Tekchnology*), Teknik (*Engineering*), dan Matematika (*Mathematics*) (Aini, 2020). Pendekatan STEM dapat meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran dan melatih keterampilan siswa untuk dapat menerapkan pengetahuan yang dimilikinya dalam memecahkan masalah terkait lingkungan (Afridhonal dan Effendi, 2021; Lee *et al.*, 2019; Lestari dkk., 2018; Mulyati dkk., 2023).

Project based learning terintegrasi STEM (PjBL-STEM) menurut Sahin (2013) ialah pembelajaran yang dimana guru memiliki peran mengarahkan dan memantau siswa selama pengerjaan proyek serta memastikan setiap kelompok masing-masing berkolaborasi untuk mencapai satu tujuan. Penerapan PjBL-STEM dalam kelas dapat membawa siswa pada pemecahan masalah kompleks di dunia nyata (Herro and Quigley, 2016). PjBL-STEM yang diterapkan pada pembelajaran kimia, melibatkan siswa melalui pengalaman praktik langsung dengan saling mengembangkan keterampilan berkolaborasi dalam mencapai tujuan bersama (Rahmawati dkk., 2020). Hasil penelitian Baran *et al.*, (2021) juga menunjukkan bahwa PjBL-STEM yang melibatkan penggunaan bahan limbah mempunyai pengaruh positif terhadap penggunaan dan pengembangan keterampilan peserta didik. Keterampilan berkolaborasi adalah salah satu keterampilan yang penting untuk dimiliki oleh setiap peserta didik dalam memecahkan suatu permasalahan.

Beberapa data hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan pemecahan masalah dengan keterampilan berkolaborasi yang dimiliki oleh siswa masih tergolong cukup rendah. Kemampuan pemecahan masalah siswa yang tergolong rendah ini disebabkan oleh tidak terbiasanya siswa dalam berkolaborasi dengan orang lain (Anggelita dkk., 2020). Keterampilan berkolaborasi atau bekerjasama adalah keterampilan esensial siswa dalam memecahkan masalah di sekolah maupun kehidupan bermasyarakat (Apriono, 2013). Pencapaian pembelajaran siswa dapat meningkat ketika diberlakukan pembelajaran yang kolaboratif (Sulaiman dan Shahrill, 2015). Berdasarkan hasil observasi lapangan, di SMAN 14 Bandarlampung masih belum memberlakukan model PjBL-STEM pada pembelajaran kimia. Beberapa guru dalam mengawali pembelajaran masih dominan dengan metode ceramah. Hal ini dapat membuat siswa tidak terbiasa bahkan cenderung kesulitan untuk memecahkan masalah di sekolah maupun di lingkungan masyarakat, sebab siswa tidak dapat memaksimalkan keterampilan berkolaborasi yang dimilikinya.

Berdasarkan uraian dan pemaparan terhadap permasalahan di atas, maka perlu dilakukan penelitian yang berjudul “Meningkatkan Keterampilan Berkolaborasi Siswa SMA melalui PjBL-STEM Pengolahan Limbah Kulit Nanas untuk Menghasilkan *Nata de Pina*”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana efektivitas PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas dalam meningkatkan keterampilan berkolaborasi siswa SMA?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan efektivitas PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas dalam meningkatkan keterampilan berkolaborasi siswa SMA.

D. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk:

1. memberi pengalaman langsung bagi siswa dalam menyelesaikan masalah limbah kulit nanas untuk diolah menjadi produk yang bernilai guna.
2. memberi pengalaman secara langsung bagi guru dan calon guru dalam kegiatan pembelajaran kimia dengan menerapkan PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas.
3. membantu pihak sekolah dalam mengembangkan kurikulum yang diterapkan oleh sekolah untuk meningkatkan mutu pembelajaran di kelas.

E. Ruang Lingkup

Agar penelitian ini terhindar dari kesalahpahaman, maka ruang lingkup penelitian ini dijelaskan sebagai berikut:

1. proses *project based learning*-STEM yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada tahapan pembelajaran yang dikemukakan oleh Laboy-Rush (2011).
2. indikator keterampilan berkolaborasi meliputi: berkontribusi secara aktif, bekerja secara produktif, menunjukkan fleksibilitas dan kompromi, mengelola proyek dengan baik, menunjukkan tanggung jawab, dan menghargai orang lain (Greenstein, 2012).
3. PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas dikatakan meningkatkan keterampilan berkolaborasi jika rata-rata skor keterampilan berkolaborasi berkategori minimal baik atau sangat baik (Widoyoko, 2014).

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. *Project-Based Learning* -STEM (PjBL-STEM)

Pembelajaran dengan model *Project-Based Learning*-STEM merupakan pembelajaran yang memberikan kesempatan kepada siswa untuk menjalani proses pembelajaran yang kolaboratif, dan menghasilkan suatu produk tertentu dalam menyelesaikan masalah nyata di pembelajaran sebagai sumber belajar bagi siswa (Jauhariyyah dkk., 2017). PjBL-STEM dapat digunakan sebagai inovasi dalam proses pembelajaran kimia yang ada di kelas, melalui penyelesaian suatu masalah nyata dengan menghasilkan produk yang bernilai guna.

PjBL-STEM mengintegrasikan disiplin ilmu sains, teknologi, teknik, dan matematika dengan tujuan meningkatkan kemampuan siswa dalam memecahkan masalah sehingga berpengaruh berpengaruh terhadap hasil belajar siswa (Purwaningsih *et al.*, 2020). Diterapkannya pembelajaran ini membantu siswa untuk membangun pengetahuannya dan memanfaatkan pembelajaran langsung yang komunikatif serta kolaboratif sehingga siswa dapat mengembangkan kepercayaan diri dalam menyelesaikan masalah (Han *et al.*, 2015).

PjBL-STEM membantu siswa dalam mentransfer pengetahuan yang dimilikinya melalui empat disiplin ilmu (*science, technology, engineering, and mathematics*) dalam proyek penyelesaian masalah yang mereka kerjakan (Tiara, 2023).

Langkah-langkah model *Project-Based Learning* (PjBL) terintegrasi STEM menurut Laboy-Rush (2011) ialah sebagai berikut:

a. reflection

Kegiatan *reflection* bertujuan untuk membawa peserta didik ke dalam suatu konteks masalah dan memberikan inspirasi kepada peserta didik untuk mengobservasi masalah dengan menghubungkan apa yang sudah dikehui dan apa yang perlu dipelajari. Masalah yang diberikan mendorong peserta didik untuk bertanya, dan juga melakukan penyelidikan (Diaz and King, 2007).

b. research

Kegiatan *research* membawa peserta didik mengumpulkan informasi dan sumber yang relevan untuk mengembangkan pemahaman peserta didik dari pemahaman konkret ke pemahaman abstrak mengenai suatu masalah. Guru turut serta dalam mengarahkan diskusi untuk memastikan apakah peserta didik dapat mengembangkan pemahaman konseptual yang tepat dari proyek dan konsep yang relevan. Peserta didik menggali konsep, dan teori dari berbagai sumber yang relevan dengan bimbingan guru sehingga dapat dijadikan acuan dalam memecahkan masalah atau membangun konsep sebagai bahan untuk merancang proyek dan menciptakan solusi berupa produk (Satchwell and Loep, 2002; Diaz and King, 2007; Fortus *et al.*, 2005).

c. discovery

Kegiatan *discovery* menghubungkan proses *research* dan informasi yang diketahui dalam penyusunan proyek. Peserta didik dituntut untuk lebih aktif dan mandiri dalam pembelajaran dan menentukan apa yang masih belum diketahui. Guru membagi peserta didik menjadi beberapa kelompok kecil untuk menyajikan solusi yang mungkin untuk suatu masalah dan berkolaborasi antar teman maupun kelompok. Pada tahap ini juga bertujuan untuk mengembangkan kemampuan peserta didik dalam membangun *habits of mind* dari proses merancang atau mendesain suatu proyek. Peserta didik merancang sebuah proyek untuk membuat produk, menentukan alat dan bahan, serta prosedur produk sebagai solusi dari masalah yang diberikan (Satchwell and Loep, 2002; Diaz and King, 2007; Fortus *et al.*, 2005).

d. application

Kegiatan *application* memiliki tujuan menguji proyek untuk menghasilkan produk yang digunakan dalam memecahkan masalah. Hasil yang diperoleh dievaluasi dan diperbaiki untuk perbaikan langkah sebelumnya. Peserta didik mengaplikasikan rancangan yang telah dibuat dengan merancang, membuat, dan menguji hasil uji coba produk. Peserta didik kemudian melakukan eksperimen untuk uji coba produk dan mengumpulkan data hasil eksperimen untuk kemudian dikomunikasikan (Satchwell and Loep, 2002; Diaz and King, 2007).

e. communication

Kegiatan *communication* yakni mempresentasikan hasil produk kepada teman-teman dan guru. Tahap ini dapat mengembangkan keterampilan komunikasi dan berkolaborasi serta kemampuan untuk menerima dan menerapkan umpan balik yang konstruktif. Peserta didik dapat saling memberi pertanyaan atau menyampaikan gagasan berdasarkan pemahaman konsep yang dimiliki dan memberi kesimpulan terhadap konsep, teori, maupun penerapannya dalam kehidupan sehari-hari (Satchwell and Loep, 2002; Diaz and King, 2007).

Peserta didik pada PjBL-STEM akan belajar dengan empat aspek yakni sains, teknologi, teknik, dan juga matematika (Bhakti *et al.*, 2020). Adapun aspek sains dapat diperoleh dari bahan materi yang dipelajari, aspek teknologi dari produk, bahan ajar, maupun media pembelajaran yang disesuaikan dengan teknologi yang ada, aspek teknik diperoleh dari kemampuan peserta didik dalam mendesain atau merancang solusi pemecahan masalah, dan aspek matematika diperoleh dari proses dan kemampuan peserta didik dalam memperhitungkan penyelesaian masalah yang diberikan. Kegiatan-kegiatan peserta didik dengan sintak *PjBL-STEM* dideskripsikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pemetaan Langkah-langkah PjBL-STEM dengan Kegiatan Peserta Didik

No	Sintak PjBL-STEM	Kegiatan Peserta Didik	Aspek STEM
(1)	(2)	(3)	(4)
1.	<i>Reflection</i>	Peserta didik diberi masalah untuk diobservasi berdasarkan pengetahuan yang sudah diketahui dan yang perlu diketahui sehingga dapat memunculkan pertanyaan peserta didik dan merumuskan hipotesis	<p><i>1. Science</i> Analisis konsep kimia terhadap masalah yang diberikan</p> <p><i>2. Technology</i> Menggunakan media pembelajaran berupa (video dan PPT)</p>
2.	<i>Research</i>	Peserta didik mengumpulkan informasi dari berbagai sumber belajar (guru, buku, modul, internet dll) berdasarkan masalah yang diamati untuk mengembangkan pengetahuan dan menggiring peserta didik menemukan acuan dalam memecahkan masalah atau membangun konsep sebagai bahan untuk merancang proyek	<p><i>1. Science</i> Pengetahuan terkait materi kimia yang diperoleh dari berbagai sumber belajar dan berkaitan dengan konsep-konsep untuk perancangan proyek</p> <p><i>2. Technology</i> Penggunaan internet untuk memperoleh informasi</p>
3.	<i>Discovery</i>	Peserta didik berdiskusi secara berkelompok berpanduan LKPD untuk merancang sebuah proyek untuk membuat produk, menentukan alat dan bahan, serta merancang desain produk sebagai solusi dari masalah yang diberikan	<p><i>1. Science</i> Pengetahuan-pengetahuan terkait materi kimia yang digunakan untuk merancang proyek</p> <p><i>2. Technology</i> Menggunakan bantuan informasi dari internet dalam merancang desain proyek sebagai solusi permasalahan</p> <p><i>3. Engineering</i> Merancang atau mendesain proyek</p> <p><i>4. Mathematic</i> Menerapkan dan mengaitkan pengetahuan-pengetahuan yang diperoleh untuk merancang proyek</p>

Tabel 1. (Lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)
4.	<i>Application</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik membuat produk dengan menggunakan alat dan bahan berdasarkan rancangan proyek yang telah dibuat kemudian diuji coba rancangan produknya • Peserta didik melakukan eksperimen untuk uji coba produk dan mengumpulkan data untuk membuktikan hipotesis berbantuan LKPD sebagai panduan belajar. 	<p><i>1. Science</i> Pengetahuan-pengetahuan terkait materi kimia yang digunakan untuk membuat produk</p> <p><i>2. Technology</i> Menjalankan proyek yang didesain dalam membuat produk</p> <p><i>3. Engineering</i> Membuat produk berdasarkan rancangan yang telah dibuat. Menguji coba dan merevisi produk yang telah dibuat.</p> <p><i>4. Mathematic</i> Menerapkan konsep kimia pada produk, menerapkan konsep kerja produk, dan menghitung serta mengolah data-data yang diperoleh sebelum dan setelah melakukan eksperimen.</p>
5.	<i>Communication</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik mempresentasikan hasil proyek yang telah diuji coba di depan teman-teman dan guru • Peserta didik dapat saling memberi pertanyaan atau menyampaikan gagasan berdasarkan solusi pemecahan masalah yang dipresentasikan 	<p><i>1. Science</i> Pengetahuan terkait materi kimia yang dipresentasikan berdasarkan hasil eksperimen dan uji coba produk</p> <p><i>2. Engineering</i> Mengomunikasikan hasil rancangan dan hasil uji coba produk kepada guru dan siswa lain</p>

2. Keterampilan Berkolaborasi

Keterampilan berkolaborasi merupakan suatu keterampilan yang dilakukan dengan saling berinteraksi, bertukar pikiran dan pendapat, serta menghormati kontribusi masing-masing individu untuk menyelesaikan permasalahan demi mencapai tujuan bersama (Lee et al., 2015). Keterampilan berkolaborasi

bermanfaat dalam meningkatkan kerjasama pada kelompok dengan latar belakang berbeda dan dapat dijadikan sebagai bekal dalam menghadapi persaingan di era globalisasi kedepannya (Hermawan et al., 2017). Keterampilan berkolaborasi membuat siswa lebih aktif berkontribusi dalam bekerja sama dan berinteraksi pada saat pembelajaran berlangsung (Junita dan Wardani, 2020).

Keterampilan berkolaborasi siswa yang tergolong cukup rendah disebabkan karena beberapa siswa masih bergantung terhadap teman sekelompoknya saat menyelesaikan pekerjaan yang diberikan guru sehingga rasa tanggung jawabnya kurang (Sarifah dan Nurita, 2023). Keterampilan berkolaborasi merupakan keterampilan yang diperlukan setiap orang untuk mencapai tujuan bersama (Widodo dan Wardani, 2020). Siswa yang memiliki keterampilan berkolaborasi dalam berdiskusi dapat menyampaikan ide pada temannya dengan terbuka, bertukar sudut pandang, dan juga mengikuti pembelajaran dengan baik (Septikasari dan Frasandy, 2018). Keterampilan berkolaborasi bisa ditingkatkan dengan memberikan tugas secara berkelompok sehingga para peserta didik dalam proses belajarnya dapat saling bertukar ide dan menyelesaikan tugas secara efektif (Chang and Simpson, 1997).

Berdasarkan beberapa definisi keterampilan berkolaborasi yang erat kaitannya dengan proyek, Greenstein (2012) menyatakan indikator keterampilan berkolaborasi diantaranya yakni: (1) berkontribusi secara aktif, (2) bekerja secara produktif, (3) menunjukkan fleksibilitas dan kompromi, (4) mengelola proyek dengan baik, (5) menunjukkan tanggung jawab, dan (6) menunjukkan sikap menghargai. Berikut disajikan kriteria-kriteria beberapa indikator yang telah diuraikan terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria pada Beberapa Indikator Keterampilan Berkolaborasi

No	Indikator	Kriteria
1.	Berkontribusi Secara Aktif	Mengungkapkan banyak ide, saran, atau solusi dalam diskusi
2.	Bekerja Secara Produktif	a. Mengumpulkan tugas tepat waktu b. Kesesuaian hasil tugas
3.	Menunjukkan Fleksibilitas dan Kompromi	a. Bersedia menerima keputusan bersama b. Fleksibel dalam bekerja sama c. Menerima kritik dan saran
4.	Mengelola Proyek dengan Baik	a. Persiapan mengelola proyek b. Mengerjakan proyek
5.	Menunjukkan Sikap Menghargai	a. Bersikap sopan dan baik dengan orang lain b. Mendengarkan dan menghargai pendapat orang lain c. Menghargai kontribusi atau pekerjaan orang lain
6.	Menunjukkan Tanggung Jawab	Secara konsisten menghadiri pertemuan kelompok dengan tepat waktu

Sumber: Greenstein (2012)

3. Limbah Kulit Nanas

Buah nanas (*Ananas comosus L. Merr*) merupakan salah satu jenis buah yang banyak terdapat di Indonesia dan memiliki penyebaran yang merata di wilayah Indonesia (Susanti dkk., 2013). Buah nanas selain dikonsumsi sebagai buah segar, juga diolah menjadi selai, serta bahan baku industri-industri berbagai minuman dan makanan. Tidak hanya buahnya, bagian lain dari nanas yang juga bisa dimanfaatkan menjadi produk bernilai guna ialah kulit buah nanas.

Produksi nanas Indonesia hingga saat ini terus mengalami peningkatan terutama di Provinsi Lampung (Statistik, 2023). Meningkatnya produksi nanas menyebabkan limbah kulit nanas yang dihasilkan juga akan semakin meningkat di lingkungan sekitar (Susanti dkk., 2013; Tabah dan Antonius, 2010). Berikut ini merupakan data analisis proksimat limbah kulit nanas dalam Tabel 3.

Tabel 3. Analisis Proksimat Kulit Nanas berdasarkan Berat Basah

Komponen	Rata-rata berat basah (%)
Air	86,70%
Serat basah	1,66%
Karbohidrat	10,54%
Protein	0,69%
Lemak	0,02%
Abu	0,48%

Sumber: Sidartha (1989)

Berdasarkan hasil analisa di tabel atas, dapat dilihat bahwa komponen terbesar dalam kulit nanas ialah air dengan persentase 86,7 dan karbohidrat dengan persentase 10,54. Karbohidrat dikelompokkan menjadi tiga jenis yakni monosakarida (glukosa dan fruktosa), disakarida (sukrosa, maltosa, dan laktosa) dan polisakarida (amilum, glikogen, dan selulosa). Filtrat kulit nanas mengandung gula reduksi cukup tinggi yakni 11,40% yang memungkinkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan *nata de pina* dengan melalui proses fermentasi filtrat (Hamad dkk, 2017). *Nata de pina* merupakan makanan menyehatkan untuk dikonsumsi karena mengandung *fiber*. Kulit nanas dengan kandungannya tersebut memiliki manfaat yang belum banyak diketahui oleh banyak orang. Apabila dimanfaatkan dan diolah secara optimal, limbah kulit nanas di lingkungan dapat bermanfaat bagi masyarakat dari segi ekonomis dan kenyamanan lingkungan sekitar.

4. *Nata de Pina*

Nata merupakan lapisan polisakarida ekstraseluler (selulosa) yang dibentuk oleh mikroba pembentuk kapsul melalui proses fermentasi secara aerob (Iguchi *et al.*, 2000). Nata memiliki tekstur padat kenyal, berwarna putih transparan, dan terapung pada permukaan cairan. Nata dapat dibuat dari substrat buah nanas lebih tepatnya pada bagian kulit nanas dan dikenal dengan *nata de pina*. Kulit buah nanas memiliki potensi sebagai biomassa untuk substrat *nata de pina* (Sutanto, 2012). Melalui olahan yang tepat, *nata de pina* dapat bermanfaat bagi tubuh karena mengandung *fiber* atau berserat (Priyanto, 2011), dan dapat dijadikan sebagai makanan penyegar atau pencuci mulut yang dikonsumsi sebagai makanan ringan.

B. Penelitian yang Relevan

Beberapa peneliti berdasarkan hasil eksplorasi telah melakukan penelitian yang relevan dengan penelitian ini. Berikut ini merupakan beberapa penelitian beserta hasil penelitian yang relevan dengan penelitian ini disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Penelitian yang Relevan

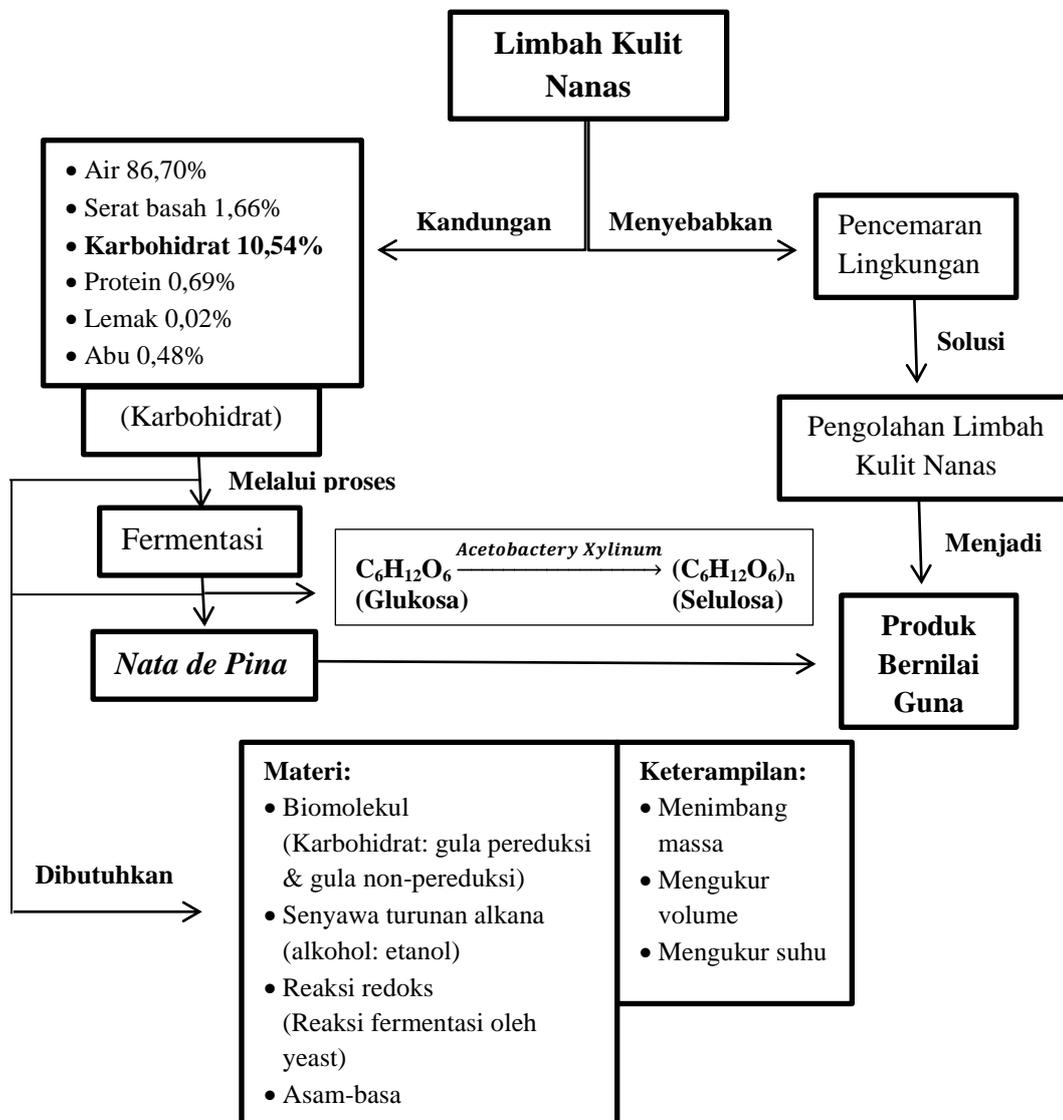
No	Nama/Tahun/ Jurnal	Judul	Hasil Penelitian
(1)	(2)	(3)	(4)
1.	Sari, K.A., Zuhdan, K., Prasetyo, & Setiyo, W./2017/ Jurnal TPACK-IPA	Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik IPA Berbasis Model <i>Project- Based Learning</i> untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi	LKPD IPA dengan berbasis <i>Project-Based Learning</i> layak untuk meningkatkan keterampilan berkolaborasi dan berkomunikasi peserta didik kelas VII.
2.	Dwita T, Yustinus U.A, Saiful R. /2020/ <i>Journal of Innovative Science Education</i>	<i>Effectiveness of Environmental Change Learning Tools Based on STEM-PjBL Towards 4C Skills of Students</i>	Perangkat pembelajaran berbasis STEM-PjBL pada topik perubahan lingkungan efektif terhadap peningkatan keterampilan 4C (<i>Critical thinking, Creativity, Collaborative, and Communication</i>).
3.	D Muliwati, F Prastiawan, & M Mutoharoh/202 3/ <i>Journal of Physics: Conference Series</i>	<i>Development of STEM Project-Based Learning Student Worksheet for Physics Learning on Renewable Energy Topic</i>	Media ajar berbasis STEM-PjBL tepat digunakan untuk memahami topik energi terbarukan melalui kegiatan berbasis proyek yang memanfaatkan teknologi yang ada.
4.	Derya,B., Yasar, O., & Hasan, K./2017/ <i>Research in Science & Technological Education</i>	<i>Collaborative Project- Based Learning: an Integrative Science and Technological Education Project</i>	Pembelajaran PjBL efisien dalam meningkatkan teknologi canggih siswa dan keterampilan berkolaborasi siswa.
5.	Rahmawati, Fadiawati, & Diawati/2019/ <i>Journal of Chemistry Education and Learning</i>	Analisis Keterampilan Berkolaborasi Siswa SMA pada Pembelajaran Berbasis Proyek Daur Ulang Minyak Jelantah	Pembelajaran PjBL meningkatkan sikap kewirausahaan dan keterampilan berkolaborasi siswa SMA dengan proyek daur ulang minyak jelantah.

Tabel 4. (Lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)
6.	Wachidah H, Hadi S, Frida K.S./2023/Jurnal Biologi dan Pembelajarannya	<i>Effectiveness of PBL STEM to Improve Problem Solving Skills</i>	Model pembelajaran PBL-STEM berpengaruh terhadap kemampuan pemecahan masalah siswa. Pemahaman integrasi STEM dalam PBL dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa.
7.	Melania S.A., I Wayan D., Viyanti/2022/ <i>Physics Education Research Journal</i>	<i>The Effect of E-LKPD Assisted PjBL-STEM Learning Model on Scientific Reasoning Ability and Argumentation Performance of Class XII Science Students in Renewable Energy Materials</i>	Penerapan model pembelajaran PjBL-STEM berbantuan e-LKPD memiliki pengaruh terhadap peningkatan kinerja argumentasi siswa dan penalaran ilmiah siswa.
8.	Cevik M. /2018/ <i>Journal of Education and Instruction</i>	<i>Impacts of the Project Based (PBL) Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Education on Academic Achievement and Career Interest of Vocational High School Students</i>	Pembelajaran STEM-PjBL berdampak positif terhadap prestasi akademik siswa dalam meningkatkan motivasi belajar siswa dan juga meningkatkan kemauan siswa dalam berkarir di dunia kerja.
9.	Bhakti et al./2020/ <i>Journal of Physics</i>	<i>Integrated STEM Project Based Learning Implementation to Improve Student Science Process Skills</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi <i>Project-Based Learning -STEM</i> meningkatkan keterampilan proses sains siswa dan mendapatkan respon positif.
10.	Kurniasih, Titin/2022/Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika	<i>Implementation of Electronic Students Worksheets with the Project-Based Learning (PjBL) model to Improve Motivation and Learning Outcomes</i>	Penerapan LKPD elektronik dengan PjBL berbasis kimia dan fisika dalam pembelajaran online dapat meningkatkan hasil belajar dan motivasi belajar siswa.
11.	Afridhonal & Effendi/2021/Jurnal Entalpi Pendidikan Kimia	Pengembangan Bahan Ajar Elektronik LKPD terintegrasi STEM-PjBL Materi Termokimia di SMAN 1 Gunung Talang	Hasil penelitian menunjukkan bahwa elektronik LKPD yang terintegrasi STEM-PjBL pada materi termokimia praktis untuk guru.

C. Kerangka Pemecahan Masalah dalam Pengolahan Limbah Kulit Nanas

Pemecahan masalah memiliki definisi sebagai cara berpikir dalam upaya menemukan masalah dan memecahkannya berdasarkan informasi yang dikumpulkan dari beberapa sumber dan dapat diambil kesimpulan yang tepat dari masalah yang ada (Hamalik, 2008). Permasalahan dapat difokuskan secara deskriptif kualitatif dalam bentuk gambar, peta, atau kata-kata yang membantu siswa menemukan pokok permasalahannya (Mitha, 2023). Peta pemecahan masalah pada Gambar 1. mencakup sumber masalah, konsep-konsep pengetahuan terkait masalah, akibat yang ditimbulkan oleh masalah, dan alternatif solusi untuk memecahkan masalah tersebut. Berikut ini merupakan peta pemecahan masalah dari limbah kulit nanas.



Gambar 1. Kerangka Pemecahan Masalah

D. Kerangka Pemikiran

Pembelajaran kimia dengan model *project-based learning* (PjBL)-STEM menurut Laboy-Rush (2011), memiliki lima tahapan yakni *reflection*, *research*, *discovery*, *application*, dan *comunication* yang dapat menunjang keterampilan berkolaborasi siswa saat belajar. Tahapan awal pada PjBL-STEM ialah peserta didik dibagi menjadi kelompok kecil belajar, dan diberikan wacana terkait permasalahan limbah kulit nanas. Permasalahan yang terdapat dalam wacana kemudian diobservasi oleh setiap peserta didik berdasarkan pengetahuan yang sudah diketahui dan yang perlu diketahui sehingga akan timbul pertanyaan darinya, dan diharapkan antara peserta didik akan saling menghargai setiap pertanyaan yang diajukan.

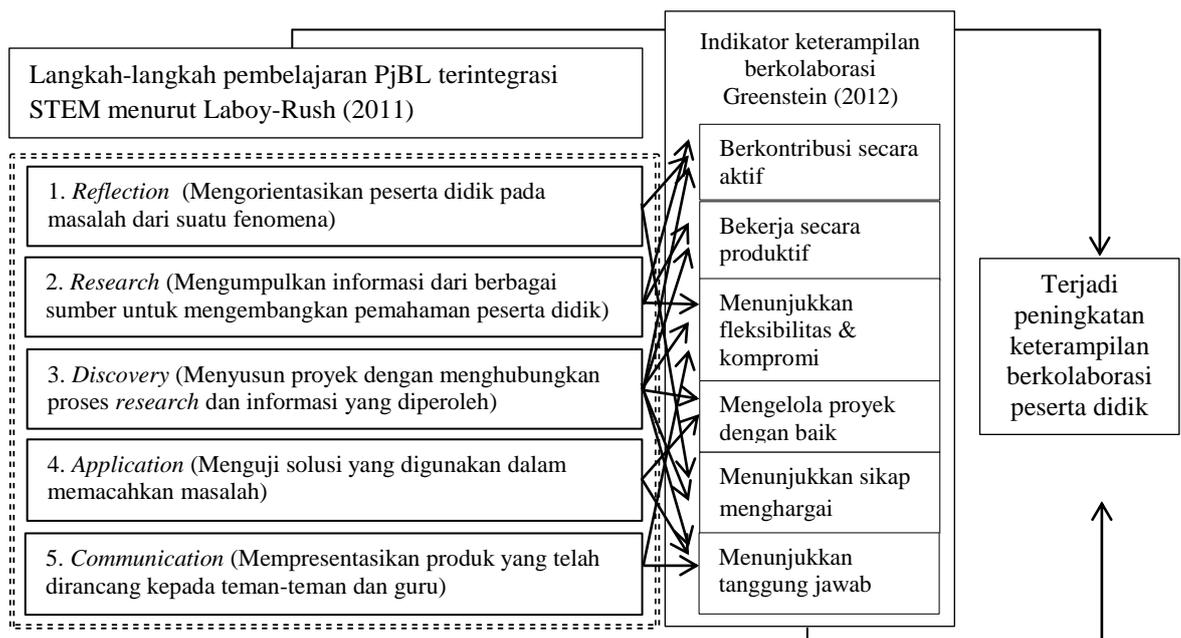
Selanjutnya setelah diperoleh pertanyaan dan rumusan masalah, peserta didik mencari informasi dari berbagai sumber belajar yang tersedia. Peserta didik mengumpulkan informasi terkait penyelesaian masalah yang ada dengan arahan guru untuk menggiring peserta didik menemukan acuan dalam memecahkan masalah sebagai bahan dasar untuk merancang proyek. Pada tahap ini diharapkan peserta didik dalam kelompoknya akan saling berkontribusi aktif, produktif serta saling berkompromi dalam mengumpulkan informasi untuk menyusun proyek sebagai solusi dari masalah yang ada.

Tahapan merancang proyek dilakukan peserta didik dengan berdiskusi secara berkelompok berpanduan LKPD yang diberikan oleh guru. Pada tahap ini peserta didik merancang sebuah proyek untuk membuat produk serta menentukan alat dan bahan sebagai solusi dari masalah yang diberikan. Peserta didik kemudian membuat produk dengan menggunakan alat dan bahan berdasarkan rancangan proyek yang telah dibuat dan melakukan uji coba proyek dalam menghasilkan produk. Pada tahap ini peserta didik diharapkan akan saling bekerja sama dalam mengelola proyek dengan baik, saling menghargai kinerja satu sama lain dan aktif dalam memberikan kontribusinya selama kegiatan tersebut berlangsung.

Tahapan akhir setelah dihasilkan produk, peserta didik mempresentasikan hasil proyek yang telah diuji coba di depan teman-teman dan guru. Pada tahap ini pe-

serta didik dilatih untuk dapat saling berdiskusi dengan memberi pertanyaan, tanggapan atau menyampaikan gagasan berdasarkan pemahaman dan pengetahuan yang dimilikinya. Diharapkan dalam tahapan ini para peserta didik dapat saling bertanggung jawab atas hasil proyek yang dipresentasikan, dan saling menunjukkan fleksibilitas serta saling berkompromi saat diskusi berlangsung.

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah diuraikan di atas, diharapkan dengan diterapkannya pembelajaran kimia berbasis PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas dapat meningkatkan keterampilan berkolaborasi yang dimiliki oleh setiap peserta didik. Adapun pemetaan langkah-langkah pembelajaran kimia dengan PjBL-STEM pemanfaatan limbah kulit nanas dengan keterampilan berkolaborasi ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pemetaan Langkah-langkah PjBL-STEM dengan Keterampilan Berkolaborasi

III. METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan *weak experimental research* dengan desain penelitian *the one-shot case study* yang disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Desain Penelitian The One-Shot Case Study Group

X <i>Treatment</i>	O <i>Observation</i> <i>(Dependent variable)</i>
-------------------------	--

(Fraenkel and Wallen, 2012)

Keterangan:

X : Perlakuan berupa penerapan STEM-*Project-Based Learning* pengolahan limbah kulit nanas menghasilkan bioenergi

O : Pengamatan (pengukuran) keterampilan berkolaborasi yang diberikan

B. Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dalam penelitian ini merupakan seluruh siswa kelas XI-1 SMA Negeri 14 Bandar Lampung tahun pelajaran 2024/2025. Kelas XI yang memilih mata pelajaran Kimia di SMA Negeri 14 Bandar Lampung terdiri dari 3 kelas yakni kelas XI-1, XI-2, dan XI-3 dengan jumlah siswa laki-laki dan perempuan 104 orang.

Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *purposive sampling*, dimana kelas yang akan dijadikan sampel dipilih berdasarkan pertimbangan tertentu. Pertimbangan pengambilan sampel pada penelitian ini dibantu oleh informasi yang didapat dari guru mata pelajaran kimia SMA Negeri 14 Bandar Lampung pada saat observasi lapangan. Berdasarkan informasi yang diperoleh, kelas yang lebih

kondusif digunakan sebagai pertimbangan dalam menentukan sampel penelitian. Kelas yang akan digunakan sebagai sampel pada penelitian ini ialah kelas XI-1 sebagai kelas eksperimen.

C. Jenis dan Sumber Data Penelitian

Jenis data dalam penelitian adalah data utama dan data pendukung. Data utama pada penelitian ini adalah data keterampilan berkolaborasi siswa, dan data pendukung dalam penelitian ini adalah data kinerja produk berpikir siswa, data kinerja produk olahan limbah kulit nanas, data respon siswa, dan data keterlaksanaan pembelajaran kimia di kelas. Sumber data dalam penelitian ini yakni siswa kelas XI-1 SMA Negeri 14 Bandar Lampung tahun pembelajaran 2024/2025 yang merupakan sampel pada penelitian ini.

D. Variabel Penelitian

Penelitian ini terdiri dari variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah model *Project-Based Learning* (PjBL)-STEM. Variabel terikat pada penelitian ini ialah keterampilan berkolaborasi siswa dengan variabel kontrolnya yakni materi yang dipelajari dan guru yang mengajar di kelas.

E. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini melalui langkah-langkah yang diuraikan di bawah ini.

1. Observasi pendahuluan

Observasi pendahuluan dilakukan dengan observasi lapangan langsung ke SMA Negeri 14 Bandar Lampung bertujuan mendapatkan informasi mengenai kurikulum dan metode pembelajaran yang digunakan, karakteristik siswa, jadwal serta kelengkapan alat dan bahan laboratorium sekolah. Informasi yang diperoleh kemudian digunakan untuk menentukan sampel pada penelitian ini.

2. Penyusunan instrumen

Penyusunan instrumen dalam penelitian ini meliputi penyusunan asesmen kinerja proses keterampilan berkolaborasi siswa, penyusunan instrumen asesmen kinerja produk berpikir siswa (LKPD PjBL-STEM) dan asesmen kinerja produk produk olahan limbah kulit nanas, angket respon siswa, dan lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran PjBL-STEM di kelas.

3. Pengambilan data

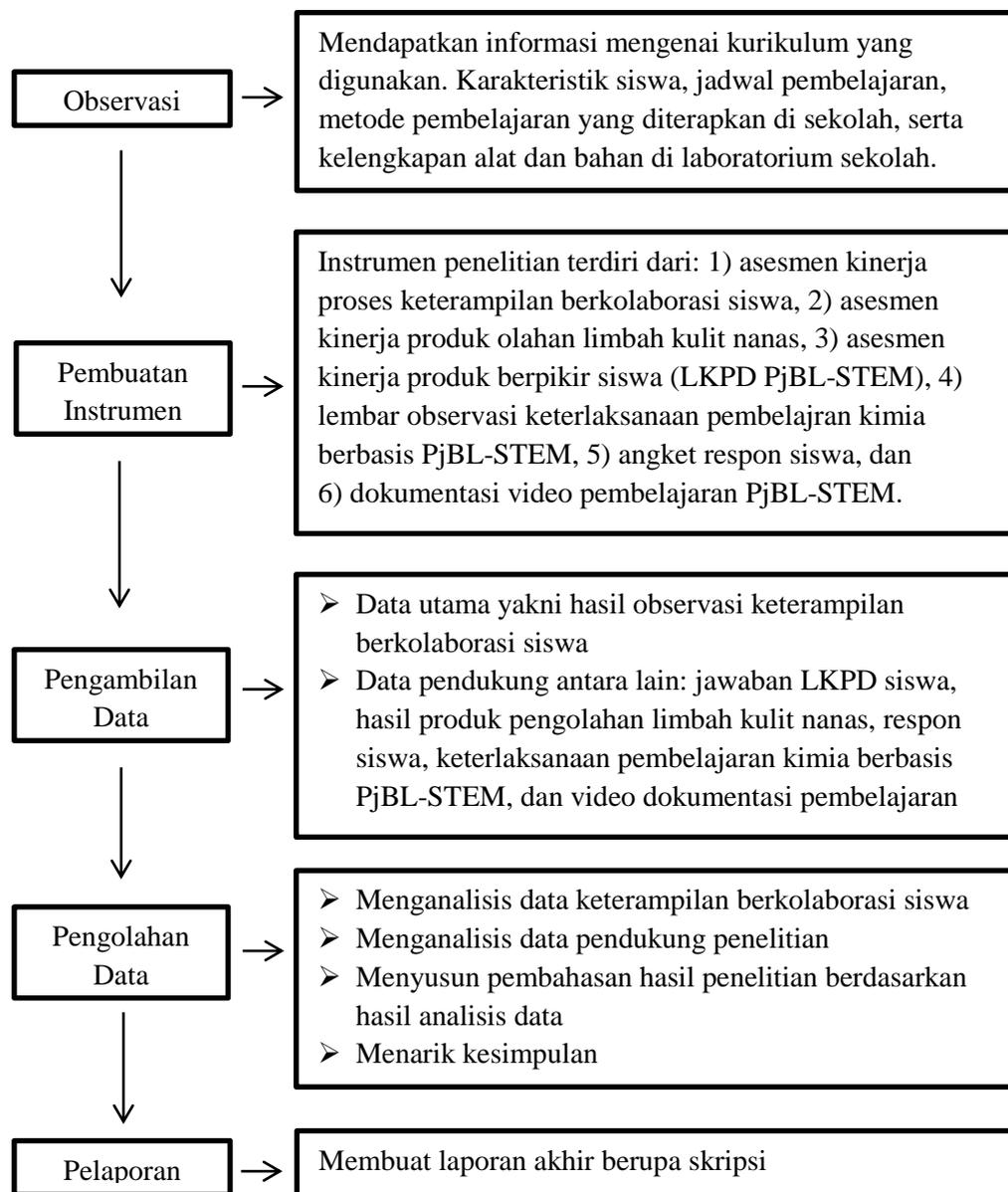
Tahap pengambilan data dilakukan pada saat proses PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas berlangsung dengan sekaligus melakukan pengisian data keterlaksanaan kepada subjek penelitian.

4. Pengolahan data

Pada tahap pengolahan data, dilakukan analisis data berupa hasil pengamatan aktivitas siswa untuk memperoleh informasi mengenai keterampilan berkolaborasi, melakukan pembahasan terhadap data hasil penelitian, dan menarik kesimpulan.

5. Pelaporan

Tahap pelaporan dilakukan dengan membuat laporan penelitian berupa skripsi. Laporan yang dibuat berisi mengenai hasil penelitian secara tertulis. Tahap pelaporan merupakan tahap akhir dalam sebuah proses penelitian. Prosedur penelitian tersebut digambarkan dalam bentuk bagan yang disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagan Prosedur Penelitian

F. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1) Instrumen asesmen kinerja proses keterampilan berkolaborasi siswa

Instrumen asesmen kinerja proses keterampilan berkolaborasi digunakan untuk mengukur keterampilan berkolaborasi siswa dan diisi oleh tiga orang observer selama proses PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas berlangsung. Lembar observasi keterampilan berkolaborasi siswa terdiri dari beberapa task yang disesuaikan dengan 6 indikator keterampilan berkolaborasi menurut Greenstein (2012). Lembar observasi diisi dengan didasarkan gradasi penilaian mutu kinerja tertinggi diberi skor 3 dan terendah diberi skor 1.

2) Instrumen asesmen kinerja produk olahan limbah kulit nanas

Instrumen asesmen kinerja produk olahan limbah kulit nanas digunakan untuk mengukur tingkat keberhasilan produk olahan limbah kulit nanas yang dihasilkan oleh seluruh kelompok. Instrumen ini diisi oleh guru dengan berdasarkan rubrik penskoran yang di dalamnya terdiri dari indikator produk yang dihasilkan berdasarkan task tekstur, aroma, dan warna produk. Instrumen ini dinilai dengan tingkat gradasi penilaian mutu produk tertinggi diberi skor 8 dan terendah diberi skor 6 (Wulan, 2020).

3) Instrumen asesmen kinerja produk berpikir siswa

Instrumen asesmen kinerja produk berpikir siswa berupa LKPD PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas digunakan untuk mengukur kinerja produk berpikir siswa selama proses pembelajaran. Instrumen ini terdiri dari sejumlah pertanyaan dan tugas yang disesuaikan dengan 6 langkah PjBL-STEM menurut Laboy-Rush (2011), dan diisi oleh seluruh siswa pada bagian isian. Instrumen asesmen kinerja produk berpikir siswa dinilai berdasarkan rubrik penskoran dengan gradasi penskoran skor tertinggi 3 dan skor terendah 1.

4) Instrumen angket respon siswa

Instrumen angket respon siswa menggunakan angket tertutup dengan pernyataan positif yang diisi oleh siswa dengan cara memberikan *checklist* (√) pada setiap kategori penskoran yang hendak dipilih. Angket respon siswa terdiri dari lima

pernyataan dan bertujuan untuk mengukur persepsi siswa terhadap PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas yang telah diikutinya. Angket respon siswa pada penelitian ini menggunakan skala *likert* dengan pengkategorian sangat setuju (SS) diberi skor 5, setuju (S) diberi skor 4, cukup setuju (CS) diberi skor 3, tidak setuju (TS) diberi skor 2, dan sangat tidak setuju (STS) diberi skor 1 (Sugiono, 2018).

5) Instrumen lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran kimia

Instrumen lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran kimia digunakan untuk menilai keterlaksanaan pembelajaran kimia berbasis PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas. Lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran yang digunakan merupakan angket tertutup berjumlah tujuh aspek penilaian yang diisi oleh responden dengan memberikan tanda *checklist* (\checkmark) pada kategori penskoran setiap item yang akan dipilih. Kategori penskoran yang dipilih menggunakan skala *likert* dengan skor tertinggi 4 berkategori sangat setuju (SS), dan skor terendah 1 berkategori sangat tidak setuju (STS).

6) Instrumen dokumentasi video pembelajaran PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas

Dokumentasi video pembelajaran dilakukan selama para siswa melakukan proses pembelajaran kimia berbasis PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas di luar kelas. Hasil dokumentasi pembelajaran akan digunakan sebagai salah satu data pendukung pada penelitian ini.

G. Validitas Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini diuji terlebih dahulu menggunakan uji validitas isi. Pengujian validitas isi instrumen diuji dengan metode *judgement*. Dalam hal ini pengujian dilakukan dengan menganalisis kesesuaian indikator keterampilan berkolaborasi dengan aspek yang diukur. Ketika unsur-unsur tersebut terdapat kesesuaian maka instrumen dianggap valid dan dapat digunakan untuk mengumpulkan data sesuai kepentingan penelitian yang bersangkutan. Dalam mekanisme kerjanya, metode *judgement* memerlukan ketelitian dan

keahlian penilai. Sehingga, validasi instrumen dilakukan dengan cara meminta bantuan dosen pembimbing peneliti untuk mengujinya.

H. Teknik Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan terhadap data utama dan data pendukung.

1. Analisis data utama

Data utama dalam penelitian ini ialah data hasil observasi keterampilan berkolaborasi siswa selama proses pembelajaran PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas. Analisis data dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- a. memberikan skor untuk setiap *task* keterampilan berkolaborasi pada setiap siswa
- b. menjumlahkan skor yang diperoleh oleh setiap siswa pada setiap *task* keterampilan berkolaborasi
- c. menentukan persentase rata-rata (\bar{x}) dari skor yang didapat pada setiap *task* keterampilan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\% \bar{x} \text{ skor setiap task} = \frac{\Sigma \text{ skor seluruh siswa setiap task}}{\Sigma \text{ skor maksimal setiap task}} \times 100\%$$

Persentase rata-rata skor setiap *task* kemudian akan digunakan untuk mencari persentase rata-rata skor keterampilan, dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \bar{x} \text{ skor keterampilan} = \frac{\Sigma \% \text{ rata-rata skor seluruh task}}{\text{jumlah task}}$$

Hasil persentase rata-rata skor keterampilan berkolaborasi siswa kemudian diinterpretasikan ke pedoman konversi interval kategori persentase menurut Widoyoko (2014) seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Pedoman konversi interval persentase menjadi kategori

No.	Persentase (%)	Kategori
1.	$80 < X \leq 100$	Sangat Baik
2.	$60 < X \leq 80$	Baik
3.	$40 < X \leq 60$	Cukup
4.	$20 < X \leq 40$	Kurang Baik
5.	$0 < X \leq 20$	Sangat Kurang

2. Analisis data pendukung

Data pendukung yang dianalisis pada penelitian ini yaitu data asesmen kinerja produk olahan limbah kulit nanas, data angket respon siswa, dan data lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran kimia berbasis PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas.

a. Analisis data asesmen kinerja produk

Asesmen kinerja produk pengolahan limbah kulit nanas diukur dengan memberikan skor pada setiap task produk *nata de pina* yang dihasilkan (tekstur, warna, aroma) oleh setiap kelompok. Penilaian kinerja produk olahan limbah kulit nanas dilakukan dengan berdasarkan rubrik lembar kinerja produk.

Kemudian, skor yang diperoleh seluruh kelompok digunakan untuk menghitung rata-rata skor kinerja produk olahan limbah kulit nanas dan mendeskripsikan hasil kinerja produk olahan limbah kulit nanas setiap kelompok secara keseluruhan.

Asesmen kinerja produk berpikir siswa dianalisis dengan berdasarkan rubrik penskoran yang terdapat dalam lampiran. Analisis dilakukan dengan menghitung skor yang diperoleh pada setiap tahapan PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas kemudian menjumlahkan skor siswa pada seluruh tahapan.

b. Analisis data respon siswa

Instrumen angket respon siswa terhadap pembelajaran PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas dianalisis dengan langkah sebagai berikut:

1) menghitung jumlah skor item setiap pernyataan lalu menghitung persentase skor setiap item dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ skor setiap item} = \frac{\Sigma \text{ skor respon siswa pada setiap item}}{\text{skor maksimal item} \times n} \times 100\%$$

Keterangan:

n : banyaknya siswa dalam satu kelas

2) selanjutnya menghitung persentase rata-rata dari seluruh skor respon siswa

$$\% \bar{x} \text{ seluruh item} = \frac{\Sigma \% \text{ skor seluruh item}}{\text{jumlah item}}$$

3) kemudian hasil perhitungan persentase rata-rata diinterpretasikan ke dalam kriteria menurut Sugiono (2019) yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Kriteria Penskoran Respon Siswa

Interval rata-rata skor %	Kategori
81,25% - 100%	Sangat Baik
62,25% - 81,25%	Baik
43,75% - 62,5%	Kurang Baik
25% - 43,75%	Tidak Baik

c. Analisis data keterlaksanaan pembelajaran

Analisis data keterlaksanaan kegiatan pembelajaran PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

1) menghitung jumlah skor yang diberikan oleh pengamat untuk setiap aspek pengamatan, kemudian dihitung persentase ketercapaian dengan rumus sebagai berikut:

$$\%J_i = \frac{\Sigma J_i}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

$\%J_i$: persentase ketercapaian dari skor ideal untuk setiap aspek pengamatan pada pertemuan ke-i

ΣJ_i : jumlah skor setiap aspek pengamatan yang diberikan oleh pengamat pada pertemuan ke-i

N : skor maksimal (Sudjana, 2005)

2) menghitung rata-rata ketercapaian untuk setiap aspek pengamatan

3) menafsirkan data keterlaksanaan PjBL-STEM berdasarkan harga persentase ketercapaian pelaksanaan pembelajaran menurut Arikunto (2002) seperti pada Tabel 8.

Tabel 8. Kriteria Tingkat Ketercapaian Pelaksanaan Pembelajaran

Persentase (%)	Kriteria
80,1% – 100%	Sangat Tinggi
60,1% – 80%	Tinggi
40,1% – 60%	Sedang
20,1% – 40%	Rendah
0,0% – 20%	Sangat Rendah

(Arikunto, 2002)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka diperoleh kesimpulan bahwa model PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas efektif dalam meningkatkan keterampilan berkolaborasi siswa. Hal ini berdasarkan perolehan persentase nilai rata-rata keterampilan berkolaborasi siswa yang didapat sebesar 80,56% berkategori sangat baik dan kelima dari enam indikator keterampilan berkolaborasi mengalami peningkatan pada setiap tahapan pembelajaran. Selain itu keefektifan PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas dalam meningkatkan keterampilan berkolaborasi juga didukung dengan data respon keseluruhan siswa yang didapatkan berkategori sangat baik dan tingkat keterlaksanaan pembelajaran mendapatkan kriteria keterlaksanaan tinggi dan sangat tinggi. Kemudian, rata-rata skor penilaian kinerja produk keseluruhan kelompok diperoleh sebesar 7,01 dari skor maksimal 8 menunjukkan keseluruhan produk *nata de pina* yang dihasilkan oleh setiap kelompok pada penelitian ini berkategori baik.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan penulis adalah:

1. Model PjBL-STEM sebaiknya dapat diterapkan minimal satu kali per semester dalam pembelajaran kimia, karena model ini terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan berkolaborasi siswa.
2. Bagi calon peneliti lain yang ingin melakukan penelitian dengan penerapan model PjBL-STEM, sebaiknya dapat melakukan manajemen waktu dan proses dengan baik agar pelaksanaan PjBL-STEM dapat lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriana, J. 2015. Project based learning (PjBL). Makalah untuk Tugas Mata Kuliah Pembelajaran IPA Terpadu. Program Studi Pendidikan IPA Sekolah Pascasarjana. Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung.
- Afridhonal, A., & Effendi, E. 2021. Developing LKPD electronic teaching materials that are integrated with STEM-PjBL on thermochemical material at SMAN 1 Gunung Talang. *EnthalpyChemical Education*, 2 (2), 1 7-25.
- Ahwan, M. T. R., & Basuki, S. 2023. Meningkatkan keterampilan kolaborasi siswa melalui aktivitas kebugaran jasmani menggunakan model Project-Based Learning (PjBL) SMA Negeri 3 Banjarbaru. *Jurnal Pendidikan Kesehatan Rekreasi*, 9(1), 106-119.
- Aini, M. 2020. Development of the ilc3 Learning Model (Identify, Literature Review, Construct, Create and Communicate) to Improve Students' 21st Century Skills in Biotechnology Subjects (*Doctoral dissertation*).
- Anggelita, DM, Mustaji, M., & Mariono, A. 2020. The influence of collaboration skills on the problem solving ability of Vocational School Students. *Educate: Journal of Educational Technology* , 5 (2), 21-30.
- Anwari, I., Yamada, S., Unno, M., Saito, T., Suwarma, I., Mutakinati, L., & Kumano, Y. 2015. Implementation of authentic learning and assessment through STEM education approach to improve students' metacognitive skills. *K-12 STEM Education*, 1(3), 123-136.
- Apriono, D. 2013. Collaborative learning: A foundation for building togetherness and skills. *Diclus*, 17 (1).
- Arikunto, S. 2002. *Metodologi Penelitian*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Asmuniv, A. 2015. Pendekatan terpadu pendidikan STEM dalam upaya mempersiapkan sumber daya manusia Indonesia yang memiliki pengetahuan pengetahuan interdisipliner untuk menyongsong kebutuhan bidang karir pekerjaan masyarakat ekonomi ASEAN (MEA). *Pusat Pengembangan Dan Pemberdayaan Pendidik Dan Tenaga Kependidikan Bidang Otomotif Dan Elektronika Malang*.
- 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), 810-821.

- Baran, M., Karakoyun, F., & Maskan, A. 2021. The influence of project-based STEM (PjBL-STEM) applications on the development of 21st century skills. *Journal of Turkish Science Education*, 18(4), 798-815.
- Baser, D., Ozden, M. Y., & Karaarslan, H. 2017. Collaborative project-based learning: An integrative science and technological education project. *Research in Science & Technological Education*, 35(2), 131-148.
- Bhakti, Y. B., Astuti, I. A. D., Okyranida, I. Y., Asih, D. A. S., Marhento, G., Leonard, L., & Yusro, A. C. 2020. Integrated STEM project based learning implementation to improve student science process skills. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1464, No. 1, p. 012016). IOP Publishing.
- Chang, Ernest, & Don, S. 1997. The circle of learning: Individual and group processes. *Education Policy Analysis Archives* 5 (7): 1–21.
- Chu, S. K. W., Reynolds, R. B., Tavares, N. J., Notari, M., & Lee, C. W. Y. 2021. 21st century skills development through inquiry-based learning from theory to practice. *Springer International Publishing*.
- Cotabish, A., Dailey, D., Robinson, A., & Hughes, G. 2013. The effects of a STEM intervention on elementary students' science knowledge and skills. *School Science and Mathematics*, 113(5), 215-226.
- Diawati, C., Liliyasi, L., Setiabudi, A., & Buchari, B. 2017. Students' construction of a simple steam distillation apparatus and development of creative thinking skills: A project-based learning. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1848, No. 1). AIP Publishing.
- Diaz, D., & King, P. 2007. Adapting a post secondary STEM instructional model to K5 mathematics instruction. In *2007 Annual Conference & Exposition* (pp. 12-175).
- Dimmitt, N. 2017. The power of project based learning: Experiential education to develop critical thinking skills for university students. In *CBU International Conference Proceedings* (Vol. 5, pp. 575-579).
- Efendi, D., Sumarmi, S., & Utomo, D. H. 2020. The effect of PjBL plus 4Cs learning model on critical thinking skills. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8(4), 1509-1521.
- Firman, H. 2015. Pendidikan sains berbasis STEM: Konsep, pengembangan, dan peranan riset pascasarjana. Disampaikan pada Seminar Nasional Pendidikan IPA dan PLKH Universitas Pakuan, Agustus.
- Fortus, D., Krajcik, J., Dersheimer, R. C., Marx, R. W., & Mamlok-Naaman, R. 2005. Design-based science and real-world problem-solving. *International Journal of Science Education*, 27(7), 855-879.

- Fraenkel, J.C., & Wallen, N.E. 2012. *How to Design and Evaluate Research in Education*. New York: McGraw-Hill, inc.
- Gaspersz, M. M., & Fitrihidajati, H. 2022. Pemanfaatan ekoenzim berbahan limbah kulit jeruk dan kulit nanas sebagai agen remediasi LAS detergen. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 11(3), 503-513
- Greenstein, L. 2012. *Assessing 21st Century Skill: A Guide to Evaluating Mastery and Authentic Learning*. California: Corwin.
- Hamalik, O. 2004. *Proses Belajar Mengajar*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Han, S., Capraro, R., & Capraro, M. M. 2015. How science, technology, engineering, and mathematics (STEM) project-based learning (PBL) affects high, middle, and low achievers differently: The impact of student factors on achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13, 1089-1113.
- Hasnelly, S. Dewi. 1997. Mempelajari pengaruh penambahan konsentrasi *sacharomyces cereviceae* dan ammonium fosfat pada pembuatan nata kulit nanas.
- Hermawan, H., Siahaan, P., Suhendi, E., Kaniawati, I., Samsudin, A., Setyadin, A. H., & Hidayat, S. R. 2017. Desain instrumen rubrik kemampuan berkolaborasi siswa SMP dalam materi pemantulan cahaya. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan Fisika*, 3(2), 167–174.
- Herro, D., & Quigley, C. 2016. Exploring teachers' perceptions of STEAM teaching through professional development: implications for teacher educators. *Professional Development in Education*. 43(3), 416-438.
- Ijirana, I., Aminah, S., Supriadi, S., & Magfirah, M. 2022. Critical thinking skills of chemistry education students in team project-based STEM-metacognitive skills learning during the Covid19 pandemic. *JOTSE*, 12(2), 397-409.
- Jauhariyyah, F. R. A., Suwono, H., & Ibrohim, I. 2017. Science, technology, engineering and mathematics project based learning (STEM-PjBL) pada pembelajaran sains. In *Seminar Nasional Pendidikan IPA 2017* (Vol. 2).
- Junita, J., & Wardani, K. W. 2020. Efektivitas model pembelajaran stad dan circ terhadap peningkatan keterampilan kolaborasi siswa kelas V SD gugus joko tingkir pada mata pelajaran tematik. *JPDI (Jurnal Pendidikan Dasar Indonesia)*, 5(1), 11-17.
- Khoiri, N., Ristanto, S., & Kurniawan, A. F. 2023. Project-based learning via traditional game in physics learning: Its impact on critical thinking, creative thinking, and collaborative skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 12(2), 286-292.

- Kurniawan, H. 2020. Pembelajaran Era 4.0: Integrasi penguatan pendidikan karakter, keterampilan abad 21, HOTS, dan literasi dalam perspektif merdeka belajar.
- Laboy, R. D. 2011. Integrated STEM education through project-based learning. *Learning. com*, 12(4).
- Lee, Y., Capraro, R. M., & Bicer, A. 2019. Affective mathematics engagement: A comparison of STEM PBL versus non-STEM PBL instruction. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 19, 270-289.
- Lee, D., Huh, Y., & Reigeluth, C. M. 2015. Collaboration, intragroup conflict, and social skills in project-based learning. *Instructional Science*, 43(5), 561–590.
- Lestari, D.A.B, Astuti, B., & Darsono, T. 2018. Implementation of worksheets with a STEM (science, technology, engineering, and mathematics) approach to improve students' critical thinking skills. *Journal of physics and technology education* , 4 (2), 202-207.
- Maass, K., Geiger, V., Ariza, M. R., & Goos, M. 2019. The Role of Mathematics in interdisciplinary STEM education. *ZDM - Mathematics Education*, 51(6).
- Mamahit, J. A., Aloysius, D. C., & Suwono, H. 2020. Efektivitas model project-based learning terintegrasi STEM (PjBL-STEM) terhadap keterampilan berpikir kreatif siswa kelas X. *Doctoral dissertation, State University of Malang*.
- Marita, B., Jamaluddin, J., & Rasmi, D. A. C. 2023. Hubungan Kemampuan Kolaborasi dan Hasil Belajar Biologi Peserta Didik SMAN di Kota Mataram. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikkan*. 8(3), 1850-1858.
- Marsitin, R., & Sesanti, N. R. 2021. Pengembangan e-modul statistika matematika berbasis STEM. *JMPM: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 6(2), 129-140.
- Mawaddah, R., Triwoelandari, R., & Irfani, F. 2022. Kelayakan LKS pembelajaran IPA berbasis STEM untuk meningkatkan keterampilan kolaborasi siswa SD/MI. *Jurnal Cakrawala Pendas*, 8(1), 1-14.
- Mcgunagle, D., & Zizka, L. 2020. Employability skills for 21st-century STEM students: the employers' perspective. *Higher education, skills and work-based learning*, 10(3), 591-606.
- Mendikbudristek. 2022. Keputusan kepala BSKAP nomor 033 tahun 2022 tentang perubahan atas keputusan kepala badan standar, kurikulum, dan asesmen pendidikan kementerian pendidikan, kebudayaan, riset dan teknologi nomor 008/ H/ KR/ 2022 tentang capaian pembelajaran pada

pendidikan anak usia dini, jenjang pendidikan dasar, dan jenjang pendidikan menengah pada kurikulum merdeka. Jakarta.

- Mitha, U.E. 2023. Efektivitas Model Project-Based Learning Pemanfaatan Limbah Kulit Durian dalam Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi Siswa SMA. Universitas Lampung.
- Muamala, K., & Wulandari, R. 2024. Keterampilan kolaborasi komunikasi sains siswa sekolah menengah sebuah studi profil. *Jurnal Biologi*, 1(4).
- Muharromah, TR, Fadiawati, N., & Saputra, N. 2019. Effectiveness of learning based on used cooking oil recycling projects in improving student communication skills. *Journal of Chemistry Education and Learning*, 8 (2), 3.
- Muliyati, D., Prastiawan, F., & Mutoharoh, M. 2023. Development of STEM project-based learning student worksheet for Physics learning on renewable energy topic. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2596, No. 1, p. 012078). IOP Publishing.
- Nurwahidah, N., Samsuri, T., Mirawati, B., & Indriati, I. 2021. Meningkatkan keterampilan kolaborasi siswa menggunakan lembar kerja siswa berbasis saintifik. *Reflection Journal*, 1(2), 70-76.
- OECD. 2023. PISA 2022 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy. *OECD Publishing*.
- Pimthong, P., & Williams, J. 2018. Preservice teachers' understanding of STEM education. *Kasetsart Journal of Social Sciences*.
- Purwaningsih, E., Sari, S. P., Sari, A. M., & Suryadi, A. 2020. The effect of STEM-PjBL and discovery learning on improving students' problem-solving skills of impulse and momentum topic. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(4), 465-476.
- Rahmawati, A., Fadiawati, N., & Diawati, C. 2019. Analisis keterampilan berkolaborasi siswa SMA pada pembelajarn berbasis proyek daur ulang minyak jelantah. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia*. 8 (2): 43-44.
- Rahmawati, Y., Andanswari, F. D., Ridwan, A., Gillies, R. G., & Taylor, P. C. 2020. STEM project-based learning in chemistry: Opportunities and challenges to enhance students' chemical literacy. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 13 (7), 1673-1694.
- Rais, M. 2010. Model project based-learning sebagai upaya meningkatkan prestasi akademik Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan dan Pengajaran*, 43(3).
- Rosidin, U., Sesunan, F., & Fitria, D. 2022. Development of assessment instruments to measure collaboration and responsibility skills of students

in physics learning on cased method-based. *Amplitudo: Journal of Science and Technology Innovation*, 1(2), 29-35.

- Ruitan, AJA, Suriani, NW, Rondonuwu, AT, Komansilan, A., Wola, BR, Rogahang, MK, & Mirononeng. 2023. Student collaboration skills in exploratory learning of local and global phenomena regarding solar radiation and temperature in Lake Tondano. *Journal on Teacher Education*, 4 (4), 419-430.
- Saenab, Y., & Virninda. 2017. PjBL untuk pengembangan keterampilan mahasiswa: sebuah kajian deskriptif tentang peran PjBL dalam melejitkan keterampilan komunikasi dan kolaborasi mahasiswa. Makasar: Universitas Negeri Makasar
- Sagar, A. D., & Kartha, S. 2007. Bioenergy and sustainable development. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 32(1), 131-167.
- Sahin, A. 2013. STEM project-based learning: Specialized form of inquiry-based learning. *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*, 59-64.
- Sanders, M. 2009. STEM, STEM education, STEM mania. *Skin Research*, 41(1), 49–52.
- Sari, K.A.Z., 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 SainsI*. 6 (8): 1-7
- Sari, T. I. 2023. Pembelajaran Interaktif Berbantuan Google Sites dengan Model PjBL untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi Peserta Didik. *Khazanah Pendidikan*, 17(1), 106-115
- Sarifah, F., & Nurita, T. 2023. Implementasi model pembelajaran inkuiri terbimbing untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi siswa. *Pensa: E-Jurnal Pendidikan Sains*, 11(1), 22-31.
- Satchwell, R. E., & Loepp, F. L. 2002. Designing and Implementing an Integrated Mathematics, Science, and Technology Curriculum for the Middle School. *Journal of industrial teacher education*, 39(3), 41-66.
- Septikasari, R., & Frasandy, R. N. 2018. Keterampilan 4C abad 21 dalam pembelajaran pendidikan dasar. *Tarbiyah Al-Awlad*, 8(2), 107–117.
- Sidharta, F. M. 1989. Pemanfaatan Limbah Pengolahan Nanas (Ananas comosuss L. Merr) Sebagai Bahan Baku Pembuatan. *Jurnal Riset Industri*, 5(1), 77-89.
- Sudjana. 2005. *Metode Statistika*. Bandung: Tarsito.
- Sugiono. 2018. *Metode Penelitian Kuantitatif*. Bandung: Alfabeta.

- Sugiono. 2019. *Metodelogi Penelitian Kuantitaif dan Kualitatif Dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sulaiman, N.D., & Shahrill, M. 2015. Engaging collaborative learning to develop students' skills of the 21st century. *Mediterranean Journal of Social Sciences* , 6 (4), 544-552.
- Susanti, A. D., Prakoso, P. T., & Prabawa, H. 2013. Pembuatan bioetanol dari kulit nanas melalui hidrolisis dengan asam. *Ekulibrium*, 10(2), 81-86.
- Statistik, B. P. 2023. Statistik produksi tanaman sayuran dan buah-buahan. BPS, Jakarta.
- Tabah, A., dan P.U Antonius. 2010. Pembuatan bioetanol dari sari kulit nanas. Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Tiara, S.Z.B. 2023. Pengaruh model project-based learning terintegrasi STEM berbantuan LKPD elektronik terhadap keterampilan proses sains peserta didik pada materi getaran harmonis sederhana. Universitas Lampung.
- Tosepu, Y. A. 2018. Pendidikan tinggi kekinian harus kolaborasi ilmu pengetahuan multidisiplin dan interdisipliner.
- Triana, D., Anggraito, Y. U., & Ridlo, S. 2020. Effectiveness of environmental change learning tools based on STEM-PjBL towards 4C skills of students. *Journal of Innovative Science Education*, 9(2), 181-187.
- Trilling, B., & Fadel, C. 2012. *21st Century skills: Learning for life in our times*. John Wiley & Sons.
- Wang, H. H., Moore, T. J., Roehrig, G. H., & Park, M. S. 2011. STEM integration: Teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 1(2), 2.
- Wena, M. 2009. Strategi pembelajaran inovatif kontemporer. *Jakarta: bumi aksara*, 2.
- Widiantoro, D. 2023. Pemanfaatan sampah organik menjadi media pembelajaran pada Sekolah Adiwiyata. *Jurnal Elementaria Edukasia*, 6(4), 1658-1670.
- Widodo, S., & Wardani, R. K. 2020. Mengajarkan keterampilan abad 21 4C (Communication, Collaboration, Critical Thinking and Problem Solving, Creativity and Innovation) di sekolah dasar. *Modeling: Jurnal Program Studi PGMI*, 7(2), 185–197.
- Widoyoko. 2014. *Evaluasi Program Pembelajaran*. Yogyakarta:Pustaka Pelajar.
- Wulan, A. R. (2020). *Menggunakan Asesmen Kinerja: Untuk Pembelajaran Sains Dan Penelitian* (Vol. 3). UPI Press.

- Yudha, EP, & Rachmadina, V. 2023. Competitiveness of Indonesia Thailand and the Philippines pineapple commodity countries. *Agribusiness Prospects* , 2 (2).
- Yusuf, I., & Asrifan, A. 2020. Peningkatan aktivitas kolaborasi pembelajaran fisika melalui pendekatan STEM dengan purwarupa pada siswa kelas XI IPA SMAN5. Yogyakarta:(Improving Collaboration of Physics Learning Activities through the STEM Approach). *Uniqbu Journal of Exact Sciences*, 1(3), 32-48.
- Zubaidah, S. 2016. Keterampilan abad ke-21: Keterampilan yang diajarkan melalui pembelajaran. In *Seminar Nasional Pendidikan* (Vol. 2, No. 2, pp. 1-1).