

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

(Skripsi)

Oleh

**SUSI SULASTRI BANUREA
NPM 2013023047**



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

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

Oleh

**SUSI SULASTRI BANUREA
NPM 2013023047**

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 Univeritas Lampung**



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

ABSTRAK

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

Oleh

SUSI SULASTRI BANUREA

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan keefektifan model PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA. Metode dalam penelitian ini menggunakan *weak experimental* dengan *one group pretest-posttest design*. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI SMA Negeri 14 Bandar Lampung Tahun Ajaran 2024/2025. Pengambilan sampel penelitian menggunakan dengan teknik *purposive sampling*, sehingga didapatkan sampel penelitian yaitu kelas XI.1. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini berupa soal pretes dan postes, penilaian kinerja produk pengolahan limbah kulit nanas, penilaian kinerja produk berpikir siswa, respon siswa, dan keterlaksanaan pembelajaran PjBL-STEM. Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan *N-gain* dan *dependent sample t-test*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata *N-gain* keterampilan berpikir kritis siswa di kelas berkategori sedang, dan terdapat perbedaan signifikan antara rata-rata nilai postes dan pretes. Produk yang dihasilkan pada PjBL-STEM adalah *Nata de Pina*. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA.

Kata kunci: PjBL-STEM, keterampilan berpikir kritis, limbah kulit nanas

ABSTRACT

IMPROVING CRITICAL THINKING SKILLS OF HIGH SCHOOL STUDENTS THROUGH PjBL-STEM PROCESSING PINEAPPLE SKIN WASTE TO PRODUCE NATA DE PINA

By

SUSI SULASTRI BANUREA

This study aims to describe the effectiveness of the PjBL-STEM model of pineapple peel waste processing in improving critical thinking skills of high school students. The method in this study used a weak experimental with one group pretest-posttest design. The population in this study were all students of class XI of SMA Negeri 14 Bandar Lampung in the 2024/2025 Academic Year. The research sample was taken using a purposive sampling technique, so that the research sample was class XI.1. The instruments used in this study were pretest and posttest questions, performance assessment of pineapple peel waste processing products, performance assessment of student thinking products, student responses, and implementation of PjBL-STEM learning. The data analysis technique in this study used N-gain and dependent sample t-test. The results showed that the average N-gain of students' critical thinking skills in the class was in the moderate category, and there was a significant difference between the average posttest and pretest scores. The product produced in PjBL-STEM is Nata de Pina. Based on these results, it can be concluded that PjBL-STEM pineapple peel waste processing is effective in improving high school students' critical thinking skills.

Keywords: PjBL-STEM, critical thinking skills, pineapple skin waste

Judul Skripsi

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

Nama Mahasiswa

: **Susi Sulastri Banurea**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2013023047

Program Studi

: Pendidikan Kimia

Jurusan

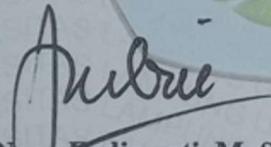
: Pendidikan MIPA

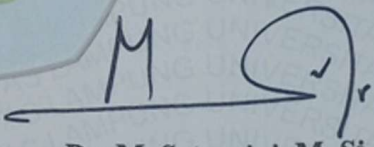
Fakultas

: Keguruan dan Ilmu Pendidikan

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Dr. Noor Fadiawati, M. Si.
NIP 19660728 200812 2 001


Dr. M. Setyarini, M. Si.
NIP 19670511 199103 2 001

2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA

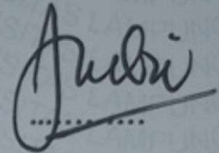

Dr. Nurhanurawati, M. Pd.
NIP 19670808 199103 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

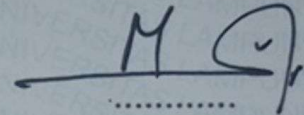
Ketua

: Dr. Noor Fadiawati, M.Si.



Sekretaris

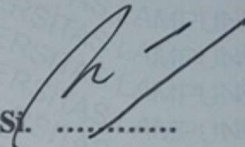
: Dr. M. Setyarini, M.Si.



Penguji

Bukan Pembimbing

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



2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan



Dr. Albert Maydiantoro, S.Pd., M.Pd.

19870504 201404 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 11 Juni 2025

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Susi Sulastris Banurea

Nomor Induk Mahasiswa : 2013023047

Program Studi : Pendidikan Kimia

Jurusan : Pendidikan MIPA

Dengan ini saya 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 secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila ternyata kelak dikemudian hari terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bertanggung jawab sepenuhnya.

Bandar Lampung, 11 Juni 2025
Yang menyatakan



Susi Sulastris Banurea
NPM 2013023047

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Way Kanan pada tanggal 11 November 2002, sebagai anak pertama dari lima bersaudara, dari pasangan bapak Bajul Banurea dan Ibu Lasmaniur Tinambunan. Penulis mengawali pendidikan pada tahun 2008 di SD Negeri 3 Way Tuba Way Kanan yang diselesaikan pada tahun 2014. Pada tahun 2014 penulis melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 3 Way Tuba Way Kanan yang diselesaikan pada tahun 2014. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan atas di SMA Negeri 1 Way Tuba Way Kanan yang diselesaikan pada tahun 2020.

Pada tahun 2020, penulis diterima sebagai mahasiswa di Program Studi Pendidikan Kimia jurusan pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Mahasiswa Perguruan Tinggi Negeri). Selama menjadi mahasiswa penulis pernah diberikan tanggung jawab menjadi anggota divisi 1 di Unit Kegiatan Mahasiswa Kristen (UKMK) Universitas Lampung, anggota Pemberdayaan Perempuan di Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, anggota Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Pramuka, dan anggota Forum Silaturahmi Mahasiswa Pendidikan Kimia pada tahun 2020-2024.

Pengalaman mengajar dan pengabdian masyarakat yang pernah diikuti penulis selama perkuliahan yaitu MBKM Kampus Mengajar di Sekolah Dasar Negeri 15 Tegineneng, Pesawaran, dan PLP (Pengenalan Lapangan Persekolahan) yang terintegrasi dengan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di SMA Negeri 2 Blambangan Umpu Way Kanan pada tahun 2023.

PERSEMBAHAN

In the Name of Jesus Christ

Dengan mengucap syukur “Puji Tuhan” kepada Allah Bapa, Tuhan Yesus Kristus yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya yang tiada terputus sampai saat ini, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Dengan ketulusan hati yang paling dalam, saya persembahkan skripsi ini kepada:

Orang Tuaku tercinta, Ayah (Bajul Banurea) dan Ibu (Lasmaniur Tinambunan)

Terima kasih kepada orang tuaku tersayang yang telah mendidik dengan segala pengorbanan, memberikan nasihat, dan mendoakan dengan setulus hati, serta membimbing putrimu, meskipun jalan yang dilalui tidak selalu rata. Semoga skripsi ini sebagai wujud baktiku, dan ungkapan rasa kasih sayang tak terhingga dariku untuk jerih payah yang telah ayah dan ibu berikan kepadaku.

Adik-adikku Tersayang (Devi Anatasya Banurea, Risky Tri Tua Banurea, Listra Nauli Banurea, dan Albertina Christine Banurea)

Terima kasih adik-adikku tersayang selalu memberikan doa, semangat, dukungan, dan selalu sabar menantikan keberhasilan kakakmu.

Para Pendidik (Guru dan Dosen) Terhormat

Terima kasih atas kesabaran dan keikhlasan dalam memberikan bimbingan, kritik, saran, Pendidikan moral, pengalaman dan ilmu yang tidak ternilai harganya

Sahabatku

Terima kasih untuk kesetiaan yang sampai saat ini kurasakan, yang telah berjuang bersama, menjadi tempat berbagi cerita, dan memberiku semangat

Almamater Tercinta Universitas Lampung

MOTO

Hiduplah seakan-akan kamu mati esok, belajarlah seakan-akan kamu hidup selamanya

(Mahatma Ghandi)

"Success is not final, failure is not fatal: It is the courage to continue that counts."

(Winston Churchill)

“Tidak masalah seberapa lambat kamu berjalan, asalkan kamu tidak berhenti”

(Confucius)

“Keberhasilan bukanlah milik orang yang pintar. Keberhasilan adalah milik mereka yang senantiasa berusaha”

(Bacharuddin Jusuf Habibie)

SANWACANA

Puji dan Syukur Kehadirat Allah yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA Melalui PjBL-STEM Pengolahan Limbah Kulit Nanas Menghasilkan *Nata de Pina*” sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Pendidikan. Doa serta salam semoga selalu tercurahkan pada Tuhan Yesus Kristus, keluarga, sahabat, serta umat-Nya yang senantiasa diberkati.

Penulis menyadari terselesaikannya skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Albet Maydiantoro, S.Pd., M.Pd., selaku Dekan FKIP Universitas Lampung;
2. Ibu Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA;
3. Ibu Dr. M. Setyarini, M. Si., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Kimia dan pembimbing II atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, motivasi, kritik saran dan masukan untuk skripsi ini;;
4. Ibu Dr. Noor Fadiawati, M. Si., selaku Pembimbing I sekaligus Pembimbing Akademik atas kesediaan, kesabaran, dan keikhlasannya untuk memberikan bimbingan, motivasi, kritik, saran dan masukan selama masa studi dan penulisan skripsi;
5. Prof. Dr. Chansyanah Diawati, M. Si., selaku pembahas atas masukan dan perbaikan yang telah diberikan;

6. Seluruh dosen Program Studi Pendidikan Kimia dan segenap Civitas Akademik Jurusan Pendidikan MIPA atas ilmu dan bantuan yang telah diberikan selama masa perkuliahan;
7. Bapak Hendra Putra, M. Pd., selaku Kepala SMA Negeri 14 Bandar Lampung, dan Ibu Romiyati, M. Si selaku guru mata pelajaran kimia, serta siswa-siswi kelas XI-1 Tahun Ajaran 2024/2025 atas bantuan dan kerjasamanya selama penelitian berlangsung;
8. Ayah, ibu, Devi, Risky, Listra dan Albertina keluarga tercinta, dan tersayang, terima kasih atas doa, bimbingan dan kasih sayang, perhatian, dan semangat yang telah diberikan supaya penulis tidak menyerah dalam menyelesaikan studi
9. Rekan seperjuangan Hardini Anggun dan Siti Nurani yang selalu memberikan dukungan bantuan, dan motivasi sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini;
10. Tulang Risda, Nantulang Risda, abang Santo Manik, kak Tien Simanjuntak, tulang Berlin Simbolon, dan tante Agdes Simbolon yang selalu membantuku setiap aku dalam kesulitan, memberiku semangat tak pantang menyerah, dan selalu memotivasi agar tetap bersyukur atas pencapaian yang diraih serta menjadi tempat cerita terbaik;
11. Sahabat terbaikku Agung Setiawan, Etika Puspitasari, Febriyanti Tambunan, yang selalu menjadi tempat cerita berkeluh kesah, memberikan semangat, dukungan, keceriaan, dan ketenangan selama ini;
12. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga Allah Bapa, Tuhan Yesus Kristus yang Maha Baik dan penuh kasih memberikan balasan atas bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis dan semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, 11 Juni 2025
Penulis

Susi Sulastris Banurea
NPM 2013023047

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Ruang Lingkup.....	5
II.TINJAUAN PUSATAKA.....	7
2.1 Model Pembelajaran PjBL-STEM.....	7
2.2 Keterampilan Berpikir Kritis	10
2.3 Limbah Kulit Nanas	12
2.4 Penelitian Yang Relevan.....	14
2.5 Kerangka Pemecahan Masalah Dalam Pengelolaan Limbah Kulit Nanas	17
2.6 Kerangka Pemikiran.....	18
2.7 Hipotesis Penelitian	19
III. METODE PENELITIAN	20
3.1 Populasi dan Sampel.....	20
3.2 Jenis dan Sumber Data.....	20
3.3 Desain Penelitian	21
3.4 Variabel Penelitian.....	21
3.5 Instrumen Penelitian	21
3.6 Validitas Instrumen Penelitian.....	23
3.7 Prosedur Penelitian	23

	Halaman
3.8 Teknik Analisis Data dan Pengujian Hipotesis.....	26
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1 Hasil Penelitian.....	32
4.2 Pembahasan	40
V. KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Kendala.....	51
5.3 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN.....	62
Lampiran 1. Hasil Skor Pretes Dan Postes Keterampilan Berpikir Kritis Siswa	63
Lampiran 2. Rekapitulasi <i>N-gain</i> siswa keterampilan berpikir kritis siswa.....	64
Lampiran 3. Rekapitulasi Lembar Keterlaksanaan Model PjBL-STEM	67
Lampiran 4. Rubrik Lembar Kinerja Produk Olahan Limbah Kulit Nanas	70
Lampiran 5. Rekapitulasi Data Respon Siswa	71

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Indikator keterampilan berpikir kritis	12
2. Penelitian yang relevan mengenai model PjBL-STEM.	14
3. Desain Penelitian <i>One Group Pretest-Posttest Design</i>	21
4. Klasifikasi <i>N-gain</i>	27
5. Kategori respon siswa	27
6. Kriteria penskoran respon siswa	28
7. Kriteria tingkat ketercapaian pelaksanaan	29
8. Hasil Uji Normalitas Keterampilan Berpikir Kritis Siswa.....	39
9. Hasil Uji Perbedaan dua rata-rata	39
10. Guru menuntun siswa untuk mengajukan pertanyaan	41
11. Hasil produk <i>nata de pina</i> dari limbah kulit nanas	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemecahan masalah	17
2. Diagram alir penelitian	25
3. Rata-rata nilai pretes dan postes keterampilan berpikir kritis siswa	32
4. Skor rata-rata pretes dan postes setiap indikator keterampilan berpikir Kritis	33
5. Rata-rata n-gain keterampilan berpikir kritis siswa	34
6. Skor kinerja produk yang diperoleh siswa	34
7. Rata-rata skor kinerja produk pengolahan limbah kulit nanas tiap kelompok	35
8. Skor rata-rata kinerja produk berpikir siswa	36
9. Respon Siswa terhadap pembelajaran PjBL-STEM	37
10. Persentase keterlaksanaan pembelajaran PjBL-STEM	38
11. Salah satu pertanyaan yang dituliskan siswa sebelum konsultasi	41
12. Salah satu pertanyaan yang dituliskan siswa setelah konsultasi	42
13. Jawaban siswa mengenai kandungan limbah kulit nanas sebelum konsultasi.	43
14. Jawaban siswa mengenai kandungan dalam limbah kulit nanas setelah konsultasi. ..	44
15. Jawaban siswa mengenai produk yang dihasilkan dari kulit nanas.	44
16. Jawaban salah satu siswa setelah dikonsultasikan kepada guru.....	45
17. Gambar jawaban siswa mengenai produk olahan dari limbah kulit nanas	46
18. Jawaban siswa mengenai pengetahuan yang diperlukan untuk membuat nata de pina	46
19. Jawaban siswa mengenai variable yang digunakan untuk membuat nata de pina	46
20. Jawaban prosedur pembuatan nata de pina	47

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keterampilan berpikir kritis merupakan kemampuan untuk menganalisis, untuk mengevaluasi, dan menyusun argumen secara logis, sistematis, dan rasional berdasarkan data dan informasi yang ada, sehingga menghasilkan keputusan yang tepat, dan efektif (Elder & Paul, 2008; Norris, 2018; Aini, 2022; Airadila dkk., 2023). Keterampilan berpikir kritis ini mencakup proses menilai secara sadar, menguji asumsi, memahami konteks, serta mempertimbangkan berbagai sudut pandang sebelum menyimpulkan atau bertindak. Berpikir kritis mendorong seseorang untuk tidak langsung menerima informasi begitu saja, melainkan mempertanyakannya secara rasional (Ennis 1996). Keterampilan berpikir kritis dapat membantu menyelesaikan suatu permasalahan dengan menggunakan pemikiran yang telah ada sebelumnya (Cottrell, 2005; Ristiasari dkk., 2012).

Keterampilan berpikir kritis perlu dikembangkan dan dilatihkan ke siswa karena memungkinkan mereka untuk dapat menganalisis informasi secara mendalam, membuat keputusan yang rasional (Facione, 2011). Berpikir kritis juga dapat membantu siswa dalam memecahkan masalah secara efektif di berbagai konteks kehidupan, baik di dalam maupun di luar lingkungan sekolah (Ennis, 2011; Sulistiani & Masrukan, 2017; Affandy, 2019; Marlina & Jayanti, 2019). Dalam era informasi digital saat ini, siswa juga dituntut mampu mengevaluasi berbagai sumber informasi yang beredar secara kritis agar tidak mudah terpengaruh oleh hoaks atau berita palsu (Paul & Elder, 2014). Oleh karena itu, pelatihan keterampilan berpikir kritis harus menjadi bagian integral dari proses pembelajaran di sekolah untuk mempersiapkan generasi yang cerdas, mandiri, dan bertanggung jawab (Brookfield, 2012).

Berdasarkan data *Program for International Student Assessment (PISA) 2022* yang diumumkan pada 5 Desember 2023, keterampilan berpikir kritis siswa di Indonesia dikatakan masih tergolong rendah. Indonesia berada di peringkat 68 dari 81 negara (OECD, 2023), dengan skor; matematika (379); sains (398); dan membaca (371). Hasil ini menunjukkan bahwa rata-rata skor siswa Indonesia masih berada jauh di bawah rata-rata OECD, yang mencerminkan keterbatasan dalam kemampuan menganalisis, menalar, dan memecahkan masalah konteks nyata (OECD, 2023). Rendahnya keterampilan berpikir kritis siswa Indonesia menurut hasil PISA disebabkan oleh kombinasi faktor struktural dan pedagogis. Salah satu penyebab utama adalah pendekatan pembelajaran di sekolah yang masih berfokus pada hafalan dan jawaban, tidak pada proses eksploratif dan analitis. Berdasarkan fakta yang telah dijelaskan maka keterampilan berpikir kritis perlu dilatihkan kepada siswa.

Fakta di atas diperkuat dengan hasil observasi dan wawancara dengan guru kimia dan 3 peserta didik SMAN 14 Bandar Lampung, diperoleh informasi bahwasanya sekolah tersebut dalam pelaksanaan pembelajarannya masih menggunakan model pembelajaran konvensional. Dalam proses pembelajarannya guru masih sangat dominan menggunakan metode ceramah, dan siswa hanya mendengarkan penjelasan dari guru daripada mencari dan menemukan pengetahuan sendiri, serta mengerjakan soal-soal latihan dalam LKPD. Setelah itu, siswa maju dan menjelaskan hasil jawaban dari latihan soal tersebut. Hal ini mengakibatkan siswa kesulitan untuk dapat mengembangkan mengkonstruksi kemampuan berpikir kritis yang dimilikinya

Keterampilan berpikir kritis siswa dapat dilatih dan ditingkatkan ke siswa dengan cara siswa dihadapkan pada suatu masalah-masalah yang kompleks di kehidupan dunia nyata (Insani dkk., 2018). Kemampuan pemecahan masalah menjadi salah satu poin penting dalam capaian pembelajaran siswa pada fase F kurikulum merdeka (Mendikbudristek, 2022). Salah satu permasalahan kompleks dalam kehidupan sehari-hari adalah limbah kulit nanas yang belum dimanfaatkan dengan baik sehingga berpotensi menyebabkan pencemaran lingkungan.

Kulit nanas mengandung berbagai zat bioaktif dan nutrisi penting, di antaranya serat kasar, karbohidrat, dan protein yang berkontribusi pada nilai gizinya (dengan kadar serat kasar $\approx 20,9\%$, karbohidrat $\approx 17,5\%$, protein $\approx 4,4\%$). Di samping itu, terdapat gula reduksi seperti glukosa dan fruktosa serta sukrosa yang mencapai sekitar 13–14 %, serta kadar air tinggi sekitar 81–82 %. Kulit nanas juga kaya akan senyawa fitokimia seperti flavonoid, tanin, alkaloid, steroid, fenol, saponin, dan oksalat yang berfungsi sebagai antioksidan, antimikroba, dan antiinflamasi.

Limbah kulit nanas yang tidak dikelola dengan baik menjadi salah satu limbah hayati yang dapat menimbulkan berbagai masalah lingkungan, seperti pencemaran tanah dan air, serta bau tidak sedap (Fitriana & Wahyuni, 2021). Limbah ini juga berpotensi menjadi tempat berkembang biaknya mikroorganisme patogen dan serangga, sehingga menimbulkan gangguan kesehatan bagi masyarakat sekitar (Lestari dkk., 2020). Selain itu, tingginya kandungan lignoselulosa dalam kulit nanas membuat sulit terurai secara alami, sehingga dapat menyebabkan penumpukan sampah organik yang dapat memperparah pencemaran lingkungan (Susanti dkk., 2022). Oleh karena itu, diperlukan pengolahan limbah yang inovatif dan berkelanjutan untuk meminimalisir dampak negatifnya.

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Lampung, produksi buah nanas di Provinsi Lampung pada tahun 2023 mencapai 622.880 ton. Menurut survei yang dilakukan oleh peneliti di Kecamatan Rajabasa, Bandar Lampung, diketahui bahwa enam pedagang nanas madu dapat menghasilkan limbah kulit nanas sebanyak 25% dari berat buah yang dijualnya. Dengan berat rata-rata satu buah nanas madu sekitar 1,5 kg, maka limbah kulit yang dihasilkan per hari dapat mencapai 100-250 kg. Jumlah ini dapat bervariasi tergantung pada jumlah buah yang dijual dan ukuran buah nanas madu tersebut. Berdasarkan permasalahan limbah kulit nanas, maka diperlukan pemikiran inovatif untuk mencari solusi dalam mengelola limbah kulit nanas menjadi produk yang bermanfaat.

Pemberian masalah mengenai limbah kulit nanas ini merupakan media yang sangat berpotensi untuk melatih keterampilan berpikir kritis siswa untuk memecahkan masalah dan menghasilkan suatu produk. Pembelajaran yang dapat

memecahkan masalah dan menghasilkan produk merupakan ciri khas dari model pembelajaran PjBL-STEM.

Model pembelajaran PjBL-STEM menurut Laboy-Rush (2011) telah berhasil diterapkan oleh sejumlah peneliti, dengan dampak positif terhadap peningkatan keterampilan dan hasil belajar siswa, sekaligus menghasilkan produk nyata yang relevan dengan kehidupan sehari-hari. Wulandari & Kurniawan (2021) melaporkan bahwa siswa SMP yang mengikuti pembelajaran IPA dengan model PjBL-STEM berhasil meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan menghasilkan produk berupa alat penyaring air sederhana dari bahan daur ulang. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Rahmawati & Taylor (2018) menunjukkan bahwa implementasi PjBL-STEM mendorong siswa untuk lebih terlibat aktif dalam pembelajaran serta menghasilkan proyek seperti model rumah ramah lingkungan berbasis energi surya. Penelitian yang dilakukan oleh Nugroho et al., (2020) melaporkan bahwa siswa menghasilkan prototipe pengatur suhu otomatis menggunakan mikrokontroler sederhana, yang menunjukkan kemampuan problem-solving dan pemahaman konsep fisika dan teknologi yang lebih baik. Sari dkk., (2023) juga melaporkan bahwa terdapat peningkatan signifikan dalam keterampilan berpikir kritis siswa. Selain itu, siswa juga mampu menghasilkan produk inovatif dari limbah kulit nanas, seperti pupuk organik dan bahan baku kerajinan. Produk-produk ini tidak hanya menunjukkan kreativitas siswa, tetapi juga aplikatif dalam konteks kehidupan nyata.

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas maka peneliti melakukan penelitian yang berjudul “Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA melalui PjBl-STEM Pengolahan Limbah Kulit Nanas Menghasilkan *Nata de Pina*”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana efektivitas PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas

menghasilkan *nata de pina* dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini untuk mendeskripsikan efektivitas PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas menghasilkan *nata de pina* dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi:

1. Peserta didik

Memberikan pengalaman secara langsung kepada siswa dalam menyelesaikan permasalahan melalui pemanfaatan limbah kulit nanas untuk diolah sehingga dihasilkan suatu produk.

2. Guru dan calon guru

Sebagai salah satu alternatif model pembelajaran PjBL-STEM yang dapat digunakan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis.

3. Sekolah

Sebagai masukan untuk sekolah dalam mengembangkan kurikulum yang diterapkan pada pembelajaran kimia sehingga mampu meningkatkan mutu pembelajaran kimia.

4. Peneliti lain

Menjadi referensi bagi peneliti lain untuk melakukan penelitian yang berkaitan dengan tahapan PjBL-STEM dan keterampilan berpikir kritis.

1.5 Ruang Lingkup

Untuk menghindari kesalahpahaman terhadap masalah yang akan diteliti, maka diberikan ruang lingkup penelitian sebagai berikut:

1. Model pembelajaran PjBL-STEM pemanfaatan limbah kulit nanas dikatakan efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa apabila *n-gain* rata-rata yang diperoleh di kelas sampel berkategori minimal sedang, dan

terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai rata-rata pretes dan nilai rata-rata postes.

2. Model pembelajaran PjBL-STEM yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan pada Laboy-Rush, (2011) yaitu *reflection, research, discovery, application* dan *communication*.
3. Keterampilan berpikir kritis siswa sesuai dengan *framework* (Norris & Ennis, 1989) yaitu *elementary clarification of the problem, gather basic information, make inferences, advanced clarification* dan *make conclusion*.

II. TINJAUAN PUSATAKA

2.1 Model Pembelajaran PjBL-STEM

Menurut Laboy-Rush (2011), PjBL-STEM adalah model pembelajaran yang memadukan pendekatan pembelajaran berbasis proyek (project-based learning) dengan integrasi empat bidang utama dalam STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*), yang bertujuan untuk mendorong siswa mengembangkan solusi nyata terhadap permasalahan dunia nyata melalui eksplorasi dan eksperimen. PjBL-STEM memberikan kesempatan kepada siswa untuk secara aktif membangun pemahaman mereka melalui keterlibatan dalam proyek yang kompleks, yang mensyaratkan integrasi antar disiplin ilmu STEM. Proyek tersebut harus autentik, relevan, dan menuntut pemecahan masalah (Krajcik & Blumenfeld, 2006)

Model pembelajaran PjBL-STEM berfokus pada berbagai keterampilan, seperti pemecahan masalah, berpikir kritis, dan kerjasama tim. Dalam PjBL-STEM, siswa diberikan proyek atau masalah kompleks yang mengharuskan mereka untuk menerapkan konsep-konsep dari berbagai bidang STEM secara terpadu (Bybee, 2013).

Menurut Bell (2010), model pembelajaran PjBL-STEM mendorong siswa untuk melakukan penelitian, mengintegrasikan informasi dari berbagai sumber, serta mengembangkan solusi atau produk berdasarkan tantangan yang diberikan. Dalam konteks STEM, siswa dituntut untuk tidak hanya memahami teori, tetapi juga mampu mengimplementasikannya dalam kehidupan nyata.

Model pembelajaran PjBL-STEM merupakan salah satu model inovatif dalam pembelajaran yang memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk meren-

canakan proses pembelajaran secara kolaboratif dan menghasilkan suatu produk tertentu yang dapat digunakan sebagai sumber belajar (Jauhariyyah dkk., 2017). PjBL-STEM juga dapat digunakan sebagai cara belajar terbaru dengan menghasilkan sumber belajar yang dimaksud melalui pemanfaatan ilmu pengetahuan, teknologi, teknik, dan matematika yang berdampak positif pada aspek kognitif, keterampilan dan sikap terhadap pembelajaran.

PjBL-STEM merupakan pembelajaran berbasis proyek dengan menghubungkan sains, teknologi, teknik dan matematika. Melalui integrasi model PjBL dengan STEM diharapkan dapat memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menggali ide, mengembangkan produk, dan meningkatkan keterampilan merancang, sehingga lebih optimal dalam meningkatkan keterampilan yang dimiliki peserta didik tersebut (Windasari dkk., 2020). Pada PjBL-STEM siswa mampu memahami konsep dengan membuat produk, proses perancangan dan redesign sehingga membuat siswa menghasilkan produk terbaiknya. Integrasi aspek-aspek STEM ini dapat memberikan dampak positif terhadap proses belajar mengajar di bidang sains dan teknologi (Becker & Park, 2011).

Berdasarkan penelitian Tseng et al., (2013), pembelajaran dengan menggunakan PjBL-STEM dapat meningkatkan pemahaman konsep dan minat belajar siswa, dan pembelajaran menjadi lebih bermakna, membantu siswa dalam memecahkan masalah kehidupan nyata dan mendukung pekerjaan masa depan. Lebih jauh, STEM dalam PjBL menantang dan menginspirasi siswa dengan mengajari mereka untuk berpikir kritis, menganalisis, dan memperkuat keterampilan berpikir tingkat tinggi (Capraro & Morgan, 2013; Cheng & So, 2020; Sirajudin & Suratno, 2021; Lani dkk., 2018). Pada penelitian yang dilakukan oleh Lestari (2018), menjelaskan bahwa LKS berbasis STEM dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. dan pada penelitian yang dilakukan oleh Siswanto (2018), pembelajaran fisika dengan pendekatan STEM dapat meningkatkan kreativitas mahasiswa.

PjBL- STEM mempunyai keunggulan, yaitu membuat siswa dapat menguasai konsep dengan menciptakan produk baru, mampu melakukan proses perencanaan dan perancangan ulang (*engineering design process*) sehingga dapat menciptakan

produk terbaik. Integrasi aspek-aspek tersebut dapat berdampak positif pada proses belajar mengajar di sekolah dalam hal peningkatan hasil belajar siswa pada bidang sains dan teknologi.

Adapun langkah-langkah model PjBL-STEM menurut Laboy-Rush (2011), adalah sebagai berikut:

a. *Reflection*

Kegiatan *reflection* ini bertujuan untuk mengarahkan peserta didik ke dalam suatu konteks permasalahan dan memberikan inspirasi kepada peserta didik untuk mengobservasi masalah dengan menghubungkan apa yang sudah diketahui dan apa yang perlu diketahui. Adapun masalah yang diberikan kepada peserta didik untuk mendorong peserta didik bertanya, merumuskan hipotesis dan segera melakukan penyelidikan.

b. *Research*

Kegiatan *research* bertujuan untuk mengarahkan peserta didik mengumpulkan informasi dan sumber yang relevan untuk mengembangkan pemahaman peserta didik dari pemahaman konkret ke pemahaman abstrak mengenai suatu masalah. Guru juga turut serta dalam memimpin diskusi untuk memastikan apakah peserta didik dapat mengembangkan pemahaman konseptual yang tepat dari proyek dan konsep yang relevan. Peserta didik menggali konsep, teori, dan hukum dari berbagai sumber yang relevan sehingga dapat dijadikan acuan dalam memecahkan masalah atau membangun konsep sebagai bahan untuk merancang proyek dan menciptakan solusi berupa produk. Peserta didik harus tetap bertanya kepada guru untuk memastikan sumber yang digunakan tersebut relevan terhadap masalah yang akan diselesaikan.

c. *Discovery*

Kegiatan *discovery* ini 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 mengembangkan pemikiran dari proses merancang atau mendesain suatu proyek. Peserta didik merancang sebuah proyek untuk membuat produk, menentukan alat dan bahan, serta merancang desain produk sebagai solusi dari masalah yang diberikan.

d. Application

Kegiatan *application* memiliki tujuan untuk menguji produk atau solusi yang digunakan dalam memecahkan masalah. Hasil yang diperoleh dievaluasi dan diperbaiki untuk perbaikan langkah sebelumnya. Peserta didik mengaplikasikan rancangan yang telah dibuat dengan secara langsung merancang, membuat, dan menguji hasil uji coba produk. Peserta didik kemudian melakukan eksperimen untuk uji coba produk dan mengumpulkan data untuk membuktikan hipotesis.

e. Communication

Kegiatan yang terakhir yaitu mempresentasikan produk atau solusi yang telah dirancang kepada teman sekelasnya dan guru. Tahap ini dapat mengembangkan keterampilan komunikasi dan kolaborasi 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.

2.2 Keterampilan Berpikir Kritis

Menurut Duron dkk., (2006), menyatakan dalam pembelajaran dikelas pada siswa ditekankan keterampilan berpikir kritis siswa dengan harapan memperoleh pengalaman belajar yang menyenangkan, lebih bermakna bagi siswa dan juga bagi guru. Menurut Jhonson, (2010), berpikir kritis merupakan suatu proses yang terarah dan jelas yang digunakan dalam kegiatan mental seperti memecahkan masalah, mengambil keputusan, membujuk, menganalisis asumsi, dan melakukan penelitian ilmiah. Proses terarah dan jelas yang dimaksud merupakan proses yang tersusun dengan baik atau direncanakan dengan baik dan nyata.

Menurut Ennis, (1989), definisi berpikir kritis adalah “ *Critical thinking is reasonable, reflective thinking that is focused on deciding what to believe or do*”. Menurut definisi ini, berpikir kritis menekankan pada berpikir yang masuk akal dan reflektif. Berpikir masuk akal dan reflektif digunakan dalam mengambil keputusan.. Menurut Rahmawati, (2014), juga menjelaskan berpikir kritis adalah pemikiran yang masuk akal dan reflektif yang berfokus untuk memutuskan apa yang harus dipercaya atau dilakukan.

Menurut Facione (2015), menyatakan bahwa berpikir kritis adalah pemikiran yang memiliki tujuan yaitu membuktikan suatu hal, menafsirkan apa arti dari sesuatu, memecahkan masalah. Inti dari keterampilan berpikir kritis yaitu interpretasi, analisis, inferensi, evaluasi, penjelasan, dan pencocokan. Maka berarti berpikir kritis yaitu, interpretasi untuk memahami suatu makna dari suatu hal, analisis untuk memahami lebih dalam suatu hal dapat melalui data, informasi, inferensi untuk menarik suatu kesimpulan dari pengumpulan data dan informasi, evaluasi untuk menilai kredibilitas dari kesimpulan yang dihasilkan, penjelasan untuk menyatakan kebenaran, alasan, serta bukti, dan pencocokan sebagai tahap akhir validasi.

Keterampilan berpikir kritis dapat diukur dengan mengetahui kemampuan siswa dalam mengidentifikasi apa yang diketahui dan dibahas dalam materi, membuat model dari materi yang diberikan dan dapat menjelaskan dengan tepat, menggunakan strategi yang tepat dalam pemecahan soal yang terkait dengan materi dan melakukan perhitungan dengan benar, serta dapat menarik kesimpulan dari masalah yang diberikan (Karim & Normaya, 2015). Selain itu keterampilan berpikir kritis dapat dikembangkan apabila guru mampu menciptakan pembelajaran yang memacu siswa terlibat aktif (Iman dkk., 2017). Keterampilan berpikir kritis dimulai dari kemampuan membaca secara kritis. Berpikir adalah bertanya, bukan berarti orang yang diam tidak bertanya. Jadi, dalam kegiatan bertanya itu apakah dalam hati atau mengeluarkan pertanyaan-pertanyaan pada saat belajar, maka seseorang itu sudah dikatakan menggunakan kemampuan berpikirnya (Hasanudin, 2009).

Adapun indikator keterampilan berpikir kritis menurut Ennis & Norris (1989) disajikan dalam Tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Indikator keterampilan berpikir kritis

No (1)	Indikator keterampilan berpikir kritis (2)	Berpikir yang diperlukan (3)
1	Melakukan klarifikasi dasar dari masalah (<i>elementary clarification of the problem</i>)	a. Memahami masalah yang dihadapi. b. Menganalisis sudut pandang atau posisi. c. Mengajukan pertanyaan dan menjawab pertanyaan yang mengklarifikasi dan menantang.
2	Mengumpulkan informasi dasar (<i>gather basic information</i>)	a. Menilai kredibilitas berbagai sumber informasi. b. Kumpulkan dan nilai informasi.
3	Membuat inferensi (<i>make inferences</i>)	a. Membuat dan menilai deduksi menggunakan informasi yang tersedia. b. Membuat dan menilai induksi. c. Membuat dan menilai penilaian nilai.
4	Melakukan klarifikasi lanjutan (<i>advanced clarification</i>)	a. Mendefinisikan istilah-istilah dan definisikan sesuai kebutuhan. d. Mengidentifikasi asumsi.
5	Membuat kesimpulan (<i>make conclusion</i>)	a. Memutuskan suatu tindakan b. mengkomunikasikan keputusan kepada orang lain.

(Ennis & Norris, 1989)

Pengembangan keterampilan, dan kemampuan berpikir kritis dapat memungkinkan peserta didik agar terbiasa menghadapi tantangan dan memecahkan suatu masalah dengan menganalisis pemikirannya sendiri untuk memutuskan suatu pilihan dan menarik sebuah kesimpulan, sehingga tercetak para lulusan yang berkualitas. Maka dapatlah dikatakan bahwa berpikir kritis merupakan suatu hal yang sangatlah penting, karena erat kaitannya dengan lulusan yang berkualitas (Masrukan & Sulistiani, 2017).

2.3 Limbah Kulit Nanas

Buah nanas (*Ananas comosus L. Merr*) merupakan tanaman komoditi yang berasal dari daerah Brazil. Di Indonesia, buah nanas banyak ditanam karena prospek agrobisnisnya sangat cerah, cenderung semakin meningkat untuk kebutuhan buah segar maupun bahan olahan seperti selai dan berbagai makanan dan minuman. Buah nanas di tanam di kebun kebun, pekarangan, atau tempat lain yang cukup mendapat sinar matahari pada ketinggian 1-1300 mdpl. Nanas merupakan tanaman yang selalu tersedia sepanjang tahun, tingginya mencapai 50-150 cm (Sugeng dkk., 2010; Titisari dkk., 2020).

Buah nanas merupakan buah yang menempati posisi ketiga dengan produksi dan volume ekspor tertinggi setelah pisang dan manggis. Menurut BPS (2023), Provinsi Lampung merupakan penghasil nanas terbesar di Indonesia. Tingkat produksi nanas tertinggi di provinsi Lampung yaitu sebanyak 633.095 ton atau 35,95 persen dari total produksi nanas di Indonesia pada tahun 2017. Sebagai penghasil nanas terbesar, perkembangan produksi nanas di provinsi Lampung memiliki tren yang positif dengan mengalami peningkatan sebanyak 7,58 persen setiap tahunnya.

Jumlah penduduk di Indonesia yang selalu meningkat akan menyebabkan permintaan nanas akan meningkat pula (Wibowo dkk., 2021). Akan tetapi, sampai saat ini masyarakat hanya mengetahui bahwa nanas dapat dikonsumsi buah saja, sedangkan kulitnya dibuang begitu saja. Sehingga menyebabkan pencemaran lingkungan akibat dari limbah kulit nanas yang tidak dimanfaatkan tersebut.

Komponen terbesar yang terdapat pada buah nanas adalah air (86,70%), karbohidrat (10,54%) serat basah 1,66%; protein 0,69 %; lemak 0,02%; dan abu 0,48% (Sidartha, 1989; Titisari dkk., 2021). Senyawa kimia yang terkandung dalam kulit nanas yaitu senyawa flavonoid, tanin, saponin fenolik, steroid, alkaloid, dan enzim bromelin (Rini, 2017; Juariah dkk., 2018; Yudha dkk., 2018). Selain itu terdapat Mardalena dkk., (2011) juga melaporkan bahwa kulit buah nanas mengandung total anti-oksidan sebesar 38,95 mg/100 g dengan komponen bioaktif berupa vitamin C sebesar 24,40 mg/100 g, beta karoten sebesar 59,98 ppm, flavonoid 3,47%, kuersetin 1,48%, fenol 32,69 ppm dan saponin 5,29%.

Menurut Rani & Nand, (2004) melaporkan bahwa kulit nanas dalam kondisi berbeda memberi nilai biogas sebesar 0.41-0.67mg/Kg padatan volatil dengan kadar metana sebesar 41-65%. Sebuah review yang dilakukan oleh Upadhyay et al., (2010) yang mengkaji tentang manfaat dari nanas dari beberapa penelitian yang telah dilakukan melaporkan bahwa banyak sekali manfaat dari buah nanas khususnya untuk bagian yang jarang dimanfaatkan seperti kulit, batang dan daun diantaranya adalah sebagai antioksidan dan sumber asam-asam organik.

Melihat banyaknya kandungan yang ada pada kulit nanas, maka kulit nanas dapat dimanfaatkan dan diolah secara optimal menjadi berbagai produk yang bernilai

ekonomis sehingga dapat meningkatkan perekonomian masyarakat. Karena apabila tidak dimanfaatkan dengan baik nanas hanya menghiasi lingkungan kita sebagai setumpuk sampah yang menghasilkan bau busuk dan mendatangkan banyak kuman, serangga, lalat dan nyamuk yang tentunya akan berujung pada timbulnya sarang dan sumber penyakit (Holliday, 1980).

2.4 Penelitian Yang Relevan

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian mengenai penerapan PjBL-STEM dan efektivitasnya terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis. Berikut ini adalah beberapa hasil penelitian yang relevan dengan penelitian ini disajikan pada Tabel 2

Tabel 2. Penelitian yang relevan mengenai model PjBL-STEM.

No (1)	Peneliti (2)	Judul (3)	Metode (4)	Hasil (5)
1	Diawati dkk., 2021	<i>Development of The Performance Assessment Based on Cassava Peel Waste Project to Measure Creative Thinking Skills of Junior High School Students</i>	Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan model 4D. Pada tahap define dilakukan studi literatur dan studi pendahuluan. Pada tahap desain, dilakukan perencanaan dan penyusunan draft awal dalam bentuk asesmen kinerja.	Menunjukkan bahwa produk instrumen asesmen kinerja sangat layak digunakan untuk menilai kinerja siswa dalam pembelajaran IPA terpadu berbasis proyek pengolahan limbah kulit singkong.
2	Indah dkk., 2019.	<i>Using Projects-Based Learning in Improving Students' Critical Thinking Skills to Recycle Waste Cooking Oil.</i>	Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen semu dengan menggunakan <i>matching only pretest-posttest control group</i> .	Hasil penelitian menunjukkan pembelajaran berbasis proyek efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa melalui proses pemecahan masalah yang tidak terstruktur yang digunakan minyak goreng.
3.	Sarif dkk., 2019.	<i>The Effectiveness of Waste Cooking Oil Recycling Project-Based Learning to Improve Students' High Order Thinking Skills.</i>	Desain penelitian yang digunakan adalah <i>Matching Only Pretest-Posttest Control Group Design</i> . Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI MIA salah satu SMA di Bandar Lampung.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran daur ulang minyak jelantah berbasis proyek dapat meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa.
4	Insani dkk., 2018.	<i>Using Project-Based Learning in Improving Students' Critical Thinking Skills to Separate of Mixtures</i>	Penelitian ini menggunakan menggunakan <i>Non-Equivalent (Pretest-Posttest) Control Group Design</i> .	Hasil ini menunjukkan bahwa LKS PjBL efektif untuk meningkatkan CTS siswa dalam pembelajaran topik pemisahan campuran.

Tabel 2. (Lanjutan)

5.	Aninda dkk., 2019.	Implementasi Pembelajaran Berbasis Proyek Pada Materi Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Literasi STEM Siswa SMA.	Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yaitu quasi eksperimen. rancangan The Matching only Pre-test-Posttest Control Group Design (Fraenkel & Wallen, 2009: 271).	Hasil Uji beda t-test menunjukkan bahwa perolehan STEM literasi lebih baik dibandingkan dengan kelas kontrol. Sebagian besar siswa mem-berikan tanggapan positif terhadap model pembelaja-ran berbasis proyek.
6.	Ulfa dkk., 2018.	Analisis Keterampilan Berkolaborasi Siswa SMA Pada Pembelajaran Berbasis Proyek Daur Ulang Minyak Jelantah.	Metode penelitian yang digunakan adalah weak eksperimental dengan <i>desain the one-shot case study</i> . Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI MIA di SMAN 14 Bandar Lampung.	Rata-rata indikator keseluruhan keterampilan kolaborasi sebesar 80,44% berkatagori sangat baik, dengan rincian indikator berkontribusi secara aktif sebesar 68,88% berkatagori baik, indikator bekerja secara produktif sebesar 74,95%.
7	Chiang & Lee, 2016	<i>The Effect of Project-Based Learning on Learning Motivation and Problem-Solving Ability of Vocational High School Students</i>	quasi-experimental method and qualitative analysis. The objects of this study are the students majored in food and beverage from two vocational high school in Taiwan, divided into treatment group and control group. The treatment-group students are given project-based teaching method and control group students are given traditional teaching method during four week period of courses.	Hasil penelitian menunjukkan pembelajaran ber-basis proyek tidak hanya dapat meningkatkan motivasi belajar siswa SMK.
8.	Ramos dkk., 2014.	<i>Learning History in Middle School by Designing Multimedia in a Project-Based Learning Experience</i>	Metode yang digunakan para penulis memeriksa tes pengetahuan konten, proyek kelompok, dan survei sikap dan opini untuk menentukan manfaat relatif bagi siswa yang berpartisipasi dalam pengalaman belajar berbasis proyek.	Hasil dari pengukuran pengetahuan konten menunjukkan keuntungan yang signifikan bagi siswa dalam kondisi pembelajaran berbasis proyek dibandingkan dengan siswa di sekolah pembanding.
9.	Chung dkk., 2020.	<i>Using an STEAM project-based learning model for technology senior high school students: Design, development, and evaluation.</i>	Metode kuesioner dan analisis dokumenter evaluasi teman sejawat, pretes, postes dan survei laporan diri siswa untuk mengumpulkan data kualitatif dan data kuantitatif untuk analisis statistik dan validasi silang.	penerapan pembelajaran siswa mereka dari berbagai aspek iSTEAM, yang secara signifikan dapat meningkatkan imajinasi mereka, kompetensi STEAM, dan kepuasan dengan efektivitas belajar mereka.

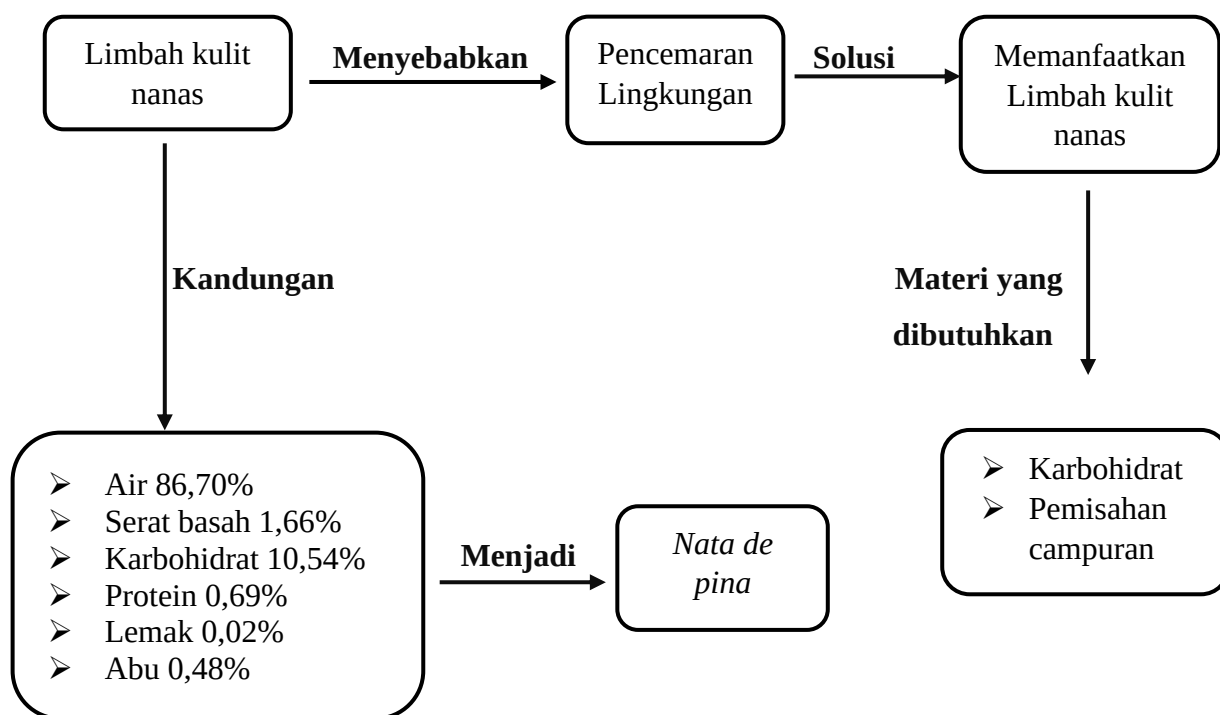
Tabel 2. (Lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
9.	Chung dkk., 2020.	<i>Using an STEAM project-based learning model for technology senior high school students: Design, development, and evaluation.</i>	Metode kuesioner dan analisis dokumenter evaluasi teman sejawat, pretes, postes dan survei laporan diri siswa untuk mengumpulkan data kualitatif dan data kuantitatif untuk analisis statistik dan validasi silang.	penerapan pembelajaran siswa mereka dari berbagai aspek iSTEAM, yang secara signifikan dapat meningkatkan imajinasi mereka, kompetensi STEAM, dan kepuasan dengan efektivitas belajar mereka.
10.	Rahmawati dkk., 2019.	Analisis Keterampilan Berkolaborasi Siswa SMA pada Pembelajaran Berbasis Proyek Daur Ulang Minyak Jelantah.	Metode penelitian yang digunakan adalah weak eksperimental dengan desain the one-shot case study.	Model PjBl berpengaruh positif terhadap tingkat kolaborasi siswa.
11.	Shin, 2018	<i>Effect of Project-Based Learning on Students' Motivation and Self Efficacy.</i>	Penelitian ini menggunakan metode studi kasus kuantitatif, dengan kuisisioner sebagai alat pengumpulan data.	Hasil penelitian ini mendukung gagasan bahwa pembelajaran berbasis proyek memiliki pengaruh positif terhadap motivasi siswa dan kerjasama.
12.	Tamba & Betty, 2017	<i>The Effect of Project Based Learning Model for Students' Creative Thinking Skills and Problem Solving.</i>	Metode yang digunakan ialah Quasi eksperimen dengan design two group pretes-posttest design. Penentuan sampel dengan random sampling.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa PjBL efektif dalam meningkatkan keterampilan berfikir kreatif dan pemecahan masalah siswa.
13.	Gene, 2014.	<i>The Project-Based Learning Approach In Environmental Education.</i>	Penelitian ini menggunakan metode mixed way, yang melibatkan pengumpulan data kualitatif dan kuantitatif yang berkaitan dengan fakta-fakta dasar dalam suatu studi rangkaian studi menganalisis data dan menafsirkan.	Hasil penelitian ini yaitu pembelajaran berbasis proyek berpengaruh positif pada sikap terhadap lingkungan siswa.
14.	Rusnawati & Tegeh, 2020.	<i>The Effect of Project Based Learning Models toward Learning Outcomes and Critical Thinking Skills of Vocational High School Students.</i>	Penelitian ini menggunakan metode kuasi eksperimen dengan design pretes-postes control grup design, dan pengambilan sampel menggunakan teknik simple random sampling.	Penggunaan E-learning berbasis PjBL efektif dalam meningkatkan keterampilan berfikir kritis dan hasil belajar siswa.

2.5 Kerangka Pemecahan Masalah Dalam Pengelolaan Limbah Kulit Nanas

Keterampilan pemecahan masalah merupakan salah satu bentuk keterampilan berpikir yang harus dimiliki siswa untuk mampu bertahan dalam menghadapi tantangan masa depan. Pemecahan masalah didefinisikan sebagai cara berpikir dalam upaya untuk menemukan suatu masalah dan memecahkannya berdasarkan informasi yang dikumpulkan dari berbagai sumber sehingga dapat diambil suatu kesimpulan yang tepat (Hamalik, 2008).

Permasalahan harus difokuskan dengan cara dikembangkan secara deskriptif kualitatif dalam bentuk gambar, peta atau kata-kata yang dapat membantu siswa dalam menemukan pokok permasalahannya. Kerangka pemecahan masalah limbah kulit nanas disajikan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Kerangka pemecahan masalah

2.6 Kerangka Pemikiran

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mendeskripsikan peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa dengan menggunakan model PjBL STEM terhadap pengolahan limbah kulit nanas. Menurut Laboy-Rush (2011), mengemukakan ada lima (tahapan) yang perlu dilakukan untuk mengimplementasikan PjBL-STEM. Pada tahap pertama yaitu *reflection* peserta didik dibagi menjadi beberapa kelompok kecil belajar, lalu siswa diberikan suatu permasalahan dengan mengamati wacana berupa fenomena terkait masalah limbah kulit nanas kemudian berdasarkan fenomena tersebut siswa dapat mengobservasi dengan menghubungkan isi wacana dengan pengetahuan yang sudah dimilikinya sehingga siswa dapat mengidentifikasi dan juga dapat merumuskan masalah, serta merumuskan hipotesis mengenai masalah limbah kulit nanas. Pada tahap ini peserta didik diharapkan dapat saling menghargai setiap pertanyaan dan hipotesis yang diajukan.

Tahap kedua yaitu *research*, peserta didik diminta untuk mencari dan mengumpulkan informasi dari berbagai sumber (buku, internet, modul, dll) dari masalah yang diamati untuk mengembangkan pengetahuan dan menggiring peserta didik menemukan acuan dalam memecahkan masalah atau membangun konsep sebagai bahan untuk merancang proyek. Selanjutnya informasi yang telah diperoleh tersebut didiskusikan kembali kepada guru untuk mengetahui apakah informasi tersebut relevan terhadap masalah yang saat ini sedang dibahas. Sehingga mendapatkan sebuah solusi dari permasalahan tersebut. Pada tahap ini peserta didik diharapkan saling berkontribusi secara aktif, produktif, dan saling berdiskusi dalam mengumpulkan informasi-informasi yang relevan untuk menyusun rencana proyek yang nantinya digunakan sebagai solusi terhadap permasalahan yang ada.

Tahap ketiga yaitu *discovery*, peserta didik berdiskusi secara berkelompok dengan berpanduan menggunakan LKPD yang disediakan oleh guru. Pada tahap ini peserta didik merancang sebuah proyek untuk membuat produk, menentukan alat dan bahan, serta merancang desain produk sebagai solusi dari masalah yang diberikan.

Tahap keempat yaitu *application*, peserta didik membuat produk dengan menggunakan alat dan bahan berdasarkan rancangan proyek yang telah dibuat, kemudian diuji coba rancangan produknya. Selanjutnya melakukan eksperimen untuk uji coba produk, dan mengumpulkan data untuk membuktikan hipotesis. Pada tahap ini diharapkan peserta didik akan saling bekerja sama dalam mengelola, dan menyelesaikan proyek dengan baik, mengharagai setiap kinerja satu sama lain sehingga nantinya mendapatkan hasil produk yang dapat digunakan untuk menjadi solusi dari permasalahan yang diberikan.

Tahap yang terakhir yaitu *communication*, peserta didik mempresentasikan hasil proyek yang telah diuji coba kepada guru dan teman sekelasnya menggunakan proyektor. Pada tahap ini peserta didik dilatih untuk dapat saling berdiskusi dengan memberikan pertanyaan, dan mengemukakan pendapat atau gagasan serta saran berdasarkan pemahaman konsep yang dimiliki. Peserta didik diharapkan dapat bertanggung jawab atas hasil proyek yang dipresentasikan dan aktif selama diskusi berlangsung.

Berdasarkan uraian diatas maka, diharapkan dengan diterapkannya pembelajaran kimia menggunakan model PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis yang dimiliki oleh setiap peserta didik.

2.7 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dalam penelitian ini adalah pembelajaran yang menggunakan model pembelajaran PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Populasi dan Sampel

Penelitian ini dilaksanakan di SMA Negeri 14 Bandar Lampung. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI.1 Kimia tahun pelajaran 2024/2025 berjumlah 104 siswa. Sampel dalam penelitian ini yaitu menggunakan Kelas XI.1 Kimia SMA Negeri 14 Bandar Lampung sebanyak 26 siswa.

Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *purposive sampling*, yaitu teknik pengambilan sampel yang didasarkan pada suatu pertimbangan tertentu yang dibuat oleh peneliti (Fraenkel & Wallen, 2006). Pertimbangan tertentu dalam penelitian ini, didasarkan pada hasil observasi dengan guru mata pelajaran kimia. Berdasarkan informasi, kelas yang kondusif dan memiliki kemampuan kognitif yang hampir sama digunakan sebagai pertimbangan dalam menentukan sampel penelitian. Berdasarkan hal tersebut, peneliti melakukan penentuan kelas yang akan digunakan sebagai kelas sampel.

3.2 Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data utama dan data pendukung. Data utama berupa skor pretes dan postes keterampilan berpikir kritis di kelas sampel. Data pendukung berupa data kinerja produk pengolahan limbah kulit nanas, data respon siswa, dan keterlaksanaan pembelajaran kimia di kelas. Sumber data dalam penelitian ini adalah seluruh siswa di kelas

3.3 Desain Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *weak eksperimen* dengan *One Group Pretest-Posttest Design* (Fraenkel & Wallen, 2006). Berikut desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Desain Penelitian *One Group Pretest-Posttest Design*

Pretest	Perlakuan	Posttest
O	X	O

Sumber: (Fraenkel & Wallen, 2006)

Keterangan:

X: Perlakuan Pembelajaran Berbasis PjBL-STEM

O: Observasi (pretes dan postes)

Pada desain ini tes yang dilakukan sebanyak dua kali yaitu sebelum dan sesudah diberikan perlakuan. Tes yang dilakukan sebelum mendapatkan perlakuan disebut pretes. Pretes diberikan sebelum meberlakukan model PjBL-STEM pada kelas sampel (O). Kemudian setelah dilakukan pretes, diberikan perlakuan berupa pembelajaran PjBL-STEM pemanfaatan limbah kulit nanas (X), pada tahap akhir diberikan postes (O).

3.4 Variabel Penelitian

Penelitian ini terdiri dari variabel terikat, variabel bebas, dan variabel kontrol. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu model pembelajaran yang digunakan yaitu model PjBL-STEM. Variabel terikat pada penelitian ini yaitu keterampilan berpikir kritis siswa kelas XI.1 Kimia SMAN 14 Bandar Lampung Tahun Pelajaran 2024/2025. Variabel kontrol yaitu berupa materi yang dipelajari dan guru yang mengajar di kelas.

3.5 Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah soal pretes dan posttest berupa soal uraian keterampilan berpikir kritis, kinerja pengolahan produk, kinerja produk berpikir siswa, respon siswa terhadap proses pembelajaran PjBL-STEM pemanfaatan limbah kulit nanas, dan keterlaksanaan pembelajaran PjBL-STEM.

1. Soal pretes dan postes

Soal pretes dan postes keterampilan berpikir kritis terkait klarifikasi dasar dari ma-salah (*elementary clarification of the problem*) 1 soal, mengumpulkan informasi dasar (*gather basic information*) 1 soal, membuat suatu inferensi (*make inferences*) 1 soal, melakukan klarifikasi lanjutan (*advanced clarification*) 1 soal, dan membuat kesimpulan (*make conclusion*) 1 soal. Rubrik penilaian pretes dan postes dengan gradasi skor 3, 2, dan 1

2. Penilaian kinerja produk pengolahan limbah kulit nanas

Aspek penilaian produk pengolahan yang dihasilkan yaitu *nata de pina* meliputi aroma, tekstur, dan warna. Penilaian skor untuk masing-masing aspek didasarkan pada rubrik penskoran, dan penilaian dilakukan berdasarkan gradasi penilaian mutu produk tertinggi diberi skor tertinggi 8 dan skor terendah 6.

3. Penilaian kinerja produk berpikir siswa

Penilaian kinerja produk berpikir didasarkan pada tulisan atau isian-isian oleh siswa. Pada LKPD terdapat sebanyak 12 pertanyaan yang disesuaikan dengan tahapan-tahapan pembelajaran PjBL-STEM menurut Laboy-Rush (2011). Penilaian terhadap jawaban siswa didasarkan pada rubrik dengan skor tertinggi 3 dan skor terendah 1.

4. Respon siswa

Repon siswa digunakan untuk mengetahui tanggapan siswa terhadap pembelajaran PjBL-STEM yang telah berlangsung. Respon siswa terdiri dari 10 item penilaian, yang dilakukan dengan cara memberikan tanda ceklis (✓) pada setiap pernyataan yang dipilih. Rubrik penilaian ini dibuat dengan menggunakan skala *likert*, dengan pernyataan positif dan tertutup. Setiap kategori pernyataan penskoran yang dipilih setiap itemnya memiliki skor tertinggi 4 dengan kategori penskoran sangat setuju, skor 3 dengan kategori penskoran setuju, skor 2 dengan kategori penskoran tidak setuju, dan skor 1 dengan kategori penskoran tidak setuju.

5. Keterlaksanaan pembelajaran PjBL-STEM

Instrumen keterlaksanaan pembelajaran digunakan untuk penilaian terhadap tahapan PjBL-STEM pengolahan limbah kulit nanas sesuai dengan modul ajar. Keterlaksanaan pembelajaran terdiri dari 5 tahapan PjBL-STEM yang akan dijadikan sebagai aspek pengamatan penilaian, menggunakan angket tertutup dengan cara memberikan tanda ceklist (✓) pada kategori penskoran yang akan dipilih setiap itemnya memiliki skor tertinggi 4 dengan kategori penskoran sangat setuju, skor 3 dengan penskoran setuju, skor 2 dengan kategori penskoran tidak setuju, dan skor 1 dengan kategori sangat tidak setuju.

3.6 Validitas Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini harus divalidasi agar data yang diperoleh sah, dapat dipercaya, serta instrumen yang digunakan valid. Pengujian isi instrumen penelitian ini akan menggunakan validitas isi. Apabila unsur-unsur tersebut terdapat kesesuaian, maka instrumen dianggap valid dan dapat digunakan untuk mengumpulkan data sesuai kepentingan penelitian yang bersangkutan. Dalam mekanisme kerjanya, pengujian kevalidan isi dilakukan dengan cara menggunakan metode *judgement*. Pengujian dilakukan dengan menguji kesesuaian antar soal pretes-postes dengan indikator keterampilan berpikir kritis oleh ahli. Selain itu memerlukan ketelitian dan keahlian penilai. Sehingga, validasi instrumen akan dilakukan dengan cara meminta bantuan dosen pembimbing penelitian untuk mengujinya.

3.7 Prosedur Penelitian

Penelitian ini direncanakan akan terdiri dari tiga tahap yaitu observasi, penelitian, dan pelaporan. Adapun langkah langkah yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Observasi

Observasi merupakan kegiatan yang dilakukan pada prapenelitian adalah melakukan observasi lapangan langsung ke sekolah. Pada tahap ini dilakukan wawancara terhadap guru mata pelajaran kimia dan peserta didik di SMA Negeri 14 Bandar Lampung bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai kurikulum, dan

model pembelajaran yang digunakan, serta meminta data awal untuk menentukan sampel penelitian, jadwal, kelengkapan alat dan bahan di laboratorium, dan sarana prasarana yang akan digunakan sebagai pendukung pelaksanaan penelitian. Selanjutnya berdiskusi dengan guru mata pelajaran terkait jadwal pelaksanaan dan teknis pelaksanaan penelitian.

2. Pelaksanaan Penelitian

Tahapan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Tahapan persiapan

Tahap pertama yaitu menyusun instrumen penelitian yang meliputi, modul ajar, LKPD berbasis PjBL-STEM, dan instrumen tes yang terdiri dari soal pretest dan postes berupa soal uraian, serta instrumen non tes berupa lembar penilaian kinerja produk, lembar penilaian kinerja produk berpikir siswa, respon siswa, dan lembar observasi terhadap tingkat keterlaksanaan pembelajaran PjBL-STEM di kelas.

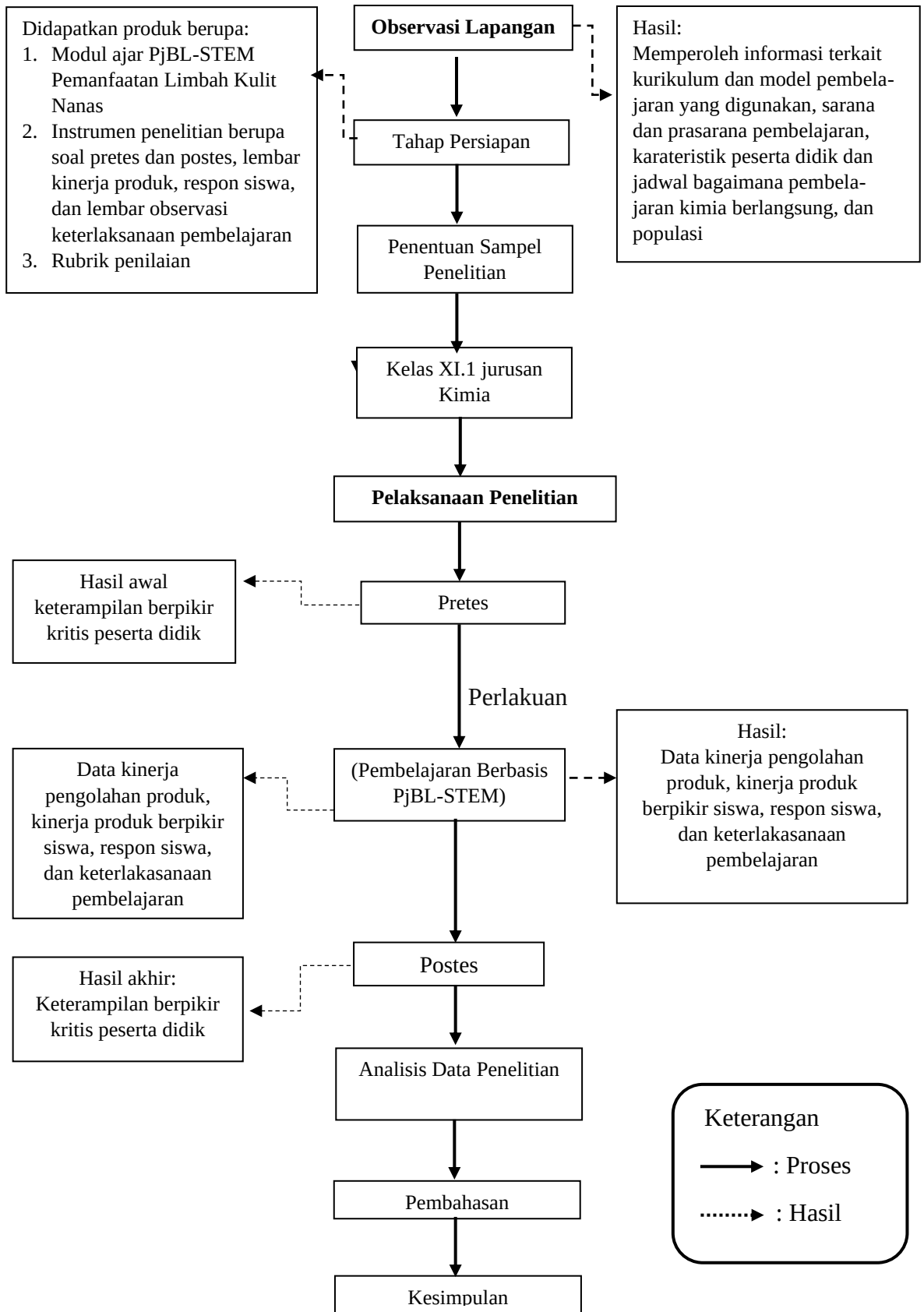
b. Tahapan pelaksanaan penelitian.

Pada tahap pelaksanaan penelitian diantaranya adalah (1) melakukan pretes pada kelas sampel; (2) melaksanakan kegiatan PjBL-STEM pada topik pemanfaatan limbah kulit nanas yang diterapkan di kelas sampel; (3) melakukan postes di kelas sampel; (4) melakukan analisis data; dan (5) menarik kesimpulan.

(c) Pelaporan

Pada tahap pelaporan ini akan dilakukan dengan membuat laporan berupa skripsi.

Laporan yang dibuat berisi mengenai hasil penelitian secara tertulis. Tahap pelaporan merupakan tahap akhir dalam proses penelitian. Prosedur penelitian tersebut digambarkan dalam bentuk diagram alir yang disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

3.8 Teknik Analisis Data dan Pengujian Hipotesis

Analisis data pada penelitian ini adalah data kuantitatif. Dalam penelitian ini adalah data yang dilakukan terhadap data utama dan data pendukung. Analisis data ini bertujuan untuk memberikan makna dari data kuantitatif yang telah didapatkan untuk menarik kesimpulan yang berkaitan dengan masalah, tujuan, dan hipotesis.

3.8.1 analisis data utama

Data utama yang diperoleh dalam penelitian ini adalah skor tes keterampilan berpikir kritis siswa sebelum penerapan pembelajaran (pretes) dan juga skor tes keterampilan berpikir kritis setelah penerapan pembelajaran (postes).

1. Perhitungan skor rata-rata pretes dan postes keterampilan berpikir kritis

Adapun perhitungan skor rata-rata pretes dan postes keterampilan berpikir kritis dihitung menggunakan *microsoft excel 2021* berdasarkan persamaan berikut:

$$\text{Skor rata-rata pretes/postes} = \frac{\text{jumlah skor pretes atau postes seluruh siswa}}{\text{jumlah seluruh siswa}}$$

2. Perhitungan skor rata-rata postes masing-masing indikator keterampilan berpikir kritis

Adapun perhitungan skor rata-rata postes masing-masing indikator keterampilan berpikir kritis dihitung menggunakan *microsoft excel 2021* berdasarkan persamaan berikut:

$$\text{Skor rata-rata postes tiap indikator} = \frac{\text{jumlah skor postes tiap indikator}}{\text{jumlah seluruh siswa}}$$

3. Perhitungan *n-gain* setiap peserta didik

Data yang diperoleh untuk pengujian hipotesis. Peningkatan penguasaan konsep dan keterampilan berpikir kritis siswa ditunjukkan oleh nilai *n-gain* yang diperoleh dalam tes. Adapun rumus *N-gain* (Meltzer, 2002) adalah sebagai berikut:

$$N\text{-gain} = \frac{\text{Skor postes} - \text{skor pretes}}{\text{skor maksimum} - \text{skor pretes}}$$

Setelah perhitungan *n-gain* masing-masing siswa, dilakukan perhitungan *n-gain* rata-rata kelas. Rumus nilai *n-gain* rata-rata kelas adalah sebagai berikut:

$$N\text{-gain rata-rata} = \frac{\sum n\text{-gain seluruh siswa}}{\text{jumlah seluruh siswa}}$$

Hasil perhitungan *N-gain* rata-rata kemudian diinterpretasikan dengan menggunakan kriteria dari (Hake, 1998). Kriteria pengklasifikasian *n-gain* menurut Hake dapat dilihat seperti pada Tabel 4

Tabel 4. Klasifikasi *N-gain*

Besarnya <i>n-gain</i>	Interpretasi
$n-gain \geq 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq n-gain < 0,7$	Sedang
$n-gain < 0,3$	Rendah

(Hake, 1998)

3.8.2 analisis data pendukung

Data pendukung yang dianalisis dalam penelitian ini yaitu penilaian produk dan respon siswa yang dijelaskan secara kualitatif dan deskriptif. Selain itu dilakukan analisis terkait keterlaksanaan pembelajaran terhadap PjBL-STEM pemanfaatan limbah kulit nanas.

1) analisis data respon siswa

Hasil angket respon siswa terhadap PjBL-STEM pemanfaatan limbah kulit nanas menggunakan angket tertutup dengan pernyataan positif, yang dilakukan dengan cara memberikan tanda ceklist (✓) pada setiap kategori yang akan dipilih, pengkategorian pada angket respon siswa seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Kategori respon siswa

Skor penilaian	Kategori
4	Sangat Setuju (SS)
3	Setuju (S)
2	Tidak Setuju (TS)
1	Sangat Tidak Setuju (STS)

Adapun langkah-langkah analisis data respon siswa terhadap STEM-PjBL pemanfaatan limbah kulit nanas sebagai berikut:

menghitung persentase skor tiap item dengan menggunakan rumus di bawah ini:

% siswa pada indikator

$$\bar{x} \text{ persentase skor tiap item} = \frac{\sum \text{skor tiap item}}{n \times \text{skor maksimal}} \times 100$$

Keterangan:

$\bar{x}$ rata-rata persentase skor tiap item

n = banyaknya siswa dalam satu kelas

menghitung persen rata-rata seluruh item dengan rumus berikut:

$$\% \bar{x}_{\text{seluruh item}} = \frac{\bar{x} \text{ persentase skor tiap item}}{\text{jumlah item}}$$

hasil perhitungan persentase rata-rata seluruh kemudian diinterpretasikan dengan menggunakan kriteria (Sugiono, 2019) yang ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kriteria penskoran respon siswa

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

(Sugiono, 2019)

2) analisis data keterlaksanaan pembelajaran

Keterlaksanaan pembelajaran STEM PjBL pemanfaatan limbah kulit nanas diukur melalui penilaian terhadap keterlaksanaan pembelajaran yang memuat tahapan dari STEM PjBL pemanfaatan limbah kulit nanas, dibuat menggunakan angket tertutup dengan pernyataan positif yang dilakukan dengan cara memberikan tanda ceklist (✓) pada setiap aspek yang akan dipilih. Adapun langkah-langkah terhadap keterlaksanaan STEM PjBL pemanfaatan limbah kulit nanas sebagai berikut:

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

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

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)

b) mengitung rata-rata ketercapaian untuk setiap aspek pengamatan.

c) menafsirkan data keterlaksanaan PjBL-STEM pemanfaatan limbah kulit nanas berdasarkan persentase ketercapaian pelaksanaan pembelajaran (Arikunto, 2022) seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Kriteria tingkat ketercapaian pelaksanaan

Persentase (%)	Kriteria
80,1 - 100	Sangat Tinggi
60,15 - 80	Tinggi
40,1 – 60	Sedang
20,1 – 40	Rendah
0,0 – 20	Sangat Rendah

(Arikunto, 2022)

2) Pengujian Hipotesis

Sebelum dilakukan uji pebedaan dua rata-rata maka dilakukan terlebih dahulu uji prasayarat yaitu uji normalitas sebagai berikut:

a. Uji Normalitas

Uji normalitas bertujuan mengetahui apakah data dari sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal atau tidak. Untuk menguji normalitas digunakan dengan uji *Chi-kuadrat* (Sudjana, 2005).

Hipotesis untuk uji normalitas:

H_0 : Sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : Sampel berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal

Dengan rumus untuk uji normalitas sebagai berikut:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Keterangan:

χ^2 = uji chi-kuadrat

O_i = frekuensi pengamatan

E_i = frekuensi yang diharapkan

Dengan kriteria uji: Terima H_0 jika $\chi^2_{hitung} < \chi^2_{tabel}$ pada taraf signifikan $\alpha = 5\%$ dan derajat kebebasan $dk = n_1 + n_2$ (Sudjana, 2005).

Dalam penelitian ini uji normalitas juga dapat dilakukan dengan uji statistik *Kolmogorov-Smirnov Test* dengan menggunakan SPSS versi 25.0. Adapun kriteria uji normalitas sebagai berikut:

- 1) Nilai signifikan $\leq 0,05$ maka data berdistribusi tidak normal.
- 2) Nilai signifikan $> 0,05$ maka data berdistribusi normal.

(Misbahuddin & Hasan, 2013).

b. Uji Perbedaan dua rata-rata

Uji perbedaan dua rata-rata dilakukan untuk mengetahui tingkat efektivitas penerapan STEM PjBL pemanfaatan limbah kulit nanas terhadap keterampilan berpikir kritis siswa.

Rumusan hipotesis untuk uji ini:

$H_a : \mu_1 \leq \mu_2$: Nilai rata-rata pretes keterampilan berpikir kritis siswa lebih kecil atau kurang dari sama dengan nilai rata-rata postes keterampilan berpikir kritis setelah diterapkan model pembelajaran STEM PjBL pemanfaatan limbah kulit nanas (efektif).

$H_o : \mu_1 > \mu_2$: Nilai rata-rata pretes keterampilan berpikir kritis siswa lebih besar dari nilai rata-rata postes keterampilan berpikir kritis setelah diterapkan model pembelajaran STEM PjBL pemanfaatan limbah kulit nanas (efektif).

Keterangan:

μ_1 = nilai rata-rata pretes keterampilan berpikir kritis siswa

μ_2 = nilai rata-rata postes keterampilan berpikir kritis siswa

Setelah data berdistribusi normal, sehingga uji perbedaan dua rata-rata ini dilakukan dengan uji statistik parametrik, yaitu menggunakan uji *dependent sample t test*. Berikut rumus manual *Dependent sampel t-test*:

Rumus Dependent sampel t-Test

$$t = \frac{\bar{D}}{\left(\frac{SD}{\sqrt{N}}\right)}$$

Keterangan:

t = Nilai t hitung

$\bar{D}$ = Rata-rata pengukuran sampel 1 dan 2

SD = Standar deviasi pengukuran sampel 1 dan 2

N = Jumlah sampel

Kriteria pengambilan keputusan yaitu:

t tabel > t hitung : H_0 diterima atau H_1 ditolak

t tabel < t hitung : H_0 ditolak atau H_1 diterima

Pengujian *dependent sample t test* juga dapat dilakukan menggunakan SPSS versi 25.0 melalui pengamatan nilai signifikansi t pada tingkat α yang digunakan (penelitian ini menggunakan tingkat α sebesar 5%). Adapun kriteria uji sebagai berikut:

1. Jika nilai signifikan > 0,05 maka H_0 diterima atau H_1 ditolak (perbedaan nilai yang signifikan).
2. Jika nilai signifikan < 0,05 maka H_0 ditolak atau H_1 diterima (perbedaan nilai yang tidak signifikan). (Widiyanto, 2013).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa pembelajaran PjBL-STEM pemanfaatan limbah kulit nanas efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA. Hal tersebut didasarkan pada persentase siswa rata-rata *N-gain* berkategori sedang dan terdapat perbedaan signifikan antara nilai rata-rata nilai postes dengan nilai rata-rata nilai pretes. Pembelajaran PjBL-STEM pemanfaatan limbah kulit nanas memperoleh respon dengan kategori sangat baik dari siswa dan tingkat keterlaksanaan pembelajaran berkategori tinggi.

5.2 Kendala

Selama berlangsungnya kegiatan penelitian di SMA negeri 14 Bandar Lampung Adapun kendala yang dialami oleh peneliti yaitu jadwal untuk meneliti bertabrakan dengan adanya kegiatan proyek penguatan pelajar Pancasila (P5), latihan Ujian Sekolah, Ujian Sekolah, dan Sumatif Akhir Semester.

5.3 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan bahwa:

1. Bagi guru dan calon peneliti yang juga tertarik dengan penelitian model PjBL-STEM pemanfaatan limbah kulit nanas sebaiknya lebih memperhatikan dalam pemilihan alokasi waktu yang sesuai agar tidak berbenturan dengan kegiatan-kegiatan yang ada di sekolah yang hendak diteliti, sehingga penelitian dapat berjalan dengan baik.

2. Bagi guru yang ingin menerapkan pembelajaran berbasis proyek sebaiknya lebih mempersiapkan diri dengan memperluas wawasan terkait alternatif bahan dan alat yang digunakan agar nantinya dapat memandu siswa dalam menghasilkan suatu produk.
3. Bagi sekolah sebaiknya memperhatikan fasilitas-fasilitas belajar bagi siswa seperti alat-alat dan bahan-bahan laboratorium agar mempermudah siswa

DAFTAR PUSTAKA

- Affandy, H., Aminah, N.S., & Supriyanto, A. 2019. Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Fluida Dinamis di SMA Batik 2 Surakarta. *Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika*. 9 (1), 25-33.
- Aini, M., Ridianingsih, D. S., & Yunitasari, I. 2022. Efektifitas Model Pembelajaran Project Based Learning (PjBL) Berbasis STEM Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Kiprah Pendidikan*, 1 (4), 247-253.
- Airadila, N., Rahmi, Y., & Wahyuni, E. 2023. Penerapan Model STEM Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Inovasi Pembelajaran*, 10(2), 101–110.
- Aninda, A., Permanasar, A., & Ardianto, D. 2019. Implementasi Pembelajaran Berbasis Proyek Pada Materi Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Literasi STEM Siswa SMA. *Journal of Science Education and Practice*, 3(2), 1-16.
- Arikunto, S. 2002 . *Metodologi Penelitian*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung. 2024. *Produksi Buah-buahan Menurut Jenis Tanaman dan Kabupaten/Kota di Provinsi Lampung, 2023*. Diakses pada 13 Maret 2025 dari <https://lampung.bps.go.id>.
- Becker, K., & Park, K. 2011. Effects of integrative approaches among science , technology , engineering , and mathematics (STEM) subjects on students ' learning : *A preliminary meta-analysis*. 12(5), 23–37.
- Bell, S. 2010. Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future. The Clearing House. *A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 83(2), 39–43.
- Brookfield, S. D. 2012. *Teaching for Critical Thinking: Tools and Techniques to Help Students Question Their Assumptions*. Jossey-Bass

- Brundiers, K. & Wiek, A. 2013. Do we teach what we preach? An international comparison of problem- and project-based learning courses in sustainability. *Sustainability*. 5(4): 1725–1746.
- Bybee, R. W. 2013. *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. NSTA Press.
- Capraro, R.M., Capraro, M.M., & Morgan, J.R. 2013. *STEM Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach. (second ed)*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Cheng, Y. C., & So, W. W. M. 2020. Managing STEM learning: a typology and four models of integration. *International Journal of Educational Management*, 34 (6), 1063–1078.
- Chiang, C.L. & Lee, H. 2016. The Effect of Project-Based Learning on Learning Motivation and Problem-Solving Ability of Vocational High School Students. *International Journal of Information and Education Technology*. 6(9): 709-711.
- Chung, C.C., Huang S.L., Cheng. Y.M., & Lou. S.J. 2020. Using an iSTEAM project-based learning model for technology senior high school students: Design, development, and evaluation. *International Journal of Technology and Design Education*. 32: 905–941.
- Cottrell, S. 2005. *Critical thinking skills: Developing effective analysis and argument*. Palgrave Macmillan.
- Daryanto, & Mulyo R. 2012. *Model Pembelajaran Inovatif*. Yogyakarta: Gava Media.
- Deasy., Rahmayuni., Chairul., & Utami, S. P. 2014. Pembuatan Bioetanol Dari Kulit Nanas dengan Metode *Liquid State Fermentation* (LSF) dengan Variasi Waktu dan Konsentrasi Inokulum. *Journal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, 1 (2), 1-5.
- Depdiknas. 2004. *Kerangka Dasar Kurikulum 2004*. Jakarta.
- Diana, N., Yohanes., & Sukma, Y. 2021. The effectiveness of implementing project-based learning (PjBL) model in STEM education: A literature review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1-6.
- Diawati, C., Fadiawati, N., & Syamsuri, M. M. F. 2021. Development of The Performance Assessment Based on Cassava Peel Waste Project to Measure Creative Thinking Skills of Junior High School Students. *Jurnal Pendidikan MIPA*. 22 (2), 305-311
- Duron, L., & Waugh. 2006. *Critical Thinking Framework For Any Discipline*. [Online]. Tersedia: <http://www.isetl.org/ijtlhe/>.

- Elder, L., & Paul, R. 2008. *The miniature guide to critical thinking: Concepts and tools* (5th ed.). Foundation for Critical Thinking.
- Ennis, R. H. 2011. *The Nature of Critical Thinking: An Outline of Critical Thinking Dispositions and Abilities*. University of Illinois.
- Ennis, R. H. 1985. A Logical Basis for Measuring Critical Thinking Skills. *Educational Leadership*, 43 (2), 44-48.
- Ennis, R. H. 2011. *The Nature Of Critical Thinking: An Outline Of Critical Thinking Disposition And Abilities*. University of Illinois.
- Facione, P. A. 2015. *Critical Thinking: What It Is and Why It Counts*. Measured Reasons and The California Academic Press, Millbrae, CA.
- Farihatun, S. M., & Rusdarti. 2019. Economic Education Analysis Journal. *EEAJ*, 8(2), 640.
- Fathurrohman, M. 2016. *Model-model Pembelajaran Inovatif*. Yogyakarta: Ar-ruzz Media.
- Febriyanti, L., & Rufita, E. 2011. Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Kulit Nanas (*Ananas Comosus L. Merr*) Dengan Proses Ezimasi dan Fermentasi. Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Fisher, A. 2001. *Critical Thingking an Introduction*. Cambridge University Press.
- Fitriana, D., & Wahyuni, E. S. 2021. Pengolahan limbah kulit nanas sebagai upaya pengurangan sampah organik. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(2), 112–118.
- Fraenkel, J.C, & Wallen, N.E. 2006. *How to Design and Evaluate Research in Education*. New York: McGraw-Hill, inc.
- Gene, M. 2014. The project-based learning approach in environmental education. *International Research in Geographical and Environmental Education*.
- Hake, R.R. 1998. Interactive engagement v.s traditional methods: six- thousand student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*. 66(1): 1-26.
- Hasruddin. 2009. Memaksimalkan Kemampuan Berpikir Kritis melalui Pendekatan Kontekstual. *Jurnal Tabularasa PPS Unimed*. 6 (1): 48-60
- Hemalatha, R., & Anbuselvi, S. 2013. Physicochemical Constituents of Pineapple Pulp and Waste. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 5, 240-242.

- Insani, N., Fadiawati, N., Rudibyani, R. B., & Syamsuri, M. M. F. 2018. Using Project-Based Learning in Improving Students' Critical Thinking Skills to Separate of Mixtures. *International Journal of Chemistry Education Research* . 2 (2): 84-88.
- Jauhariyyah, F. R. A., Suwono, H., & Ibrohim, I. 2017. Science, technology, engineering and mathematics projectbased learning (STEM-PjBL) pada pembelajaran sains. In Seminar Nasional Pendidikan IPA, 2.
- Johnson, E. B. 2010. *Contextual Teaching & Learning: Menjadikan Kegiatan Belajar-Mengajar Mengasyikkan dan Bermakna*. Bandung: Kaifa
- Kemendikbud. No.0490/U/1992. *Sekolah Menengah Kejuruan*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Komara, E. 2018. Penguatan Pendidikan Karakter dan Pembelajaran Abad 21. *South-East Asian Journal for Youth, Sports & Health Education Bandung*, 4 (1).
- Krajcik, J. S., & Blumenfeld, P. C. 2006. *Project-Based Learning*. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 317–333). Cambridge University Press.
- Kuswana, W.S. 2011. *Taksonomi Berpikir*. Bandung, Indonesia: PT Remaja Rosdakarya.
- Laboy-Rush, D. 2011. Integrated STEM Education Through Project-Based Learning. *Learning.com*, 12(4), 1-12.
- Laksmono, R., & Widodo, P. 2017. Pengambilan Keputusan Strategik Energi dan Implementasinya. Ketahanan Energi, Learning in Improving Students' Critical Thinking Skills to Recycle Waste Cooking Oil. *International Journal of Chemistry Education Research* . 3(1): 23-28.
- 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.
- Lestari, N. D., Pratiwi, D., & Widodo, H. 2020. Potensi kulit nanas sebagai produk ramah lingkungan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(1), 45–52.
- Lou, S., Shih, R., Diez, C.R., & Tseng, K. 2011. The impact of problem-based learning strategies on STEM knowledge integration and attitudes: an exploratory study among female Taiwanese senior high school students. *International Journal of Technology and Design Education*, 21, 195-215.

- Lucas, George Educational Foundation. 2007. Instructional module projectbased learning. [Online]. Diakses dari <http://www.edutopia.org/modules/pbl/project-based-learning>.
- MacDonell, C. 2007. *Project-Based Inquiry units for young children: First Steps to research for Grades pre-K-2*. Ohio: Linworth Publishing, Inc.
- Marlina, W., & Jayanti, D. 2019. 4C dalam Pembelajaran Matematika untuk Menghadapi Era Revolusi Industri 4.0. *Prosiding Sendika*, 5 (1), 392-396.
- McTighe, J., & Wiggins, G. 2013. *Essential questions opening doors to student understanding*. Alexandria, VA: ASCD.
- Meltzer. 2002. *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D)*. Bandung: Alfabeta.
- 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.
- Misbahudin, & Iqbal, H. 2013. *Analisis Data Penelitian Dengan Statistik*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Muharomah, T., Fadiawati, N. & Saputra, A. 2019. Efektivitas Pembelajaran Berbasis Proyek Daur Ulang Minyak Jelantah dalam Meningkatkan Keterampilan Berkomunikasi Siswa. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia*, 8 (2): 417-429.
- Nafiah, Y N., & Suyanto, W. 2014. Penerapan Model Problem-Based-Learning untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 4 (1), 125-143.
- Nafiah, Y. N. 2015. Penerapan Model Problem-Based Learning untuk meningkatkan keterampilan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Pendidikan Vokasi*. 4(1): 125-142.
- Nasution. 2007. *Metode Research: Penelitian Ilmiah*. Jakarta, Indonesia: Bumi Aksara .
- Ngalimun. 2013. *Perkembangan dan Pengembangan Kreativitas*. Yogyakarta: Aswaja Pressindo
- Norris, S. P. & Ennis, R. 1989. *Evaluating Critical Thinking*. In R. J. Swartz & D. N. Perkins (Eds.), *The Practitioner's Guide to Teaching Thinking Series*. Pacific Grove, CA: Midwest Publications.

- Norris, S. P. (2018). *Thinking critically about critical thinking*. In R. J. Sternberg & D. D. Halpern (Eds.), *Critical Thinking in Psychology* (pp. 3–18). Cambridge University Press.
- Nurhadiyati, Rusdinal, & Fitria. 2021. Pengaruh Model Project Based Learning (PjBL) terhadap Hasil Belajar Siswa Di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*. 5(1): 327-333
- Nuryanti, L., Zubaidah, S., & Diantoro, M. 2017. Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP. *Jurnal Pendidikan*. 3(2): 155-158.
- OECD. 2023. PISA 2022 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy. OECD Publishing.
- Paul, R., & Elder, L. 2014. *The Miniature Guide to Critical Thinking Concepts and Tools*. Foundation for Critical Thinking.
- Paul, R., & Elder, L. 2008. *The Miniature Guide to Critical Thinking Concepts and Tools*. Berkeley: University of California.
- Persia, A. N. 2018. Studi Tentang Cadangan Penyangga Minyak (CPM) Untuk Mewujudkan Ketahanan Energi Indonesia. *Ketahanan Energi*, 4(2), 1–20.
- Pujiono, S. 2012. Berpikir Kritis dalam Literasi Membaca dan Menulis Untuk Memperkuat Jati Diri Bangsa. *Prosiding Bahasa dan Sastra Indonesia*. Yogyakarta.
- Putri, I. N. A., Fadiawati, N., & Syamsuri, M. M. F. 2019. Using Projects-Based Learning in Improving Students' Critical Thinking Skills to Recycle Waste Cooking Oil. *International Journal of Chemistry Education Research*, 3 (1), 23-28.
- Rahmawati, A., Fadiawati, N. & Diawati, C. 2019. Analisis Keterampilan Berkolaborasi Siswa SMA pada Pembelajaran Berbasis Proyek Daur Ulang Minyak Jelantah. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia*, 8 (2) : 430-443.
- Rahmawati, M.D. 2014. Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Pembelajaran Fisika dengan Pendekatan Starter Eksperimen.
- Ralph, R. A. 2015. Post secondary project-based learning in science, technology, engineering and mathematics. *Journal of Technology and Science Education*, 6(1), 26–35. <https://doi.org/10.3926/jotse.155>

- Ramos, P. H., Paz., & Susan, D. L. 2009. Learning History in Middle School by Designing Multimedia in a Project-Based Learning Experience. *Journal of Research on Technology in Education*, 152.
- Ristiasari, H., Zubaidah, S., & Amin, M. 2012. Penerapan pembelajaran inkuiri terbimbing untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar siswa pada pelajaran biologi. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 8(1), 16–22.
- Ristiasari, T., Priyono, B., dan Suakesih, S. 2012. Model Pembelajaran Problem Solving Dengan Mind Mapping Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Unnes Journal of Biology Education*, 1(3).
- Rusnawati, S., & Tegeh. 2020. The Effect of Project Based Learning Models toward Learning Out-comes and Critical Thingking Skills of Vocational High School Students. *JPP (Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran)* 27(2), 57-64.
- Sagala, R., Umam, R., Thahir A., Saregar, A., & Wardani, I. 2019. The effectiveness of STEM-Based on Gender Differences: The impact of Physics Concept Understanding. *European Journal of Educational Research*, 8 (3), 753– 761.
- Sari, D. P., & Nugroho, A. 2023. Pemanfaatan limbah kulit nanas sebagai bahan ajar berbasis STEM untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. *Jurnal Pendidikan Sains dan Teknologi*, 14(1), 45–52.
- Sari, T. S., Angreni., & Siska. 2018. Penerapan Model Pembelajaran Project Based Learning (PjBL) Upaya Peningkatan Kreativitas Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan*. 30(1): 79-83.
- Sarif, Y., Fadiawati, N., & M. Mahfudz, F.S. 2019. The Effectiveness of Waste Cooking Oil Recycling Project-Based Leraning to Improve Students' Hifth Order Thingking Skills. *International Journal of Chemistry Education Research (IJCER)*, 3(1), 29-34.
- Shin, M.H. 2018. Effects of Project-based Learning on Students' Motivation and Self-efficacy. *Journal English Teaching*. 73(1).
- Sidharta, F. M. 1989. Pemanfaatan Limbah Pengolahan Nanas(*Ananas comosuss* L. Merr) Sebagai Bahan Baku Pembuatan. *Jurnal Riset Industri*, 5(1), 77-89.
- Sirajudin, N., Suratno, J., & Pamuti. 2021. Developing creativity through STEM education. *Journal of Physics: Conference Series*.

- Suciani, T., Lasmanawati, E., & Rahmawati, Y. 2018. Pemahaman Model Pembelajaran Sebagai Kesiapan Praktik Pengalaman Lapangan (Ppl) Mahasiswa Program Studi Pendidikan Tata Boga. *Jurnal Pendidikan*. 7(1).
- Sudjana. 2005. *Metode Statistika*. Bandung: Tarsito.
- Sugiyono. 2019. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung : Alfabet.
- Sulistiani, E., & Masrukan, M. 2017. Pentingnya Berpikir Kritis dalam Pembelajaran Matematika untuk Menghadapi Tantangan MEA. *Seminar Nasional Matematika X*. Universitas Negeri Semarang, 605-612.
- Sulistiani, E., & Masrukan, M. 2017. Pentingnya Berpikir Kritis dalam Pembelajaran Matematika untuk Menghadapi Tantangan MEA. *Seminar Nasional Matematika X Universitas Negeri Semarang*. Semarang, 605-611.
- Sulistiawati & Endah. 2012. *Implementasi Kurikulum Pendidikan Karakter*. Yogyakarta: PT Aji Citra Parama.
- Suparti, Farid, & Sundaryono. 2020. Modul Pembelajaran Pemanfaatan Kulit Durian Untuk Meningkatkan Kemampuan Kognitif Siswa Sekolah Menengah Pertama (SMP). *PENDIPA Journal of Science Education*, 4(3), 14-19.
- Surdayanti, D. A., Fauzi, A., Dharmawan., & Putri, E. I. K. 2017. Bioenergi dan Transformasi Sosial Ekonomi Pedesaan (Studi Kasus: Desa Talau Dan Desa Tanjung Beringin, Kabupaten Pelalawan, Provinsi Riau). *Jurnal Sosiologi Pedesaan*, 5 (3), 191-200.
- Suryanti & Isnawati. 2008. *Model-model Pembelajaran Inovatif*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Susanti, R., Kurniawan, D., & Anggraeni, T. 2022. Analisis kandungan lignoselulosa pada kulit nanas dan implikasinya terhadap pengelolaan limbah. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 23(3), 178–185.
- Tamba, M., & Betty. 2017. The Effect of Project Based Learning Model for Students' Creative Thingking Skills and Problem Solving. *IOSR Journal of Research & Method in Education (IOSR-JRME)*. 7(5), 67-70. Titisari, P. W., Elfis, Khairani, & Janna, N. 2020. Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Nanas (Ananas Comosus L. Merr) Menjadi Sirup dan Nata de Pina Untuk Meningkatkan Pendapatan Rumah Tangga. *Community Education Engagement Journal*, 1 (2), 2686-6129.

- Tseng, K. H., Chang, C. C., Lou, S. J., & Chen, W. P., 2013. Attitudes Towards Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) in a Project Based Learning (PjBL) Environment. *International Journal Technology and Design Education*, 23, 87–102.
- Ulfa, M., Fadiawati, N., & Diawati, C. 2018. Efektivitas Model Pembelajaran Berbasis Masalah Pencemaran Oleh Limbah Dertergen Dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia*, 7 (2), 1-15.
- Verianita, F. A., & Wardani, N. S. 2021. Peningkatan Ketrampilan Berpikir Kritis dalam Pembelajaran Tematik Diupayakan Melalui Pendekatan Berbasis Masalah. *Jurnal Pendidikan*, 31 (3), 371-380.
- Wandono, E. H., Kusdiyantini, E., & Hadiyanto. 2020. Efektivitas Limbah Kulit Nanas Madu (Ananas Comosus L. Merr) Untuk Pembuatan Bioetanol dengan Proses Fermentasi dan Distilasi. *Jurnal Energi Baru & Terbarukan*, 1 (2). 45-53.
- Widiyanto, A. M. 2013. *Statistika Terapan. Konsep dan Aplikasi dalam Penelitian Bidang Pendidikan*. Psikologi dan Ilmu Sosial Lainnya. Jakarta: PT Elex Media Komputindo
- Widiyatmiko. 2012. Pembelajaran Berbasis Proyek untuk Mengembangkan Alat Peraga IPA Dengan Memanfaatkan Bahan Bekas Pakai. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 10 (2).
- Widiyono, A., Zumrotun, E., Wahyuningtyas, I. N., Ariyanti, D. P. 2023. Penerapan Model PjBL-STEM melalui Smart Apps Creator (SAC) terhadap keterampilan Berpikir Kritis Siswa di Sekolah Dasar. DWIJA CENDEKIA: *Jurnal Riset Pedagogik*, 7 (3), 1088-1094.
- Windasari, N. S., Yamtinah, S., & Vh, S. (2020). *Pengaruh Model Project Based Learning Terintegrasi STEM (PjBL-STEM) Terhadap Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Pada Materi Asam Dan Basa Kelas Xi Di Sma Negeri 3 Surakarta*. 9(1), 47–53.
- Wulan, & Yusmaita, E. 2023. Analisis Pemahaman Kimia dan Keterampilan Proses pada Kurikulum Merdeka Fase F Topik Asam-Basa SMA/MA. *Jurnal beta Kimia*, 3 (2,), 37-43.