

**EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN BERBASIS PROYEK PENGOLAHAN
LIMBAH KULIT NANAS DAN AMPAS TEBU DALAM
MENINGKATKAN KETERAMPILAN
BERPIKIR KRITIS SISWA SMA**

(SKRIPSI)

Oleh:

**UPIT NURJANA
NPM 2013023050**



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

ABSTRAK

EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN BERBASIS PROYEK PENGOLAHAN LIMBAH KULIT NANAS DAN AMPAS TEBU DALAM MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA SMA

Oleh

UPIT NURJANAH

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan efektivitas pembelajaran berbasis proyek pengolahan limbah kulit nanas dan ampas tebu dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI di SMAN 16 Bandarlampung tahun pelajaran 2024/2025. Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *purposive sampling* dan kelas XI F4 dijadikan sebagai sampel penelitian. Metode penelitian yang digunakan adalah *Weak-Eksperiment* dengan *The One Group Pretest-Posttest Design*. Perangkat pembelajaran meliputi RPP, LKPD berbasis proyek, serta instrumen penelitian yang terdiri dari soal pretes postes keterampilan berpikir kritis yang terdiri dari 7 soal essay, dan instrumen lembar kinerja produk siswa, instrumen angket respon siswa, dan lembar observasi terhadap keterlaksanaan PBP. Teknik analisis data dilakukan dengan uji statistik parametrik uji *t* dan perhitungan *n-gain*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata skor postes siswa lebih tinggi daripada rata-rata skor pretes, dengan *n-gain* rata-rata siswa yaitu sebesar 0,74 yang berkategori minimal sedang. Rata-rata persentase respon siswa sebesar 82,55% berkategori sangat baik dan keterlaksanaan pembelajaran sebesar 81,82% berkategori sangat tinggi. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pembelajaran berbasis proyek pengolahan limbah kulit nanas dan ampas tebu efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA.

Kata kunci: keterampilan berpikir kritis, limbah kulit nanas dan ampas tebu, pembelajaran berbasis proyek

ABSTRACT

THE EFFECTIVENESS OF PROJECT-BASED LEARNING IN PINEAPPLE PEEL AND SUGARCANE BAGASSE WASTE PROCESSING TO ENHANCE CRITICAL THINKING SKILLS AMONG HIGH SCHOOL STUDENTS

By

UPIT NURJANAH

This research aims to describe the effectiveness of project-based learning on the processing of pineapple peel and sugarcane bagasse waste in improving high school students' critical thinking skills. The population in this research is all 11th-grade students at SMAN 16 Bandarlampung in the 2024/2025 academic year. The sample was taken using purposive sampling technique and class XI F4 was chosen as the research sample. The research method used is a weak-experiment with The One Group Pretest-Posttest Design. The learning tools include lesson plans (RPP), project-based student worksheets (LKPD), and research instruments consisting of critical thinking pretest-posttest questions which consist of 7 essay questions, and instruments such as the student product performance sheet, student response questionnaire, and observation sheet on the implementation of PBL. Data analysis techniques were conducted using parametric statistical t-test and n-gain calculation. The research results showed that the average posttest score of students was higher than the average pretest score, with an average n-gain of 0,74, categorized as at least moderate. The average percentage of student responses was 82,55% in the very good category, and the implementation of learning reached 81,82% in the very high category. Based on the results of this research, it can be concluded that project-based learning on the processing of pineapple peel and sugarcane bagasse waste is effective in improving high school students' critical thinking skills.

Keywords: critical thinking skills, pineapple peel and sugarcane bagasse waste, project-based learning

**EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN BERBASIS PROYEK PENGOLAHAN
LIMBAH KULIT NANAS DAN AMPAS TEBU DALAM
MENINGKATKAN KETERAMPILAN
BERPIKIR KRITIS SISWA SMA**

Oleh:

UPIT NURJANA

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 Penelitian : EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN
BERBASIS PROYEK PENGOLAHAN
LIMBAH KULIT NANAS DAN AMPAS
TEBU DALAM MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS
SISWA SMA

Nama Mahasiswa : Upit Nurjanah

Nomor Pokok Mahasiswa : 2013023050

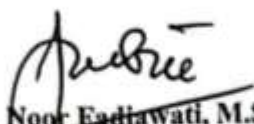
Program Studi : Pendidikan Kimia

Jurusan : Pendidikan MIPA

Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan




Prof. Dr. Chansyanah Diawati, M.Si.
NIP 19660824 199111 2 002


Dr. Noor Eddiawati, M.Si.
NIP 19660824 199111 2 001

2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA


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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Prof. Dr. Chansyanah Diawati, M.Si

Sekretaris

: Dr. Noor Fadiawati, M.Si.

Penguji
Bukan Pembimbing

: Dra. Ila Rosilawati, M.Si.

2. Dekan fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan



Dr. Albert Maydiantoro, M.Pd.
NIP. 19870504 201404 1 001

[Handwritten signatures of Prof. Dr. Chansyanah Diawati, M.Si., Dr. Noor Fadiawati, M.Si., and Dra. Ila Rosilawati, M.Si.]

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 24 Juni 2025

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Upit Nurjanah
Nomor Pokok Mahasiswa : 2013023050
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, sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila ternyata kelak di kemudian hari terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka saya akan bertanggung jawab sepenuhnya.

Bandarlampung, 24 Juni 2025



Upit Nurjanah
NPM 2013023050

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Seputih Mataram, Lampung Tengah, pada tanggal 06 Juni 2002, anak keempat dari empat bersaudara, putri dari Bapak Mardiono dan Ibu Muji Wahyuni. Penulis mengawali pendidikan di Sekolah Dasar Swasta 01 Gula Putih Mataram, Lampung Tengah (2008-2014), dan dilanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama Gula Putih Mataram, Mataram Udik, Lampung Tengah (2014-2017) dan dilanjutkan ke Sekolah Menengah Atas Negeri 5 Metro, Lampung (2017-2020).

Pada tahun 2020 penulis diterima di Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi anggota bidang Kaderisasi dan Dana Usaha Fosmaki Universitas Lampung. Pengalaman mengajar dan mengabdikan yang pernah diikuti selama perkuliahan yaitu PLP (Pengenalan Lapangan Persekolahan) yang terintegrasi dengan kuliah kerja nyata (KKN) di Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 2 Banjir, Way Kanan. Selain itu, penulis juga pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Kimia Unsur Tahun Akademik 2022/2023.

PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmanirrohim

Dengan Rahmat Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, skripsi ini kupersembahkan kepada:

Ibunda Muji Wahyuni dan ayah Mardiyono yang selalu menjadi semangat dan motivasi saya dalam menyelesaikan skripsi ini, terima kasih telah membesarkan, merawat, mendukung serta selalu mendoakan saya dalam setiap langkah perjalanan dalam menempuh pendidikan hingga saya bisa menyelesaikan skripsi ini.

Kakak-kakakku, mbak Leni, mas Idris dan mas Baroq, terimakasih selalu memberikan dukungan serta kebahagiaan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Almamater tercinta Universitas Lampung

MOTTO

“Kerja keras adalah kunci untuk meraih kesuksesan, tetapi kerja keras tanpa disertai doa tidak akan sempurna.”

(Buya Hamka)

“Jangan merasa iri kepada orang lain, setiap manusia sudah ditakdirkan oleh Allah SWT keberhasilan masing-masing, terlambat bukan berarti gagal, cepat bukan berarti hebat, terlambat bukan menjadi alasan untuk menyerah, setiap orang memiliki proses yang berbeda.

Terbentur, terbentur, terbentur, lalu terbentuk.”

(Ust. Felix Siauw)

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga skripsi yang berjudul "Efektivitas Pembelajaran Berbasis Proyek Pengolahan Limbah Kulit Nanas dan Ampas tebu dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA" dapat terselesaikan, sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana pendidikan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan yang ada pada penulis. Penulisan skripsi ini tentunya tidak lepas dari bantuan doa, bimbingan, motivasi, kritik dan saran yang telah diberikan oleh berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini disampaikan terimakasih secara tulus kepada:

1. Dr. Albert Maydiantoro, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung;
2. Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA;
3. Dr. M. Setyarini, M.Si., selaku Kepala Program studi Pendidikan Kimia;
4. Prof. Dr. Chansyanah Diawati, M.Si., selaku Pembimbing I sekaligus Pembimbing Akademik atas kesediaan, kesabaran dan keikhlasannya untuk memberikan bimbingan, motivasi, kritik dan masukan selama masa studi dan penulisan skripsi;
5. Dr. Noor Fadiawati, M.Si., selaku Pembimbing II atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, motivasi, saran dan masukan untuk skripsi ini;
6. Dra. Ila Rosilawati, M.Si., selaku Pembahas atas masukan dan perbaikan yang telah diberikan;

7. Seluruh dosen Program Studi Pendidikan Kimia dan segenap civitas akademik Jurusan Pendidikan MIPA atas ilmu dan bantuan yang telah diberikan;
8. Kusnadi, S.Pd., selaku kepala sekolah SMA Negeri 16 Bandar Lampung dan Devi Rahmayani, S.Pd., selaku guru mata pelajaran kimia atas bantuan dan kerjasamanya selama penelitian berlangsung;
9. Keluarga besar yang telah memberikan dukungan serta doa tulus yang selalu dilantunkan demi kelancaran menyelesaikan studi di Pendidikan Kimia;
10. Rekan seperjuangan skripsi Fasya dan Asni yang selalu menjadi kekuatan, menyalakan semangat, serta membagikan energi positifnya hingga akhir;
11. Sahabat-sahabatku May, Ambar, Ika, Alvina, Emilia yang selalu ada dan menjadi pendengar keluh kesah selama perkuliahan ini, serta membingkai perjalanan ini dengan tawa dan ketulusan.
12. Teman perjuangan Bintang, Afif, Adel, Dini, Inge terimakasih telah menjadi teman berkeluh kesah serta segala bantuannya selama perkuliahan;
13. Keluarga Pendidikan Kimia 2020 terimakasih atas bantuan dan dukungan selama berjuang di Pendidikan Kimia;
14. Semua pihak yang terlibat dalam proses penyusunan skripsi ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terimakasih atas segala bantuan, dukungan, kritik, dan saran yang telah diberikan.

Bandarlampung, 24 Juni 2025

Penulis,

Upit Nurjanah

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Ruang Lingkup	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pembelajaran Berbasis Proyek	6
2.2 Keterampilan Berpikir Kritis	9
2.3 Limbah Kulit Nanas dan Ampas Tebu	10
2.3.1 Limbah kulit nanas	10
2.3.2 Limbah ampas tebu.....	12
2.4 Penelitian yang Relevan	14
2.5 Kerangka Pemecahan Masalah Dalam Pengolahan Limbah Kulit Nanas dan Ampas Tebu	16
2.6 Kerangka Pemikiran	19
2.7 Hipotesis Penelitian	21
III. METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Populasi dan Sampel	22
3.2 Jenis dan Sumber Data	22
3.3 Desain Penelitian	22

3.4 Variabel Penelitian	23
3.5 Perangkat Pembelajaran dan Instrumen Penelitian	23
3.5.1 Perangkat pembelajaran.....	23
3.5.2 Instrumen penelitian	24
3.6 Prosedur Pelaksanaan Penelitian	25
3.6.1 Observasi	25
3.6.2 Pelaksanaan penelitian.....	26
3.7 Teknik Analisis Data	28
3.7.1 Analisis data utama.....	28
3.7.2 Analisis data pendukung.....	29
3.8 Pengujian Hipotesis	32
3.8.1 Uji normalitas	32
3.8.3 Uji perbedaan dua rata-rata.....	33
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1 Hasil Penelitian.....	35
4.1.1 Rata-rata skor pretes dan postes keterampilan berpikir kritis.....	35
4.1.2 Kinerja produk siswa dan produk berpikir.....	39
4.1.3 Respon siswa terhadap PBP pengolahan limbah kulit nanas dan limbah ampas tebu.....	41
4.1.4 Keterlaksanaan PBP pengolahan limbah kulit nanas dan limbah ampas tebu.....	42
4.2. Pembahasan.....	43
4.2.1 <i>Orientation</i>	43
4.2.2 <i>Identifying and defining a project</i>	43
4.2.3 <i>Planning a project</i>	47
4.2.4 <i>Implementing a project</i>	58
4.2.5 <i>Documenting and reporting project findings</i>	61
4.2.6 <i>Evaluating and taking action</i>	62
4.2.7 Kinerja produk.....	64
4.2.8 Kendala.....	66
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	68
5.1 Kesimpulan.....	68
5.2 Saran	68

DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN.....	79
1. Data hasil skor pretes keterampilan berpikir kritis siswa.....	80
2. Rekapitulasi uji statistik nilai pretes, postes dan <i>n-gain</i>	82
3. Uji normalitas, homogenitas dan perbedaan dua rata-rata.....	85
4. Rekapitulasi respon siswa dan lembar observasi keterlaksanaan PBP.....	88
5. Rekapitulasi skor kinerja produk dan produk berpikir.....	89
6. Surat keterangan penelitian.....	91

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tahap-tahap pembelajaran berbasis proyek	7
2. Ciri-ciri keterampilan berpikir kritis menurut Ennis	10
3. Penelitian yang relevan mengenai model PBP	14
4. <i>The one group pretest-posttest design</i>	23
5. Kategori respon siswa	30
6. Klarifikasi <i>n-gain</i>	29
7. Kriteria penskoran pernyataan respon siswa	31
8. Kriteria tingkat ketercapaian pelaksanaan pembelajaran	32
9. Hasil uji normalitas	38
10. Hasil uji perbedaan dua rata-rata	39
11. Skor kinerja produk siswa	39
12. Penilaian kinerja produk berpikir	40
13. Hasil dokumentasi video dan laporan siswa	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemecahan masalah limbah kulit nanas	17
2. Kerangka pemecahan masalah limbah ampas tebu	18
3. Diagram alir penelitian	27
4. Rata-rata skor pretes dan postes keterampilan berpikir kritis siswa.....	35
5. Rata-rata skor pretes dan postes setiap indikator	36
6. <i>N-gain</i> setiap indikator berpikir kritis siswa	37
7. Persentase pernyataan respon siswa terhadap PBP	41
8. Persentase keterlaksanaan PBP pengolahan limbah kulit nanas dan ampas tebu	42
9. Hasil identifikasi informasi limbah kulit nanas yang dituliskan siswa sebelum konsultasi.....	44
10. Hasil identifikasi informasi limbah ampas tebu yang dituliskan siswa sebelum konsultasi.....	44
11. Informasi limbah kulit nanas dan ampas tebu yang ditulis siswa sebelum konsultasi	45
12. Informasi limbah kulit nanas dan ampas tebu yang ditulis siswa setelah konsultasi	46
13. Rumusan masalah limbah kulit nanas dan ampas tebu yang ditulis siswa sebelum konsultasi.....	48
14. Rumusan masalah limbah kulit nanas dan ampas tebu yang ditulis siswa setelah konsultasi	49
15. Hipotesis limbah kulit nanas dan ampas tebu yang ditulis siswa sebelum konsultasi	49
16. Hipotesis limbah kulit nanas dan ampas tebu yang ditulis siswa sebelum konsultasi.	50
17. Menentukan variable terikat, bebas dan kontrol limbah kulit nanas dan ampas tebu yang ditulis siswa sebelum konsultasi	51
18. Menentukan variable terikat, bebas dan kontrol limbah kulit nanas dan ampas tebu yang ditulis siswa setelah konsultasi	51
19. Tujuan dan pentingnya proyek limbah kulit nanas dan ampas tebu yang	

ditulis siswa sebelum konsultasi	52
20. Tujuan dan pentingnya proyek limbah kulit nanas dan ampas tebu yang ditulis siswa setelah konsultasi	53
21. Rancangan dan rincian alat, bahan serta prosedur proyek limbah kulit nanas dan ampas tebu yang ditulis siswa sebelum konsultasi	54
22. Rancangan dan rincian alat, bahan serta prosedur proyek limbah kulit nanas dan ampas tebu yang ditulis siswa setelah konsultasi	56
23. Pembagian peran & tanggung jawab proyek limbah kulit nanas yang ditulis siswa	57
24. Jadwal proyek limbah kulit nanas yang ditulis siswa.....	57
25. Pembagian peran & tanggung jawab proyek limbah ampas tebu yang ditulis siswa	57
26. Jadwal proyek limbah ampas tebu yang ditulis siswa	58
27. Rincian kegiatan dan kendala pelaksanaan proyek <i>nata de pachy</i> limbah kulit nanas yang ditulis siswa	59
28. Rincian kegiatan dan kendala pelaksanaan proyek pakan ternak limbah ampas tebu yang ditulis siswa.....	60
29. Presentasi produk <i>nata de pachy</i> oleh kelompok 1,2 dan 3	63
30. Presentasi produk pakan ternak oleh kelompok 4 dan 5	63
31. Hasil produk Pakan ternak oleh kelompok 1, 2 dan 3.....	64
32. Hasil produk <i>nata de pachy</i> oleh kelompok 4 dan 5	65

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era sekarang, dunia kerja menghadapi tingkat persaingan yang semakin tinggi (Sarif *et al.*, 2019; Osman *et al.*, 2013). Hal ini disebabkan oleh berbagai tantangan dan permasalahan kompleks yang memengaruhi berbagai aspek kehidupan, seperti pekerjaan, interaksi sosial, dan pengembangan diri (Wijaya dkk., 2016; Muftihana dkk., 2019; Muharromah dkk., 2019; Handoyo *et al.*, 2021). Oleh karena itu, sistem ketenagakerjaan membutuhkan sumber daya manusia yang unggul dan memiliki daya saing tinggi. Individu yang mampu bertahan dan berhasil dalam persaingan tersebut adalah mereka yang menguasai keterampilan abad ke-21 (Baygin *et al.*, 2016; Putri *et al.*, 2019; Insani *et al.*, 2018). Keterampilan ini mencakup berpikir kritis dan pemecahan masalah (*critical thinking and problem solving*), kreativitas (*creativity*), kemampuan bekerja sama (*collaboration*), serta keterampilan berkomunikasi (*communication*), yang dikenal juga sebagai keterampilan 4C (Fadiawati *et al.*, 2019; Sulistyaningsih dkk., 2019; Costa, 1985).

Keterampilan berpikir kritis merupakan bagian esensial dari keterampilan 4C yang perlu dimiliki oleh setiap individu (Gandi *et al.*, 2021). Keterampilan ini termasuk dalam ranah keterampilan berpikir tingkat tinggi, yang ditandai dengan pemikiran mendalam dan reflektif dalam menentukan apa yang patut diyakini atau dilakukan (Ennis, 1989; Zakiah & Lestari, 2019; Pratiwi dkk., 2018). Proses berpikir kritis melibatkan metakognisi yang kompleks serta mencakup berbagai aspek kemampuan, seperti klarifikasi, pengumpulan informasi, penarikan inferensi, klarifikasi lanjutan, dan pengambilan keputusan terbaik (Stiggins, 1994; Ennis, 1989). Tujuan utama keterampilan ini adalah menghasilkan keputusan yang logis

dalam rangka menyelesaikan suatu persoalan (Costa, 1985; Tamara, 2018; Ennis, 1989; Dwyer, 2014; Supriyanti *et al.*, 2020).

Faktanya, menurut hasil penilaian dari *Program for International Student Assessment* (PISA) yang diselenggarakan oleh OECD pada tahun 2018 menunjukkan bahwa kemampuan siswa Indonesia dalam bidang sains dan matematika masih terbelakang rendah (Schleicher, 2019). Dalam penilaian tersebut, Indonesia berada di peringkat ke-71 dari 79 negara peserta OECD (Pratiwi, 2019). Soal-soal dalam PISA dirancang untuk mengukur kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS), termasuk keterampilan memecahkan masalah dan penalaran (Fauzi & Abidin, 2019; Hartini dkk., 2018; Insani *et al.*, 2018). Salah satu penyebab rendahnya kemampuan tersebut adalah kurangnya keterampilan berpikir kritis di kalangan siswa Indonesia (Fauzi & Abidin, 2019; Lestari & Annizar, 2020).

Kemampuan berpikir kritis setiap siswa dapat ditingkatkan melalui latihan dalam memecahkan berbagai permasalahan (Muhali, 2019). Peningkatan keterampilan ini dilakukan dengan cara mengintegrasikannya ke dalam kegiatan pembelajaran. Dalam proses tersebut, siswa dihadapkan pada tantangan berupa pemecahan masalah-masalah kontekstual atau nyata (Abida *et al.*, 2022; Muharromah dkk., 2019).

Model pembelajaran yang memiliki ciri-ciri membuat suatu produk serta dapat membantu memecahkan masalah terkait limbah kulit nanas dan ampas tebu adalah model Pembelajaran Berbasis Proyek (PBP). PBP merupakan model pembelajaran yang menggunakan masalah sebagai titik awal untuk menyerap pengalaman berbasis pengetahuan baru dan mengintegrasikannya ke dalam aktivitas dunia nyata (Daryanto & Rahardjo, 2012). PBP dirancang untuk memecahkan masalah kompleks yang perlu dipelajari dan dipahami siswa, dengan proses inkuiri yang dimulai dari pengajuan pertanyaan penuntun dan membimbing siswa melalui proyek kolaboratif yang mengintegrasikan berbagai topik (Arisetal, 2017; Umar, 2016). Implementasi metode ini tidak hanya terbatas pada teori, tetapi juga dapat diterapkan pada permasalahan nyata dalam kehidupan sehari-hari.

Salah satu permasalahan nyata yang sering muncul dalam kehidupan sehari-hari adalah limbah kulit nanas dan ampas tebu. Kulit nanas salah satu limbah pada kehidupan sehari-hari karena biasanya masyarakat hanya mengambil dagingnya dan membuang kulitnya. Kulit nanas mengandung vitamin (A dan C), karotenoid, flavonoid, tanin, alkaloid, kalsium, fosfor, magnesium, zat besi, natrium dan enzim bromelain (Damogalad *et al.*, 2013). Ampas tebu adalah sisa ampas tebu berserat setelah penghancuran batang tebu, dengan suhu 45°C sampai 50°C, terdiri dari campuran serat keras, mempunyai parenkim halus dan halus pulp dengan kandungan tinggi (Zafar, 2018). Ampas tebu juga mengandung selulosa, hemiselulosa, pentosan, lignin, gula, lilin dan mineral (Zafar, 2018; Hermiati dkk., 2010). Limbah kedua industri tersebut langsung dibuang begitu saja dan tidak dimanfaatkan dengan baik. Berdasarkan permasalahan limbah kulit nanas dan ampas tebu tersebut, maka diperlukan pemikiran inovatif untuk mencari solusi dalam mengolah limbah kulit nanas dan ampas tebu menjadi produk yang bermanfaat yang dapat memiliki harga jual dan dapat digunakan kembali.

Salah satu model pembelajaran yang tepat untuk digunakan dalam melatih serta mengembangkan keterampilan berpikir kritis, terutama dalam menghadapi masalah nyata, adalah pembelajaran berbasis proyek (Diawati *et al.*, 2017a; Putri *et al.*, 2019). Model ini merupakan pendekatan kontekstual yang berorientasi pada tantangan melalui pertanyaan atau permasalahan dunia nyata. Dalam pembelajaran berbasis proyek, siswa dilibatkan secara aktif dalam memilih topik, menentukan pendekatan yang tepat, merancang solusi, serta menyelesaikan permasalahan. Siswa juga didorong untuk mengambil keputusan secara mandiri serta diberi waktu yang cukup untuk bekerja secara independen dalam menghasilkan produk nyata yang relevan dengan isu yang diangkat (Diawati *et al.*, 2017a). Melalui keterlibatan aktif dalam proses ini, kemampuan berpikir siswa dapat berkembang secara signifikan, terutama dalam menghadapi dan memecahkan persoalan di dunia nyata (Mahanan *et al.*, 2021; Abida *et al.*, 2022). Melalui model PBP, permasalahan limbah kulit nanas dan ampas tebu dapat diselesaikan oleh siswa dengan diberikan fenomena terkait limbah tersebut.

Adapun penelitian yang membuktikan bahwa PBP dapat meningkatkan keterampilan siswa khususnya keterampilan berpikir kritis, yaitu ada penelitian yang dilakukan oleh (Indah, N. A. P., Fadiawati, N., & Syamsuri, M. M. F., (2019) yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa melalui proyek daur ulang minyak jelantah. PBP dapat meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (Sarif *et al.*, 2019), serta meningkatkan pemahaman dan kemampuan berpikir kreatif siswa melalui proyek modifikasi alat praktikum (Diawati *et al.*, 2017b; Diawati *et al.*, 2018; Fadiawati *et al.*, 2019). Selain itu, model ini juga efektif dalam mengembangkan keterampilan komunikasi (Muharromah dkk., 2019) dan kolaborasi siswa (Rahmawati dkk., 2019) melalui kegiatan proyek daur ulang. Berdasarkan uraian tersebut, maka akan dilakukanlah penelitian yang berjudul “Efektivitas Pembelajaran Berbasis Proyek Pengolahan Limbah Kulit Nanas dan Ampas Tebu Dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana efektivitas pembelajaran berbasis proyek pengolahan limbah kulit nanas dan ampas tebu dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan penelitian ini untuk mendeskripsikan efektivitas pembelajaran berbasis proyek pengolahan limbah kulit nanas dan ampas tebu dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pihak yang bersangkutan yaitu:

1. Peserta didik

Memberikan pengalaman baru dalam pembelajaran berbasis proyek, serta dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

2. Guru

Memberikan pengalaman bagi guru untuk membelajarkan topik kimia dengan menerapkan model PBP dan menjadi salah satu referensi alternatif pembelajaran yang inovatif dan kreatif bagi guru.

3. Sekolah

Memberikan informasi dan sumbangan pemikiran dalam upaya meningkatkan hasil belajar kognitif pada mata pelajaran kimia utamanya di sekolah yang diteliti.

1.5 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Model pembelajaran berbasis proyek pengolahan limbah kulit nanas dan ampas tebu dikatakan efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis apabila rata-rata *n-gain* yang diperoleh berkategori minimal sedang. Terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata skor pretes dan rata-rata skor postes.
2. Tahapan model pembelajaran berbasis proyek yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan langkah pembelajaran menurut Colley (2008) yang dimodifikasi oleh Diawati dkk., (2018).
3. Keterampilan berpikir kritis siswa sesuai dengan *framework* Norris & Ennis (1989), yaitu *elementary clarification of the problem, gather basic information, make inferences, advanced clarification, making strategies and tactics*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembelajaran Berbasis Proyek

Menurut MacDonell (2007), pembelajaran berbasis proyek adalah model pembelajaran yang dirancang sesuai dengan tingkat perkembangan berpikir siswa, dengan fokus pada aktivitas belajar mereka. Model ini memungkinkan siswa untuk beraktivitas sesuai dengan keterampilan, kenyamanan, dan minat mereka. PBP mengacu pada metode instruksional berbasis inkuiri yang melibatkan peserta didik dalam konstruksi pengetahuan dan meminta peserta didik menyelesaikan proyek yang bermakna serta mengembangkan produk (Brundiers & Wiek, 2013; Krajcik & Shin, 2014).

Menurut Ralph (2015), menyatakan bahwa PBP dapat meningkatkan pengetahuan dan keterampilan siswa selama proses belajar. Siswa juga merasakan bahwa PBP mendorong kolaborasi dan negosiasi dalam kelompok, tetapi beberapa siswa melaporkan kurangnya motivasi untuk bekerja tim. PBP memiliki empat karakteristik utama, yaitu isi, kondisi, aktivitas, dan hasil. Peserta didik memiliki kemampuan untuk mengambil keputusan dalam kerangka kerja tertentu. Ketika menghadapi masalah atau tantangan, mereka dapat merancang langkah-langkah untuk menemukan solusi. Selama proses pembelajaran, peserta didik bekerja secara kolaboratif dengan tanggung jawab mengakses dan mengelola informasi untuk memecahkan masalah yang dihadapi. Evaluasi terhadap kegiatan ini dilakukan secara berkelanjutan (Daryanto & Raharjo, 2012).

Menurut Fathurrohman (2015), manfaat pembelajaran berbasis proyek mencakup penguasaan pengetahuan dan keterampilan baru, peningkatan kemampuan peserta

didik dalam menyelesaikan masalah nyata, dan mendorong keaktifan mereka dalam mengatasi masalah kompleks dengan hasil berupa produk nyata, baik barang maupun jasa. Selain itu, metode ini juga meningkatkan keterampilan peserta didik dalam mengelola sumber daya, bahan, dan alat untuk menyelesaikan tugas, serta mendorong kolaborasi di antara mereka.

Berdasarkan pendapat para ahli dapat disimpulkan bahwa pembelajaran berbasis proyek memberikan sejumlah manfaat signifikan. Peserta didik menjadi lebih aktif dalam memecahkan masalah, yang pada gilirannya memungkinkan mereka untuk memperoleh pengetahuan dan keterampilan baru. Selain itu, metode ini melatih kemampuan kolaborasi dan kerjasama dalam kelompok, serta memberikan kesempatan bagi siswa untuk mengorganisasi proyek secara efektif.

Menurut Nurhadiyati (2021), dalam pembelajaran berbasis proyek siswa tidak hanya membangun konsep melalui pemecahan suatu masalah yang diberikan, namun juga dapat menghasilkan produk sebagai hasil dari suatu pemecahan masalah sehingga siswa dapat aktif di dalam pembelajaran baik dilihat dari kualitas proses, maupun kualitas hasil. Adapun langkah-langkah Pembelajaran Berbasis Proyek (PBP) yang diadaptasi dari Diawati (2018) disajikan dalam Tabel 1. dibawah ini:

Tabel 1. Tahap-tahap pembelajaran berbasis proyek

Tahap	Deskripsi
Orientasi	Siswa memperhatikan penjelasan tujuan pembelajaran proyek, pentingnya kolaborasi, pentingnya berbagi informasi, serta tanggung jawab dan peran yang diharapkan. Siswa juga membahas bagaimana mereka harus berkomunikasi satu sama lain, dan bagaimana pembelajaran akan dinilai.
Identifikasi masalah dan mendefinisikan proyek	Siswa membaca wacana mengenai masalah nyata, dan diberikan tantangan bagaimana cara memecahkan masalah, kemudian siswa mengidentifikasi akar permasalahan, membuat banyak pertanyaan terkait solusi permasalahan, Siswa harus mencari informasi dan mempelajari pengetahuan yang berkaitan dengan masalah dari berbagai sumber. dan menetapkan proyek untuk memecahkan masalah. Setelah itu, mereka melaporkan hasilnya dan mendiskusikan dengan guru.

Tabel 1. (Lanjutan)

Merencanakan proyek	Siswa diberi tugas untuk merumuskan: masalah berdasarkan wacana, tujuan proyek, pentingnya proyek, merinci daftar alat dan bahan, dan mendeskripsikan prosedur pelaksanaan proyek, membagi peran setiap anggota kelompok, membuat <i>timeline</i> selanjutnya mendiskusikan kembali dengan guru dan memperbaiki sesuai arahan guru.
Melaksanakan proyek	Siswa menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan sesuai dengan rencana proyek dan dilanjutkan dengan melaksanakan pembuatan produk.
Mendokumentasi dan melaporkan temuan proyek	Siswa mendokumentasikan pelaksanaan proyek dan mempersiapkan laporan proyek, melaporkan kendala yang dihadapi selama pembuatan proyek, dan mempresentasikan hasil kerja di kelas.
Evaluasi	Guru mengevaluasi dan memberikan umpan balik kepada siswa, sehingga siswa dapat belajar dari evaluasi, dan meningkatkan kinerja selama proyek berlangsung.

Pembelajaran berbasis proyek memiliki lima karakteristik utama. Ciri-ciri tersebut mencakup adanya pertanyaan otentik yang mendorong siswa untuk mengeksplorasi konsep dan prinsip, kegiatan penyelidikan yang dilakukan antar kelompok, serta kolaborasi antara guru dan masyarakat dalam membahas isu atau permasalahan. Selain itu, pendekatan ini juga menuntut siswa untuk berpikir kritis dan aktif terlibat dalam proses penyelidikan yang menghasilkan berbagai artefak atau produk sebagai jawaban atas masalah yang dikaji (Diawati *et al.*, 2018).

Setiap model pembelajaran memiliki keunggulan dan keterbatasan, termasuk model Pembelajaran Berbasis Proyek (PBP). Adapun kelebihan dari PBP antara lain; 1) meningkatkan motivasi belajar siswa dan mengembangkan keterampilan pemecahan masalah, kerja sama, pengelolaan sumber daya, serta komunikasi; 2) memberikan pengalaman kepada siswa dalam mengorganisasi proyek, menyusun perencanaan, serta memanfaatkan berbagai sumber daya seperti alat dan tugas; 3) menyuguhkan pengalaman belajar yang kompleks dan dirancang supaya selaras dengan kondisi dunia nyata; 4) mendorong siswa untuk mencari informasi, menunjukkan pengetahuan yang telah diperoleh, dan mengaplikasikannya dalam kehidupan sehari-hari; serta 5) menciptakan suasana pembelajaran yang menyenangkan.

kan sehingga proses belajar mengajar menjadi lebih menarik bagi siswa dan guru (Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, 2014; Putri, 2019).

Menurut Farihatun (2019), pembelajaran berbasis proyek memiliki beberapa kelemahan, seperti: (a) memakan waktu yang signifikan untuk menyelesaikan masalah; (b) memerlukan biaya yang cukup besar; (c) banyak instruktur yang lebih nyaman dengan pendekatan kelas tradisional dimana mereka memiliki peran utama; (d) membutuhkan banyak peralatan yang harus disediakan; (e) siswa yang memiliki kelemahan dalam melakukan eksperimen dan mengumpulkan informasi mungkin menghadapi kesulitan; (f) kemungkinan ada siswa yang kurang aktif dalam kerja kelompok; (g) jika topik yang diberikan kepada setiap kelompok berbeda, ada kekhawatiran bahwa siswa tidak akan dapat memahami topik secara keseluruhan.

2.2 Keterampilan Berpikir Kritis

Keterampilan merupakan kecakapan untuk melaksanakan tugas dimana keterampilan tidak hanya meliputi gerakan motorik tetapi, juga melibatkan fungsi mental yang bersifat kognitif yaitu suatu tindakan dalam usaha memperoleh pengetahuan. Proses berpikir berhubungan dengan pola perilaku yang lain dan membutuhkan keterlibatan aktif pemikir. Pengertian ini mengindikasikan bahwa berpikir adalah upaya yang kompleks dan reflektif bahkan suatu pengalaman yang kreatif (Costa, 1985).

Berpikir kritis merupakan bentuk proses berpikir dalam memutuskan suatu tindakan terkait pemecahan masalah. Keputusan tersebut menghasilkan interpretasi, analisis, evaluasi dan inferensi serta penjelasan konseptual, metode, kriteria atau pertimbangan kontekstual yang mendasari keputusan tersebut (Fadiawati *et al.*, 2020). Keterampilan berpikir kritis merupakan suatu proses berpikir, yang tujuannya untuk membuat keputusan yang masuk akal tentang apa yang harus dipercaya dan apa yang harus dilakukan (Ennis, 1989). Oleh karena itu, siswa harus mampu mencari dan menilai informasi yang terpercaya. Untuk memperoleh informasi

yang terpercaya, siswa harus melakukan kegiatan investigasi untuk memperoleh kesimpulan yang tepat. Seseorang dikatakan berpikir kritis apabila ia mencoba untuk membuat berbagai pertimbangan ilmiah untuk menentukan pilihan terbaik dengan menggunakan berbagai kriteria.

Aspek keterampilan berpikir kritis yang akan diteliti yaitu memberikan klarifikasi dasar (*elementary clarification*), mengumpulkan informasi dasar (*gather basic information*), menginferensi (*make inferences*), memberikan klarifikasi lebih lanjut (*advanced clarification*), serta membuat strategi untuk mendapat keputusan terbaik (*making strategies and tactics*). Selanjutnya dijelaskan aspek berpikir kritis dan indikatornya yang dapat muncul dalam proses pembelajaran, lebih terperinci sesuai dengan Tabel 2.

Tabel 2. Ciri-ciri keterampilan berpikir kritis menurut Ennis dan Stiggins

No (1)	Langkah dalam proses pembelajaran (2)	Pemikiran yang diperlukan (3)
1.	Melakukan klarifikasi dasar dari masalah (<i>elementary clarification</i>)	a. Memahami masalah. b. Menganalisis sudut pandang
2.	Mengumpulkan informasi dasar (<i>gather basic information</i>)	a. Mempertimbangkan kredibilitas berbagai sumber informasi. b. Mengumpulkan dan menilai informasi.
3.	Membuat inferensi (<i>make inferences</i>),	a. Membuat dan menilai hasil pertimbangan berdasarkan informasi.
4.	Melakukan klarifikasi lanjutan (<i>advanced clarification</i>)	a. Mengidentifikasi asumsi. b. Mengajukan pertanyaan klarifikasi dan menantang
5.	Membuat strategi dan taktik untuk mendapatkan keputusan terbaik. (<i>making strategies and tactics</i>)	a. Memutuskan suatu tindakan.

(Ennis, 1989; Stiggins, 1994).

2.3 Limbah Kulit Nanas dan Ampas Tebu

2.3.1 Limbah kulit nanas

Limbah kulit nanas merupakan produk utama industri pengalengan dan pengolahan buah nanas yang dihasilkan dalam skala masif, di mana 30-35% dari total berat

buah terbuang sebagai limbah kulit dan bonggol setelah pengupasan daging buah untuk produk olahan seperti jus, selai, atau buah kalengan (Sarangi *et al.*, 2022). Secara global, industri pengolahan nanas menghasilkan sekitar 5-7 juta ton limbah kulit per tahun, dengan komposisi dominan berupa serat selulosa (45-50%), pektin (15-20%), dan senyawa organik terlarut seperti gula reduksi dan asam buah yang berpotensi menimbulkan masalah lingkungan jika tidak dikelola dengan tepat (Mdpi Agronomy, 2021). Di Indonesia, produksi nanas seperti Subang, Bogor, dan Lampung menghadapi akumulasi limbah ini mencapai 500-700 ton per musim panen, sehingga memerlukan strategi valorisasi berbasis ekonomi sirkular (Ihtifazhuddin dkk., 2024).

Faktanya, banyak tempat di Bandarlampung sebagai praktik pembuangan limbah kulit nanas secara langsung ke sungai atau lahan kosong masih marak dilakukan oleh UMKM pengolah nanas skala kecil, mengakibatkan penurunan kualitas air (BOD meningkat 35-40 mg/L) dan emisi gas metana dari dekomposisi anaerobik senyawa organik di lokasi pembuangan (Suanggana dkk., 2022). Menurut penelitian lapangan oleh Syauqi (2020), sampel limbah kulit nanas dari sentra produksi di Natar, Lampung Selatan, mengandung gula reduksi tinggi (fruktosa 12,8 g/100 g) dan asam organik (sitrat 0,85 g/100 g) yang berpotensi memicu eutrofikasi perairan jika terlarut dalam aliran sungai. Analisis lebih lanjut oleh Safaah Nurfaizin (2024) mengungkap kandungan unik limbah ini, yaitu selulosa (32,7%), lignin (18,5%), dan kalium (1.480 mg/100 g) sebagai mineral dominan yang berfungsi sebagai kofaktor enzimatis dalam proses biokonversi (Safaah Nurfaizin, 2024). Temuan ini diperkuat studi Parikh *et al.* (2023) yang menyatakan kulit nanas dari wilayah tropis seperti Lampung memiliki aktivitas enzim bromelain 40% lebih tinggi dibanding daerah subtropis akibat paparan matahari intensif, mempercepat degradasi senyawa organik saat dibuang ke lingkungan (Parikh *et al.*, 2023).

Meskipun berpotensi menimbulkan dampak buruk, kandungan organik limbah kulit nanas dapat dikonversi menjadi produk seperti *nata de pina* (selulosa bakteri untuk pangan fungsional), bioetanol (kadar etanol 59,62% melalui fermentasi), dan bromelain industri (enzim protease aplikasi farmasi) dengan penerapan teknologi biorefinery terpadu (Ihtifazhuddin dkk., 2024; Sarangi *et al.*, 2022). Dalam

hal ini, peran masyarakat lokal sangat krusial untuk memberdayakan potensi limbah melalui kemitraan dengan lembaga riset guna mengadopsi teknologi tepat guna seperti ekstraksi microwave (MAE) dan fermentasi terkontrol yang mampu meningkatkan nilai ekonomi limbah hingga 300% (Safaah Nurfaizin, 2024). Implementasinya memerlukan integrasi proses kimia-biologi seperti hidrolisis enzimatis (menggunakan selulase atau pektinase) untuk ekstraksi senyawa target, dilanjutkan fermentasi substrat dengan *acetobacter xylinum* atau *saccharomyces cerevisiae* yang memanfaatkan gula reduksi sebagai sumber kar-bon (Urbaninggar & Fatimah, 2021). Kolaborasi ini tidak hanya menciptakan produk inovatif seperti *nata de pina* dengan rendemen 49-52%, tetapi juga berkontribusi pada pengurangan beban lingkungan sekaligus pemberdayaan sosial-ekonomi komunitas penghasil nanas (Hamad dkk., 2017; Mdpi Agronomy, 2021).

2.3.2 Limbah ampas tebu

Tebu (*Saccharum officinarum*) adalah salah satu sumber pertanian energi biomassa yang paling menjanjikan di dunia, termasuk di Indonesia. Menurut berita yang dirilis Badan Pusat Statistik (Rabu, 30/11/2022), bahwa Indonesia memiliki luas areal tebu tahun 2020 menjadi 56,68 ribu hektar. Terjadinya peningkatan pada tahun 2021 jika dibandingkan tahun 2020 yaitu sebesar 2.700 hektar (4,76 persen) dari mulanya 56.860 hektar menjadi 59.380 hektar. Tahun 2020 produksi gula sebesar 2,12 juta ton telah menurun sebesar 103.650 ton (4,65 persen) dibandingkan tahun 2019. Kemudian pada tahun 2021 kembali mengalami peningkatan sebesar 224.930 ton.

Limbah ampas tebu merupakan salah satu limbah padat yang dihasilkan dari proses industri pengolahan gula, khususnya pada tahap ekstraksi nira dari batang tebu (Astuti dkk., 2019; Umanailo *et.al.*, 2020). Limbah ini tersebar luas di sentra produksi tebu, baik skala besar maupun rumah tangga, dan selama ini belum dimanfaatkan secara optimal. Padahal, keberadaan ampas tebu cukup melimpah setiap kali musim panen tiba, menjadikannya salah satu limbah agroindustri yang volumenya tinggi dan berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik (Nurfadilah dkk., 2022; Kurniawan dkk., 2021).

Di daerah Bandar Lampung, fakta di lapangan menunjukkan bahwa limbah ampas tebu umumnya hanya diambil air niranya saja, sedangkan ampasnya dibuang begitu saja bahkan seringkali secara sembarangan di sekitar area pabrik atau lahan kosong (Pertiwi dkk., 2021). Padahal menurut hasil penelitian sebelumnya, ampas tebu mengandung komponen organik seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang cukup tinggi, serta kandungan protein kasar yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan (Arifin & Rahmadani, 2020; Widodo et.al., 2020). Temuan serupa juga dijelaskan oleh penelitian lain yang menyatakan bahwa limbah ampas tebu dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar produk fermentasi maupun sumber energi terbarukan karena kandungan karbon dan serat kasarnya yang masih tinggi (Taufiq et.al., 2021; Susilowati dkk., 2022).

Tebu memproduksi terutama dua jenis biomassa, sampah tebu dan bagas (Ampas Tebu). Sampah tebu adalah residu lapangan yang tersisa setelah panen tangkai tebu, sementara ampas tebu adalah residu berserat yang tersisa setelah penggilingan batang tebu, dengan kadar air 45-50% dan terdiri dari campuran serat keras, dengan parenkim halus dan empulur halus dengan sifat higroskopis tinggi (Zafar, 2018). Ampas tebu terutama mengandung selulosa, hemi selulosa, pentosans, lignin, Gula, lilin, dan mineral (Zafar, 2018 dan Hermiati, dkk. 2010). Jumlah yang diperoleh bervariasi dari 22% hingga 36% pada Tebu, tergantung pada porsi serat tebu, kebersihan tebu, dan cara memanen (Zafar, 2018).

Meskipun limbah ampas tebu dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan apabila dibuang sembarangan, kandungan organiknya memungkinkan untuk diolah kembali menjadi produk bermanfaat seperti pakan ternak, kompos, hingga bioenergi (Susilowati dkk., 2022; Ramadhani dkk., 2021; Nurfadilah dkk., 2022). Pemanfaatan ini dapat dilakukan melalui proses biologis seperti fermentasi menggunakan mikroba lokal maupun melalui teknologi kimia yang sesuai dengan karakteristik lignoselulosa pada ampas tebu (Kurniawan dkk., 2021; Widodo et.al., 2020). Dalam hal ini, peran serta masyarakat sangat dibutuhkan untuk memberdayakan limbah yang melimpah tersebut menjadi sesuatu yang bernilai ekonomi dan sosial. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah mendorong inovasi pengolahan ampas tebu melalui pendekatan teknologi terintegrasi, baik itu melalui

bioteknologi, rekayasa kimia, maupun metode ramah lingkungan lainnya (Umanailo et.al., 2020; Taufiq et.al., 2021).

2.4 Penelitian yang Relevan

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian mengenai penerapan PBP dan efektivitasnya terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis. Berikut ini adalah beberapa hasil penelitian yang relevan dengan penelitian ini disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Penelitian yang relevan mengenai model PBP.

No. (1)	Peneliti (2)	Judul (3)	Metode (4)	Hasil (5)
1.	Diawati, C., Fadiawati, N., & M. Mahfudz, F.S. 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, N.A.P., Fadiawati, N., & M. Mahfudz, .F.S. 2019.	<i>Using Projects- Based Learning in Improving Stu- dents' Critical Thinking Skills to Recycle Waste Cooking Oil.</i>	Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen semu dengan menggunakan matching only pretest-posttest control group.	Hasil penelitian menunjukan pembelajaran berbasis proyek efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa melalui proses pemecahan masalah yang tidak terstruktur seperti yang digunakan minyak goreng.

Tabel 3. (Lanjutan)

No. (1)	Peneliti (2)	Judul (3)	Metode (4)	Hasil (5)
3.	Diawati, C., Liliyasi, L., Setiabudi, A., & Buchari, B. (2017).	<i>Students' construction of a simple steam distillation apparatus and development of creative thinking skills: A project-based learning.</i>	Penelitian ini menggunakan metode <i>qualitative case study</i> . Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah asesmen, wawancara, dan catatan lapangan.	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa PBP dapat mengembangkan kemampuan berpikir kreatif siswa.
4.	Aninda, A., Permanasar, A., & Ardianto, D. (2019).	Implementasi Pembelajaran Berbasis Proyek Pada Materi Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Literasi Stem Siswa SMA.	Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yaitu quasi eksperimen. Penelitian yang digunakan adalah menggunakan desain penelitian quasi eksperimental dengan 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 memberikan tanggapan positif terhadap model pembelajaran berbasis proyek.
5.	W. Sumarni and S. Kadarwati. (2020).	<i>Ethno-STEM Project Based Learning: Its Impact to Critical and Creative Thinking Skills.</i>	Metode yang digunakan pra-eksperimental dengan desain pretest-posttest satu kelompok. Pengumpulan data dilakukan melalui serangkaian instrumen untuk mengungkap kemampuan berpikir kritis dan kreatif siswa.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran berbasis proyek ethno-STEM memiliki dampak positif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa.
6.	Nurjanah, N., & Purwantoyo, E. (2023)	Efektivitas Model Pembelajaran Project-Based Learning Berbasis STEAM untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Keterampilan Proses pada Materi Perubahan Lingkungan	Penelitian ini menggunakan metode Quasi Experiment Design dengan rancangan Non-Equivalent Control Group Design. Teknik pengambilan sampel berupa purposive sampling dengan sampel kelas X IPA 1 sebagai kelas eksperimen dan kelas X IPA 4 sebagai kelas kontrol.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelas eksperimen yang menggunakan model PBP-STEAM memiliki peningkatan yang signifikan dalam kemampuan berpikir kritis dan keterampilan proses dibandingkan dengan kelas kontrol

Tabel 3. (Lanjutan)

No. (1)	Peneliti (2)	Judul (3)	Metode (4)	Hasil (5)
7.	Rusnawati, Santyasa, & 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 PBP efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar siswa
8.	Tri Rohmah Muharromah, Noor Fadiawati, & Andrian Saputra. (2019).	Efektivitas Pembelajaran Berbasis Proyek Daur Ulang Minyak Jelantah dalam Meningkatkan Keterampilan Berkomunikasi Siswa.	Efektivitas Pembelajaran Berbasis Proyek Daur Ulang Minyak Jelantah dalam Meningkatkan Keterampilan Berkomunikasi Siswa.	Pembelajaran berbasis proyek daur ulang minyak jelantah efektif dalam meningkatkan keterampilan berkomunikasi siswa.

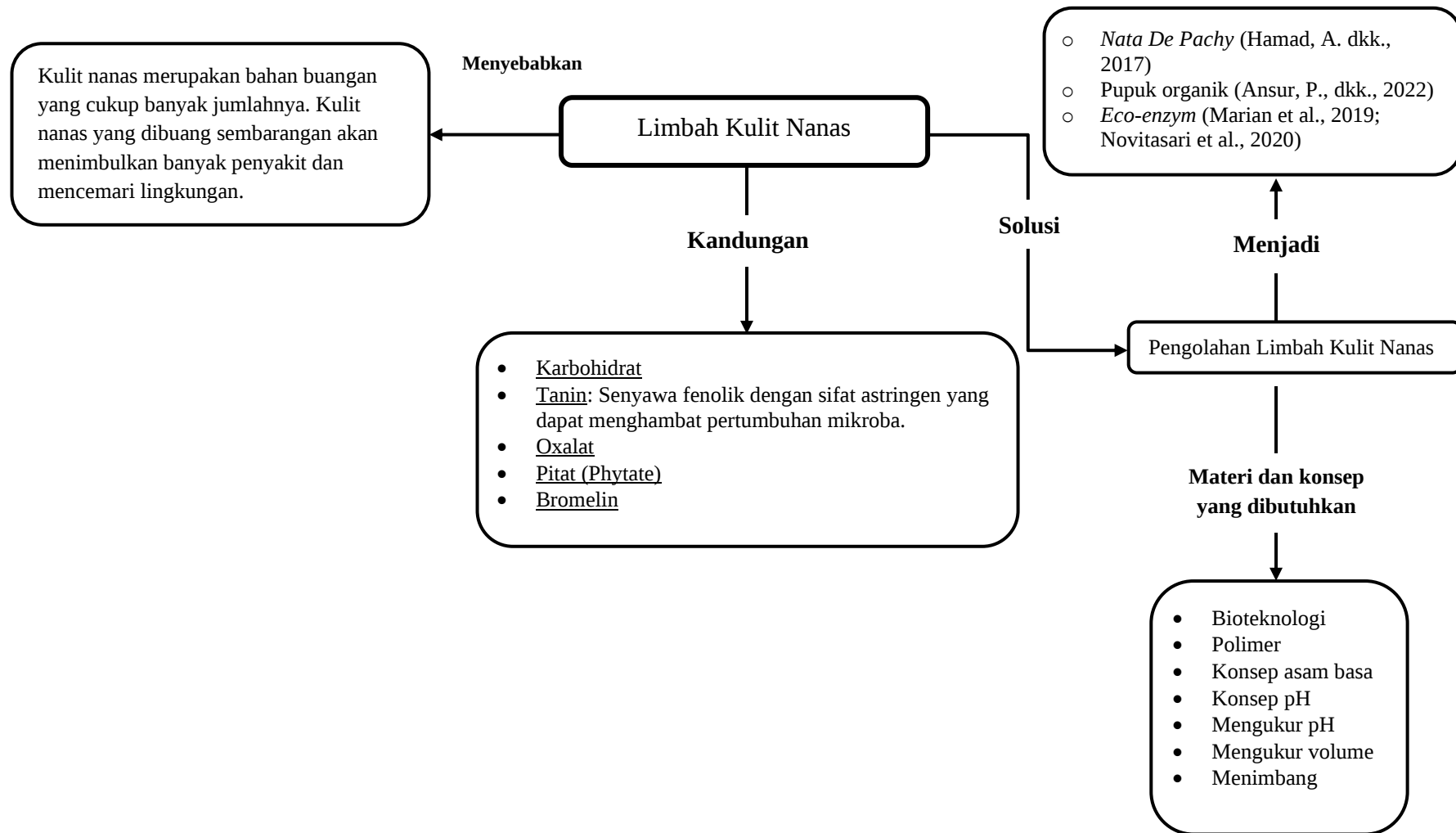
Berdasarkan penelitian relevan yang tersaji pada Tabel 3. penelitian yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti menunjukkan bahwa PBP efektif dalam meningkatkan keterampilan di era globalisasi khususnya berpikir kritis siswa diberbagai bidang. Penerapan model PBP berbasis proyek dapat meningkatkan aktivitas hasil belajar dan kemampuan yang dimiliki siswa.

2.5. Kerangka Pemecahan Masalah Dalam Pengolahan Limbah Kulit Nanas dan Ampas Tebu

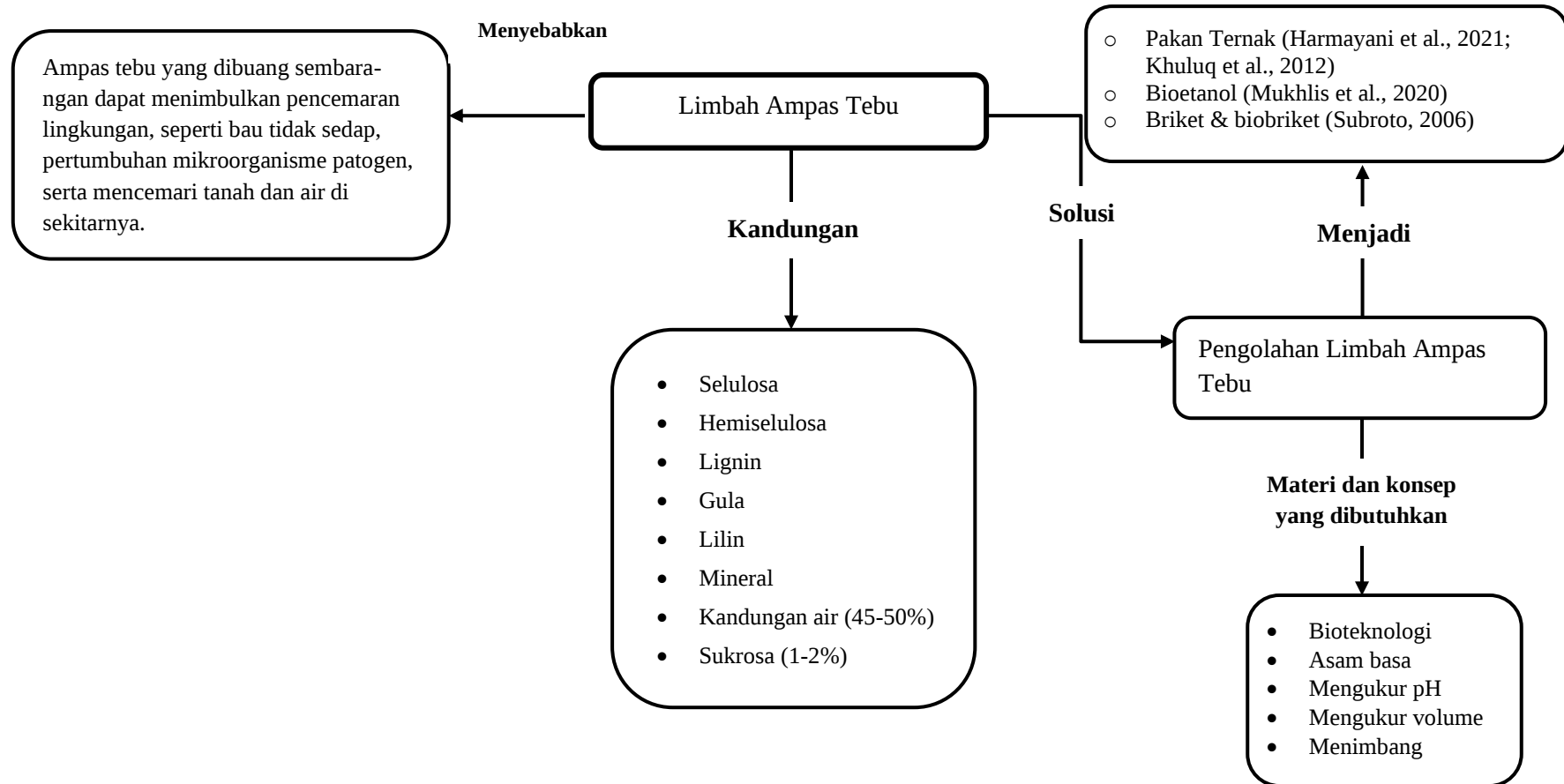
Pemecahan masalah diartikan sebagai suatu cara berpikir yang berusaha mengidentifikasi dan menyelesaikan masalah berdasarkan informasi yang diperoleh dari berbagai sumber, sehingga dapat diambil kesimpulan yang akurat (Hamalik, 2008). Untuk memusatkan perhatian pada masalah, pendekatan kualitatif dan deskriptif dapat dikembangkan dalam bentuk , peta, atau kata-kata yang membantu siswa mengidentifikasi inti permasalahan.

Kerangka pemecahan masalah pada Gambar 1 dan 2 mencakup asal-usul masalah, konsep pengetahuan yang relevan, dampak yang ditimbulkan oleh masalah tersebut, dan alternatif solusinya. Berikut ini adalah kerangka pemecahan masalah terkait pengolahan limbah kulit nanas dan ampas tebu.

Gambar 1. Kerangka Pemecahan Masalah Limbah Kulit Nanas



Gambar 2. Kerangka Pemecahan Masalah Limbah Ampas Tebu



2.6 Kerangka Pemikiran

Model PBP dalam pelaksanaan terdiri dari enam langkah yaitu, 1) *orientation*, 2) *identifying and defining a project*, 3) *planning a project*, 4) *implementing a project*, 5) *documenting and reporting project finding* dan 6) *evaluating and taking action*. Proses pembelajaran berbasis proyek dimulai dengan siswa memperhatikan penjelasan tujuan pembelajaran proyek dari penjelasan guru, pentingnya kolaborasi, pentingnya berbagi informasi, serta tanggung jawab dan peran yang diharapkan. Siswa juga membahas bagaimana mereka harus berkomunikasi satu sama lain, dan bagaimana pembelajaran akan dinilai.

Setelah itu, siswa diberikan masalah nyata dengan mengamati wacana mengenai limbah kulit nanas dan ampas tebu dalam suatu lembar kerja. Siswa mengaitkan pengetahuan yang telah mereka peroleh dengan masalah limbah kulit nanas dan ampas tebu. Siswa kemudian memfokuskan pertanyaan mengenai limbah kulit nanas dan ampas tebu. Siswa mengajukan pertanyaan dari wacana yang disajikan kepada guru. Pada tahap ini, keterampilan memahami masalah dan mengajukan pertanyaan klarifikasi dan menantang dilatih. Siswa kemudian diminta mengidentifikasi akar permasalahan, informasi dan pengetahuan yang mereka perlukan untuk mengatasi masalah limbah kulit nanas dan ampas tebu. Siswa secara berkelompok diminta mencari informasi mengenai: 1) kandungan dalam limbah kulit nanas dan ampas tebu; 2) dampak limbah kulit nanas dan ampas tebu bagi kesehatan dan lingkungan; 3) produk yang telah dibuat oleh orang lain dengan bahan baku limbah kulit nanas dan ampas tebu; dan 4) alat, bahan serta prosedur membuat produk dari limbah kulit nanas dan ampas tebu yang pernah dibuat oleh orang lain.

Kegiatan mencari informasi tersebut dilakukan di luar kelas selama beberapa hari. Selama mencari informasi siswa harus mempertimbangkan kredibilitas sumber informasi, sehingga informasi yang mereka peroleh dapat dipercaya kebenarannya dan menetapkan proyek untuk memecahkan masalah. Setelah itu, mereka melaporkan hasilnya dan mendiskusikan dengan guru. Tahap ini melatih keterampilan mengumpulkan dan menilai informasi, mempertimbangkan kredibilitas berbagai

sumber, membuat dan menilai hasil pertimbangan berdasarkan informasi, mengidentifikasi asumsi dan keterampilan memutuskan suatu tindakan.

Pada tahap selanjutnya keterampilan membuat dan menilai hasil pertimbangan berdasarkan informasi dilatihkan. Siswa merencanakan proyek yang akan dilakukan dan diberi tugas untuk merumuskan masalah berdasarkan wacana, tujuan proyek, pentingnya proyek, merinci daftar alat dan bahan dari beberapa produk yang mungkin dilakukan. Siswa juga diberi tugas untuk mendeskripsikan prosedur pelaksanaan proyek, membagi peran setiap anggota kelompok, dan membuat *timeline*. Hasil penugasan siswa kemudian diberikan kepada guru untuk dievaluasi. Siswa melakukan konsultasi kepada guru di luar kelas. Jika terdapat informasi yang tidak sesuai, tidak lengkap dan diperoleh dari sumber informasi yang tidak kredibel, siswa kemudian melakukan perbaikan. Berdasarkan informasi dan penugasan yang telah diberikan siswa telah memilih proyek pembuatan produk yang akan dibuat disertai dengan alasannya. Hal ini melatih keterampilan membuat dan menilai hasil pertimbangan berdasarkan informasi, melatih keterampilan mengidentifikasi asumsi, dan melatih keterampilan memutuskan suatu tindakan.

Setelah itu, siswa diminta mengimplementasikan proyek. Siswa menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan sesuai dengan rencana proyek dan dilanjutkan dengan pembuatan produk sesuai dengan *timeline* yang telah ditentukan. Siswa secara berkelompok membuat produk dari limbah kulit nanas dan ampas tebu di luar kelas. Selama pembuatan produk, siswa diperbolehkan melakukan konsultasi dengan guru, mengenai kendala-kendala yang mereka hadapi dan bersama-sama melatih keterampilan mengajukan pertanyaan klarifikasi dan melatih keterampilan memutuskan tindakan mengenai cara untuk mengatasi kendala yang mereka hadapi.

Selanjutnya, siswa diminta mendokumentasikan pelaksanaan proyek dan diminta membuat laporan mengenai pelaksanaan proyek limbah kulit nanas dan ampas tebu yang mereka buat. Hal ini dilakukan sebagai pengawasan proyek oleh guru. Siswa juga melaporkan kendala yang dihadapi selama pembuatan proyek, dan

diminta mempresentasikannya. Dalam tahap ini siswa melatih keterampilan mengajukan pertanyaan dan memutuskan suatu tindakan.

Setelah itu, keterampilan siswa dalam mengajukan pertanyaan, memutuskan suatu tindakan, dan membuat serta menilai hasil pertimbangan agar siswa mendapatkan keputusan terbaik. Siswa mengevaluasi dan mengambil tindakan terkait dengan proyek yang telah dilakukan. Siswa diberi kesempatan mengajukan pertanyaan, memberikan tanggapan, kritik maupun saran untuk produk kelompok lainnya. Guru mengevaluasi dan memberikan umpan balik kepada siswa, sehingga siswa dapat belajar dari evaluasi, dan meningkatkan kinerja selama proyek berlangsung. Pada akhirnya, berdasarkan uraian di atas, diharapkan pembelajaran berbasis proyek pengolahan limbah kulit nanas dan ampas tebu dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA.

2.7 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dalam penelitian ini adalah bahwa pembelajaran yang menggunakan model pembelajaran berbasis proyek untuk pengolahan limbah kulit nanas dan ampas tebu efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Populasi dan Sampel

Penelitian dilaksanakan di SMAN 16 Bandarlampung. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI di SMAN 16 Bandarlampung tahun pelajaran 2024/2025 yang berjumlah 201 siswa dan tersebar dalam 6 kelas. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu teknik pengambilan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu dari peneliti (Fraenkel & Wallen, 2006). Sampel diambil dengan pertimbangan bahwa siswa dalam kelas sampel memiliki karakteristik aktif dan responsif dengan kemampuan kognitif yang heterogen. Berdasarkan informasi dari guru kimia, kelas XI F4 dijadikan sebagai sampel penelitian.

3.2. Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data utama dan data pendukung. Data utama berupa soal pretes dan postes pada keterampilan berpikir kritis. Data pendukung berupa instrumen asesmen kinerja produk siswa, instrumen asesmen kinerja produk berpikir, instrumen angket respon siswa terhadap PBP dan lembar observasi keterlaksanaan PBP. Sumber data dalam penelitian ini adalah seluruh siswa di kelas sampel.

3.3. Desain Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode *weak* eksperimen dengan desain penelitian *The One Group Pretest-Posttest Design* (Fraenkel & Wallen,

2012). Berikut desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Desain penelitian *The One Group Pretest-Posttest Design*

Pretest	Perlakuan	Posttest
O	X	O

Keterangan:

X : Perlakuan Pembelajaran Berbasis Proyek.

O : Observasi (pretes sebelum diberi perlakuan & postes sebelum diberi perlakuan).

Pada desain ini tes yang dilakukan sebanyak dua kali, yaitu sebelum dan sesudah diberikan perlakuan. Pretes diberikan terlebih dahulu pada kelas sampel (O). Kemudian setelah dilakukan pretes, sampel diberikan perlakuan berupa penerapan pembelajaran PBP pengolahan limbah kulit nanas dan ampas tebu (X), pada tahap akhir sampel diberikan postes (O).

3.4. Variabel Penelitian

Penelitian ini terdiri dari variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Variabelnya yaitu model pembelajaran yang digunakan yaitu model PBP pengolahan limbah kulit nanas dan ampas tebu. Variabel terikatnya yaitu keterampilan berpikir kritis siswa kelas XI F4 di SMAN 16 Bandarlampung Tahun Ajaran 2024/2025. Variabel kontrol berupa materi yang dipelajari dan guru yang mengajar di kelas.

3.5. Perangkat Pembelajaran dan Instrumen Penelitian

3.5.1. Perangkat pembelajaran

Perangkat pembelajaran berupa RPP, LKPD yang digunakan selama pembelajaran menggunakan model PBP pengolahan limbah kulit nanas dan ampas tebu.

3.5.2. Instrumen penelitian

1. Soal pretes postes keterampilan berpikir kritis

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah soal pretes dan postes berupa soal essay keterampilan berpikir kritis. Soal pretes dan postes dalam bentuk essay ini berjumlah 7 soal meliputi keterampilan berpikir kritis terkait yaitu klarifikasi dasar dari masalah tersebut (*elementary clarification of the problem*), mengumpulkan informasi dasar (*gather basic information*), membuat suatu inferensi (*make inferences*), melakukan klarifikasi lanjutan (*advanced clarification*), dan membuat strategi dan taktik (*making strategies and tactics*). Penilaian ini berdasarkan pada rubrik skor tertinggi 3 dan skor terendah 1.

2. Instrumen assesmen kinerja produk pengolahan limbah kulit nanas dan ampas tebu

Instrumen assesmen kinerja produk siswa digunakan untuk mendapatkan data penilaian hasil produk siswa yang dilihat dari kualitas, bentuk, rasa, dan lainnya. Task yang ada pada asesmen kinerja produk siswa dinilai menggunakan rubrik dengan nilai tertinggi 7 dan nilai terendah 5. Asesmen kinerja produk berpikir digunakan untuk mendapat data penilaian proses berpikir kritis siswa dalam pembelajaran yang ada pada isian siswa dalam LKPD.

3. Instrumen assesmen kinerja produk berpikir

Penilaian kinerja produk berpikir dilakukan untuk menilai kemampuan berpikir siswa selama proses pembelajaran berbasis proyek pengolahan limbah kulit nanas dan ampas tebu. Keterampilan berpikir kritis siswa dievaluasi melalui rubrik yang mengukur aspek-aspek tersebut dengan skor yang telah ditetapkan. Penilaian LKPD digunakan untuk menilai kinerja produk siswa selama kegiatan pembelajaran PBP pengolahan limbah kulit nanas dan ampas tebu. Penilaian kinerja produk berpikir menggunakan rubrik penilaian jawaban LKPD dengan skor tertinggi 3 dan terendah 1.

4. Instrumen angket respon siswa

Angket respon siswa dilakukan atau digunakan untuk menilai tanggapan siswa

terhadap pembelajaran berbasis proyek yang diterapkan. Angket ini terdiri dari 10 item pernyataan dan menggunakan format angket tertutup dengan pernyataan positif. Siswa memberikan tanda checklist (✓) pada setiap kategori penskoran yang dipilih dan diukur dengan *skala Likert*.

5. Lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran

Lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran digunakan untuk mendapatkan data mengenai tingkat keterlaksanaan PBP yang diisi oleh guru mata pelajaran kimia pada saat proses pembelajaran berlangsung. Lembar ini terdiri dari 6 tahapan PBP yang dijadikan sebagai aspek pengamatan pernyataan. Menggunakan angket tertutup dengan pernyataan positif, guru memberikan tanda checklist (✓) pada kategori penskoran yang dipilih, dengan skor tertinggi 4 (sangat baik), skor 3 (baik), skor 2 (tidak baik), dan skor 1 (sangat tidak baik). Lembar ini memastikan bahwa pembelajaran dilakukan sesuai dengan rencana dan standar yang telah ditetapkan.

Instrumen yang digunakan harus divalidasi agar data yang diperoleh valid, dapat dipercaya, serta instrumen yang digunakan valid. Pengujian instrumen penelitian ini menggunakan validitas isi. Pengujian kevalidan isi dilakukan dengan cara penilaian. Pengujian dilakukan dengan menguji kesesuaian antara soal pretes postes dengan indikator keterampilan berpikir kritis oleh ahli.

3.6. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

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

3.6.1 Observasi

Kegiatan yang dilakukan pada pra-penelitian yaitu observasi ke sekolah dan meminta data awal untuk mendapatkan informasi mengenai metode pembelajaran, karakteristik siswa, jadwal, dan sarana prasarana di sekolah serta menggunakan informasi yang diperoleh untuk menentukan sampel penelitian. Selanjutnya

berdiskusi dengan guru mata pelajaran kimia terkait jadwal pelaksanaan dan teknis pelaksanaan penelitian.

3.6.2 Pelaksanaan penelitian

Tahapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Tahap persiapan

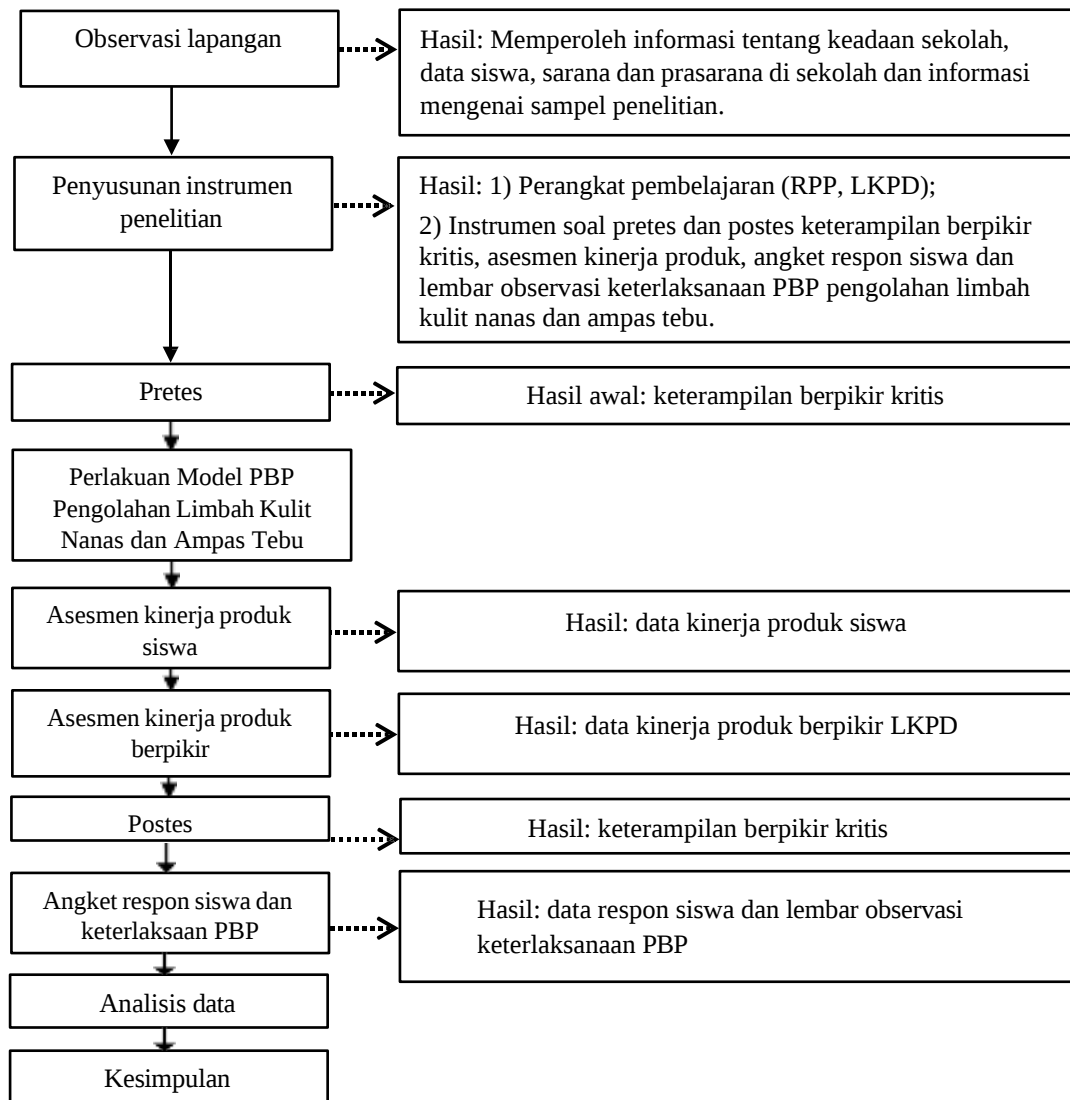
Tahap pertama yang dilakukan yaitu menyusun perangkat pembelajaran yang meliputi RPP, LKPD berbasis proyek, serta instrumen penelitian yang terdiri dari soal pretes postes keterampilan berpikir kritis berupa soal essay, dan instrumen lembar kinerja produk siswa, instrumen angket respon siswa, dan lembar observasi terhadap keterlaksanaan PBP.

b. Tahap pelaksanaan penelitian

Adapun tahap pelaksanaan penelitian diantaranya yaitu (1) Melakukan pretes pada kelas sampel; (2) Melaksanakan kegiatan PBP pada topik pengolahan limbah kulit nanas dan ampas tebu yang diterapkan di kelas sampel; (3) Melakukan postes di kelas sampel; (4) Melakukan analisis data; (5) Menarik kesimpulan.

c. Pelaporan

Pada tahap ini dilakukan penyusunan laporan berupa skripsi. Laporan memuat rangkaian kegiatan mulai dari tahap persiapan, pelaksanaan pembelajaran, hingga analisis data dan penarikan kesimpulan. Isi laporan mencakup informasi tentang pelaksanaan PBP, data hasil observasi, data angket respon siswa, hasil kinerja produk siswa, serta hasil keterampilan berpikir kritis siswa yang diperoleh melalui soal pretes postes keterampilan berpikir kritis. Seluruh data tersebut diolah dan disusun secara sistematis untuk memberikan gambaran yang utuh mengenai hasil dari seluruh proses pembelajaran yang telah dilaksanakan.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Keterangan:

Proses : —————>

Hasil : - - - - ->

3.7. Teknik Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini adalah data kuantitatif. Dalam penelitian ini analisis data dilakukan terhadap data utama dan data pendukung.

3.7.1. Analisis data utama

Data utama pada penelitian ini adalah indikator keterampilan berpikir kritis siswa. Analisis data dilakukan sebagai berikut:

a. mengolah data skor pretes dan postes

Data skor pretes siswa yang telah diperoleh kemudian dihitung rata-ratanya.

Rata-rata skor pretes dan postes dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\overline{\text{Skor}} = \frac{\sum \text{skor}}{\text{jumlah siswa}} \dots (1)$$

Keterangan:

$\overline{\text{Skor}}$ = rata-rata skor test.

$\sum \text{skor}$ = jumlah skor pretest/postes seluruh siswa

Selanjutnya, menghitung skor rata-rata pretes dan postes setiap indikator untuk mengetahui peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa dapat dihitung menggunakan dengan rumus sebagai berikut:

$$\overline{\text{Skor indikator ke - i}} = \frac{\sum \text{Skor soal indikator ke - i}}{\text{jumlah siswa}} \dots (2)$$

Keterangan:

$\overline{\text{Skor indikator ke - i}}$ = rata-rata skor untuk indikator ke-i

$\sum \text{skor soal indikator ke-i}$ = jumlah skor soal tes untuk indikator ke-i

Kemudian mengubah skor pretes dan postes menjadi persentase skor pretes dan postes maka menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{Skor tes} = \frac{\sum \text{Skor yang diperoleh}}{\sum \text{skor maksimal}} \times 100\% \dots (3)$$

b. perhitungan *n-gain* masing-masing siswa

Untuk mengetahui peningkatan penguasaan konsep dan keterampilan berpikir kritis siswa di kelas sampel maka dilakukan analisis *n-gain* yang diperoleh siswa dalam tes. Adapun rumus *n-gain* (Hake, 1988) adalah sebagai berikut:

$$n - gain = \frac{\% \text{skor postes} - \% \text{skor pretes}}{100\% - \% \text{skor pretes}} \dots (4)$$

c. perhitungan *n-gain* rata-rata

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

$$n - gain \text{ rata - rata} = \frac{\sum n - gain \text{ seluruh siswa}}{\text{jumlah seluruh siswa}} \dots (5)$$

Hasil perhitungan *n-gain* rata-rata kemudian diinterpretasikan dengan menggunakan kriteria dari (Hake, 1998). Kriteria pengklarifikasian *n-gain* menurut Hake dapat dilihat seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. 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

d. perhitungan *n-gain* siswa pada setiap indikator

Selanjutnya *n-gain* dari setiap indikator keterampilan berpikir kritis dihitung untuk mengetahui peningkatan ketrampilan siswa dalam berpikir kritis. Perhitungan *n-gain* setiap indikator dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$n - gain \text{ indikator ke } - i = \frac{\% \text{skor postes}(i) - \% \text{skor pretes}(i)}{100\% - \% \text{skor pretes}(i)} \dots (6)$$

3.7.2. Analisis data pendukung

Data pendukung yang dianalisis dalam penelitian ini yaitu asesmen kinerja produk, asesmen kinerja produk berpikir, angket respon siswa dan lembar observasi

keterlaksanaan PBP yang dijelaskan secara persentase.

a. analisis data kinerja produk siswa

Analisis data dalam asesmen kinerja produk dilakukan dengan cara menghitung rata-rata skor setiap indikator yang dinilai dari produk yang dihasilkan. Adapun rumusan analisis data untuk asesmen kinerja produk yaitu:

$$\overline{\text{skor}} = \frac{\sum \text{skor yang diperoleh}}{\text{skor maksimal}} \times 100\% \dots (7)$$

b. analisis data kinerja produk berpikir

Analisis data dalam asesmen kinerja ini dilakukan dengan cara menghitung rata-rata skor setiap indikator yang dinilai dari LKPD. Adapun rumusan analisis data untuk asesmen kinerja proses yaitu:

$$\text{Nilai LKPD isian ke } - i = \frac{\sum \text{skor isian ke } - i}{\text{skor maksimal}} \times 100\% \dots (8)$$

c. analisis data respon siswa

Hasil angket respon siswa terhadap PBP pengolahan limbah cair industri tahu menggunakan angket tertutup dengan pernyataan positif. Angket dilakukan dengan cara memberikan tanda tanda ceklis (✓) pada setiap kategori yang akan dipilih, pengkategorian pada angket respon siswa seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. 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 untuk angket respon siswa terhadap PBP sebagai berikut:

- 1) menghitung persentase skor tiap item dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$\bar{x} \text{ presentase skor tiap item} = \frac{\sum \text{skor tiap item siswa}}{n \times \text{skor maksimal}} \times 100\% \dots (9)$$

- 2) menghitung persen rata-rata seluruh item pernyataan respon siswa dengan rumus berikut:

$$\% \bar{x} \text{ seluruh item} = \frac{\bar{x} \text{ presentase skor tiap item}}{\text{jumlah item}} \dots (10)$$

Hasil perhitungan persentase rata-rata seluruh item kemudian diinterpretasikan dengan menggunakan kriteria (Sugiyono, 2019) yang ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 5. Kriteria penskoran pernyataan 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

d. analisis data keterlaksanaan pembelajaran

Penerapan PBP memanfaatkan limbah kulit nanas dan ampas tebu diukur dengan mengevaluasi pelaksanaan pembelajaran yang meliputi berbagai tahapan PBP.

Penerapan PBP pengolahan limbah kulit nanas dan ampas tebu dilakukan melalui angket tertutup dengan pernyataan positif dengan memberikan checklist (✓) pada setiap kategori yang akan dipilih dan menggunakan skala likert yang terdiri dari aspek penilaian, dan setiap item mempunyai kategori kurang baik, cukup baik, baik, sangat baik. Langkah-langkah pelaksanaan kegiatan PBP dengan pemanfaatan kulit nanas dan ampas tebu adalah sebagai berikut:

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

$$\%J_i = \frac{\sum J_i}{N} \times 100\% \dots (13)$$

Keterangan:

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

$\sum J_i$: 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 PBP berdasarkan harga persentase ketercapaian pelaksanaan pembelajaran (Arikunto, 2002) seperti pada Tabel 8.

Tabel 6. Kriteria tingkat ketercapaian pelaksanaan pembelajaran

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

3.8 Pengujian Hipotesis

Pengujian hipotesis yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji perbedaan dua rata-rata diantara dua kelompok data. Uji perbedaan dua rata-rata dilakukan pada nilai postes dan pretes dengan menggunakan uji t. Sebelum menguji perbedaan dua rata-rata, terlebih dahulu dilakukan uji normalitas terhadap nilai pretes dan nilai postes keterampilan berpikir kritis siswa di kelas sampel.

3.8.1. Uji normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk memastikan data dari kelas sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal atau tidak. Uji normalitas kelas sampel menggunakan kriteria uji *Shapiro Wilk* dengan taraf signifikan 5% (Sudjana, 2005).

Adapun hipotesis pengujian ini adalah sebagai berikut:

H_0 : Sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : Sampel berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal.

Kriteria uji normalitas sebagai berikut:

Terima H_0 (berdistribusi normal) jika nilai sig. > 0,05 dan tolak H_0 jika nilai sig. < 0,05 (Sudjana, 2005).

3.8.2. Uji homogenitas

Uji homogenitas menggunakan *uji Levene Statistic* dengan menggunakan SPSS versi 25.0.

Hipotesis pengujian ini yaitu sebagai berikut:

H_0 : Sampel berasal dari varians yang homogen.

H_1 : Sampel berasal dari varians yang tidak homogen.

Dasar pengambilan keputusan uji ini yaitu:

Terima H_0 (homogen) jika nilai sig. $> 0,05$ dan tolak H_0 jika nilai sig. $< 0,05$ (Sudjana, 2005).

3.8.3. Uji perbedaan dua rata-rata

Uji perbedaan dua rata-rata digunakan untuk mengetahui seberapa efektif perlakuan terhadap sampel, dengan melihat nilai pretes dengan nilai postes keterampilan berpikir kritis siswa yang diterapkan pembelajaran menggunakan PBP pengolahan limbah kulit nanas dan ampas tebu. Setelah diketahui bahwa kelas sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal maka uji perbedaan dua rata-rata dilakukan dengan menggunakan statistik parametrik, yaitu uji *t-dependent test* menggunakan SPSS 25.0.

Rumusan hipotesis untuk uji ini:

$H_a: \mu_1 \leq \mu_2$: Nilai rata-rata postes keterampilan berpikir kritis siswa lebih rendah atau kurang dari atau sama dengan nilai rata-rata pretest keterampilan berpikir kritis setelah diterapkan model pembelajaran PBP pemanfaatan limbah kulit nanas dan ampas tebu.

$H_0: \mu_1 > \mu_2$: Nilai rata-rata postes keterampilan berpikir kritis siswa lebih tinggi dari nilai rata-rata pretest keterampilan berpikir kritis setelah diterapkan model pembelajaran PBP pengolahan limbah kulit nanas dan ampas tebu.

Keterangan:

μ_1 = Nilai rata-rata postes keterampilan berpikir kritis.

μ_2 = Nilai rata-rata pretes keterampilan berpikir kritis.

Dasar pengambilan keputusan untuk uji ini adalah:

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

Setelah mendapatkan nilai t hitung dan t-tabel, lalu nilai t hitung dibandingkan dengan t-tabel dengan tingkat signifikansi 95%, kriteria pengambilan keputusannya adalah:

1. t-tabel $>$ t hitung = H_0 diterima atau H_1 ditolak
2. t-tabel $<$ t hitung = H_0 ditolak atau H_1 diterima (Widiyanto, 2013).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data diperoleh rata-rata skor postes lebih besar dari rata-rata skor pretes, nilai *n-gain* rata-rata yang diperoleh sebesar 0,74 berkategori minimal sedang. Persentase angket respon siswa sebesar 82,55% berkategori sangat baik serta persentase keterlaksanaan PBP sebesar 81,82% berkategori sangat tinggi. Hal ini dapat disimpulkan pembelajaran berbasis proyek pengolahan limbah ampas tebu dan kulit nanas efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

5.2 Saran

Penelitian yang telah dilakukan, disarankan bahwa:

1. Bagi peneliti selanjutnya yang tertarik mengkaji model Pembelajaran Berbasis Proyek (PBP), disarankan untuk mempertimbangkan pemilihan waktu pelaksanaan proyek dengan cermat agar proses pembelajaran dapat berjalan secara maksimal.
2. Bagi guru yang ingin menerapkan model pembelajaran berbasis proyek, sebaiknya menyediakan waktu yang lebih fleksibel bagi siswa untuk melakukan konsultasi, sehingga mereka lebih leluasa dalam mengajukan pertanyaan maupun menyampaikan kendala yang dihadapi selama proyek berlangsung.
3. Bagi siswa, diharapkan untuk lebih aktif dan bertanggung jawab dalam mengikuti setiap tahap proyek, serta memanfaatkan kesempatan konsultasi sebagai upaya untuk meningkatkan pemahaman dan kualitas hasil proyek.

DAFTAR PUSTAKA

- Abida, R., Fadiawati, N., & Setyarini, M. (2022). Teachers' perceptions toward student worksheets based on sugarcane waste treatment projects to improve students' creative thinking skills. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 23(1), 335-344.
- Andalas Putri, I. N., 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*, 23–28. <https://doi.org/10.20885/ijcer.vol3.iss1.art4>.
- Anggraeni, A., Hasibuan, S., Malik, B., & Wijaya, R. (2013). Improving the quality of tofu waste as a source of feed through fermentation using the *Bacillus amyloliquefaciens* culture. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*.
- Aninda, A., Permanasari, A., & Ardianto, D. (2020). Implementasi pembelajaran berbasis proyek pada materi pencemaran lingkungan untuk meningkatkan literasi stem siswa sma. *JSEP (Journal of Science Education and Practice)*, 3(2), 1-16.
- Arifin, S., & Rahmadani, F. (2020). Potensi limbah ampas tebu sebagai bahan pakan ternak alternatif. *Jurnal Peternakan Tropika*, 8(1), 34–41.
- Astuti, P. Y., Rachmania, T., & Kurniawati, D. (2019). Pemanfaatan ampas tebu dalam pengembangan produk berbasis limbah organik. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 20(2), 75–82.
- Azizah, I. N., & Widjajanti, D. B. (2019). Keefektifan pembelajaran berbasis proyek ditinjau dari prestasi belajar, kemampuan berpikir kritis, dan kepercayaan diri siswa. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 6(2), 233-243.
- Badan Pusat Statistik. (2022). *Statistik Tebu Indonesia 2021*. Diakses pada 6 Juni 2024, dari <https://www.bps.go.id/id/publication/2022/11/30/6392bf8e4265949485d8>

5e72/statistik-tebu-indonesia-2021.html.

- Baygin, M., Yetis, H., Karakose, M., & Akin, E. (2016, September). An effect analysis of industry 4.0 to higher education. In *2016 15th international conference on information technology based higher education and training(ITHET)* (pp. 1-4). IEEE.
- Bijaksana, A. R., Lukmayani, Y., & Kodir, R. A. (2020). Studi Literatur Potensi Aktivitas Antioksidan dari Kulit Buah Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.). *Prosiding Farmasi*, 6(2), 1011-1016.
- Brundiers, K. & Wiek, A. (2013). Do we teach what we preach? An international comparison of problem- and pembelajaran berbasis proyek courses in sustainability. *Sustainability*. 5(4): 1725–1746.
- Chukwuyenum, A. N. (2013). Impact of Critical thinking on Performance in Mathematics among Senior Secondary School Students in Lagos State. *IOSR Journal of Research & Method in Education (IOSRJRME)*, 3(5), 18–25. <https://doi.org/10.9790/7388-0351825>.
- Costa, A. L. (1985). *Developing minds: A resource book for teaching thinking*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Damogalad, V., Edy, H. J., & Supriati, H. S. (2013). Formulasi krim tabir surya ekstrak kulit nanas (*Ananas comosus* L. Merr) dan uji in vitro nilai sun protecting factor (SPF). *PHARMACON Jurnal Ilmiah Farmasi – UNSRAT*, 2(02), 39. Program Studi Farmasi FMIPA UNSRAT, Manado, 95115.
- Daryanto & Rahardjo, M. (2012). *Model Pembelajaran Inovatif*. Gava Media.
- Diawati, C., Fadiawati, N., & Syamsuri, M. (2021). Development of The Performance Assessment Based on Cassava Peel Waste Project to Measure Creative Thinking Skills of Junior High School Students. *Jurnal Pendidikan Progresif*, 22(2), 305-311.
- Diawati, C., Liliarsari, Setiabudi, A., & Buchari. (2017a). Pengembangan dan validasi asesmen kinerja dalam proyek modifikasi alat praktikum kimia instrumen. *Chemistry in Education Journal*, 6(2), 70–75.
- Diawati, C., Liliarsari, Setiabudi, A., & Buchari. (2017b). Students' construction of a simple steam distillation apparatus and development of creative thinking skills: A project-based learning. In *AIP Conference Proceedings*. 1848(1). AIP Publishing.

- Dwyer, C. P., Hogan, M. J. & Stewart, I. (2014). An integrated critical thinking framework for the 21st century. *Journal of Thinking Skills and Creativity*, 12:12-43
- Ennis, R. H. (1989). Critical thinking and subject specificity: clarification and needed research. *Educational researcher*, 18(3), 4-10. Diakses dari <http://doi.org/10.3102/0013189X018003004>
- Facione. (2013). Critical Thinking: What It Is and Why It Counts. *Measured Reasons and The California Academic Press*, Millbrae, CA.
- Fadiawati, N., Diawati, C., Syamsuri, & Fauzi, M. M. (2019). Constructing a simple distillation apparatus from used goods by using project-based learning. *Periodico Tche Quimica*, 16(32), 207–213.
- Fadiawati, N., Suryaningsih, Y., & Mustika, T. P. (2020). *Keterampilan berpikir kritis: Proses pengambilan keputusan berbasis analisis kontekstual*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Farihatun, S. M., & Rusdarti, R. (2019). Keefektifan pembelajaran project based learning (PJBL) terhadap peningkatan kreativitas dan hasil belajar. *Economic Education Analysis Journal*, 8(2), 635-651.
- Fathurrohman, M. (2015). *Model-model pembelajaran*. Jogjakarta: Ar-ruzz media.
- Fauzi, A. M., & Abidin, Z. (2019). Analisis keterampilan berpikir kritis tipe kepribadian thinking-feeling dalam menyelesaikan soal PISA. *Suska Journal of Mathematics Education*, 5(1), 1-8.
- Gandi, A. S. K., Haryani, S., & Setiawan, D. (2019). The effect of project-based learning integrated STEM toward critical thinking skill. *Journal of Primary Education*, 8(7), 18-23.
- Hake, R. R. 1998. Interactive-Engagement Versus Traditional Methods: A Six Thousand-Student Survey of Mechanics Test Data For Introductory Physics Courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64-74.
- Halim, A. (2022). Signifikansi dan Implementasi Berpikir Kritis dalam Proyeksi Dunia Pendidikan Abad 21 Pada Tingkat Sekolah Dasar. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, 3(3), 404–418. <https://doi.org/10.36418/jist.v3i3.385>.
- Hamad, A., Rahman, F., & Sari, D. P. (2017). Potensi kulit nanas sebagai substrat dalam pembuatan nata de pina. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 12(3), 45-56.

- Handoyo, R. F., Rosbiono, M., & Sopandi, W. (2021). Building students' creative thinking skills using problem-based learning in handling staple food waste. *Journal of Educational Sciences*, 5(1), 89-103.
- Hartini, T., Misri, M. A., & Nursuprianah, I. (2018). Pemetaan kemampuan HOTS siswa berdasarkan standar PISA dan TIMSS untuk meningkatkan mutu pendidikan. *Eduma : Mathematics Education Learning and Teaching*, 7(1), 83–92. <https://doi.org/10.24235/eduma.v7i1.2795>
- Hasruddin. (2009). Memaksimalkan Kemampuan Berpikir Kritis melalui Pendekatan Kontekstual. *Jurnal Tabularasa PPS Unimed*. 6 (1): 48-60.
- Hedges, L. E. (1996). *Teaching for Connection: Critical Thinking Skills, Problem Solving, and Academic and Occupational Competencies*. Lesson Plans. In Paper (Issue 1). <https://eric.ed.gov/?id=ED417056>
- Ihtifazhuddin, M., Febriyanti, N., & Amelia, R. (2024). Pembuatan bioetanol dari limbah kulit nanas untuk pencampuran pertalite. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 5(1), 12-21.
- Indah, N. A. P., 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.
- Indriani dan Sumiarsih. (1992). Pembudidayaan Tebu di Lahan Sawah dan Tegalan. *Penebar Swadaya*. Jakarta.
- 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*, 84-88. <https://doi.org/10.20885/ijcer.vol>
- Johnson, E. B. (2010). *Contextual Teaching & Learning: Menjadikan Kegiatan Belajar-Mengajar Mengasyikkan dan Bermakna*. Bandung: Kaifa.
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. (2014). *Permendikbud nomor 58 tahun 2014 tentang tujuan dan hasil dari project based learning*. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, Jakarta. Indonesia.
- Kurniawan, A. B., Handayani, S., & Prasetyo, E. (2021). Analisis kandungan lignoselulosa ampas tebu untuk pengembangan bioenergi. *Jurnal Rekayasa Energi dan Lingkungan*, 17(2), 110–117.

- Kustiaman, E. (2016). Penilaian proyek dalam pembelajaran berbasis proyek sebagai upaya meningkatkan kemampuan penalaran matematis peserta didik. *Pasundan Journal of Mathematics Education : Jurnal Pendidikan Matematika*, Vol 6 No 1, 14–30. <https://doi.org/10.23969/pjme.v6i1.2721>.
- Lestari, A. C., & Annizar, A. M. (2020). Proses berpikir kritis siswa dalam menyelesaikan masalah PISA ditinjau dari kemampuan berpikir omputasi. *Jurnal Kiprah*, 8(1), 46–55. <https://doi.org/10.31629/kiprah.v8i1.206>.
- 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.*
- Mahanan, M. S., Ibrahim, N. H., Surif, J., Osman, S., & Bunyamin, M. A. H. (2021). Dual mode module as new innovation in learning chemistry: project based learning oriented. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 15(18).
- Maryani, L., Sunyono, & Abdurrahman. (2017). Efektivitas LKPD berbasis project based learning untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 5(3).
- Matsna, M., Sulistyorini, R., & Dewi, N. R. (2023). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik Kelas VIID SMPN 19 Semarang Materi Ekologi Melalui Problem Based Learning Berbasis Socio-Scientific Issue. *In Proceeding Seminar Nasional IPA*.
- MDPI Agronomy. (2021). Pineapple waste biorefinery: An integrated system for production of biogas and marketable products. *Agronomy*, 11(5), Article 1003.
- Mikha Agus Widiyanto, M. (2013). *Statistika terapan*. Elex Media Komputindo.
- Muftihana, F., Fadiawati, N., & Diawati, C. (2019). Peningkatan keterampilan berkomunikasi siswa SMA menggunakan model pembelajaran berbasis masalah pencemaran oleh limbah cair tahu. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia*, 8(2), 402–416. <https://jurnal.fkip.unila.ac.id/>.
- Muhali. (2019). Pembelajaran inovatif abad ke-21. *Jurnal Penelitian dan Pengkajian Ilmu Pendidikan: E-Saintika*, 3(2), 25. <https://doi.org/10.36312/e-saintika.v3i2.126>

- Muharromah, Tri Rohmah. Noor Fadiawati, & Andrian Saputra. (2019). Efektivitas Pembelajaran Berbasis Proyek Daur Ulang Minyak Jelantah dalam Meningkatkan Keterampilan Berkomunikasi Siswa. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia*. Vol.8, No. 2.
- Muliaman, A., & Mellyzar. (2020). Peningkatan hasil belajar menggunakan model project based learning pada materi laju reaksi. *Journal of Chemistry in Education*, 9(2252), 1–4. https://doi.org/10.1007/978-3-030-582920_130436.
- Mutakinati, L., Anwari, I., & Yoshisuke, K. (2018). Analysis of students' critical thinking skill of middle school through stem education project-based learning. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(1), 54–65.
- Nawangsari, N. S., Pujiastuti, P., & Gularso, D. (2022). The effect of project-based learning model on PGSD students' critical thinking skill. *Jurnal Prima Edukasia*, 10(1), 19-27.
- 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.
- Nurfadilah, M., Fajri, A., & Hidayat, A. (2022). Kajian potensi limbah agroindustri tebu sebagai sumber energi alternatif. *Jurnal Teknik dan Pengelolaan Lingkungan*, 12(1), 58–65.
- Nurfaizin, S. (2024). Delignifikasi limbah kulit nanas untuk produksi biogas melalui metode MAE. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 25(1), 78-89.
- Nurhadiyati., Rusdinal., & Fitria. (2021). Pengaruh Model Pembelajaran berbasis proyek (PBP) terhadap Hasil Belajar Siswa Di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*.5(1): 327-333.
- Nurjanah, N., & Purwantoyo, E. (2023). Efektivitas Model Pembelajaran Pembelajaran berbasis proyek Berbasis STEAM Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Keterampilan Proses Pada Materi Perubahan Lingkungan. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi* (Vol. 11, pp. 211-217).
- Osman, K., Hiong, L.C., & Vebrianto, R. (2013). 21st century biology an interdisciplinary approach of biology, technology, and mathematics education. *Procedia-Sosial and Behavioral Sciences*. (102): 188-194.
- Palupi, W.D., Fadiawati, N., & Diawati, C. (2019). Peningkatan Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa SMA Menggunakan Model Pembelajaran Berbasis

Masalah Pencemaran oleh Limbah Cair Tahu. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia*, 8 (2): 361-374.

Parikh, A., Singh, R., & Patel, V. (2023). Optimasi ekstraksi senyawa bioaktif kulit nanas dengan microwave untuk fermentasi. *Journal of Food Science and Technology*, 60(2), 789-798.

Pertiwi, R. D., Subekti, I., & Mulyani, S. (2021). Karakteristik kimia ampas tebu dan potensi pemanfaatannya sebagai bahan pakan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan Tropis*, 9(3), 102–110.

Pratiwi, I. (2019). Efek program PISA terhadap kurikulum di Indonesia. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 4(1), 51–71. <https://doi.org/10.24832/-jpnk.v4i>

Pratiwi, P. B., Diawati, C., & Setyarini, M. (2018). Pembelajaran berbasis masalah erosi email gigi untuk meningkatkan kemampuan penalaran dan keterampilan berpikir kritis. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia*, 7(2). 1-15.

Putri, I. N. A. (2019). Efektivitas model pembelajaran berbasis proyek daur ulang minyak jelantah dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA. (Disertasi). Universitas Lampung: Bandar Lampung.

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, 3(1), 23–28. <https://doi.org/10.20885/ijcer.vol3.iss1.art>.

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), 1–15. <http://jurnal.fkip.unila.ac.id/index.php/JPK/article/view/18989>.

Ralph, R. A. (2015). Post secondary pembelajaran berbasis proyek in science, technology, engineering and mathematics. *Journal of Technology and Science Education*, 6(1), 26–35. <https://doi.org/10.3926/jotse.155>

Ramadhani, A., Sari, D. N., & Nurjanah, R. (2021). Strategi pemanfaatan limbah padat agroindustri berbasis teknologi tepat guna. *Jurnal Inovasi Teknologi*, 12(1), 43–50.

Rudinov, J., & Barry, V. E. (2004). *Invitation Critical Thinking*. New York: Holly J. Allen.

- Rusnawati, M. D., Santyasa, I. W., & Tegeh, I. M. (2020). The effect of project based e-learning models toward learning outcomes and critical thinking skills of vocational high school students. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 27(2), 57-64.
- Sarangi, P. K., Nanda, S., & Vo, D.-V. N. (2022). Sustainable utilization of pineapple wastes for production of bioenergy and biochemicals. *Bioresource Technology*, 351, 127042.
- Sarif, Y., Fadiawati, N., & Syamsuri, M. M. F. (2019). The effectiveness of waste cooking oil recycling project-based learning to improve students' high order thinking skills. *International Journal of Chemistry Education Research*, 29-34.
- Saska, M., & Medina, C. M. (2006). Production of fuel ethanol from sugarcane bagasse and sugarcane trash. In *IX Congress on Sugar and Sugar Cane Derivatives*, Havana, Cuba, June 19 - 22, 2006.
- Sayou, V., Grause, G., Kumagai, S., Saito, Y., Kameda, T., & Yoshioka, T. (2018). Pyrolysis of sugarcane bagasse pretreated with sulfuric acid. *Journal of the Energy Institute*, xxx, 1-9.
- Schleicher, A. (2019). PISA 2018: Insights and interpretations. *OECD Publishing*. Diakses melalui <https://www.oecd.org/pisa/PISA%202018>
- Stiggins, R.J. (1994). *Student-centered classroom assessment*. New York: Macmillan College Publishing Company.
- Suanggana, S., Prasetya, A., & Wahyudi, T. (2022). Potensi produksi biogas dari anaerobic digestion kotoran sapi dan kulit nanas. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(2), 345-357.
- Sudjana. (2005). *Metode statistika*. Bandung: Tarsito.
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta. ISBN: 979-8433-64-5.
- Sulistyaningsih, Sulam, K., Syakur, A., & Musyarofah, L. (2019). The implementation of 21st century skills as the new learning paradigm to the result of student's career and life skills. *Magister Scientiae*, 46, 228-237.
- Sumarni, W., & Kadarwati, S. (2020). Ethno-STEM Project-Based Learning: Its Impact to Critical and Creative Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(1), 11-21. DOI: 10.15294/jpii.v9i1.21754.

- Supriyanti, S., Permanasari, A., & Khoerunnisa, F. (2020). Chemistry lesson with project-based learning on the biogas production to enhance students information literacy. *In 5th Asian Education Symposium 2020 (AES 2020)* (pp. 357-359). Atlantis Press.
- Susilowati, S. H., Darmawan, T., & Prasetyo, T. (2022). Biokonversi limbah ampas tebu menjadi pakan alternatif melalui fermentasi mikroba lokal. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia*, 9(1), 58–66.
- Syauqi, A. (2020). Pemanfaatan limbah kulit nanas menjadi bioetanol dengan penambahan ragi yang berbeda. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 9(1), 12-20.
- Tamara, T. (2018). Pengaruh penerapan metode think-pair-share dan group investigation terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. *Indonesian Journal of Economics Education*, 1(1), 73–84. <https://doi.org/10.17509/-jurnal>.
- Taufiq, M., Nugraha, R. A., & Hwang, Y. (2021). Lignocellulosic conversion of sugarcane bagasse for bioethanol production: A review. *Renewable Energy Research Journal*, 16(3), 221–230.
- Umanailo, M. C. B., Firdaus, S. M., & Muna, M. (2020). The potential of agricultural waste as an alternative energy source. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 9(3), 4513–4516.
- Umar, M.A. (2016). Penerapan Pendekatan Saintifik dengan Metode Pembelajaran Berbasis Proyek (Pembelajaran berbasis proyek) pada Mata Pelajaran Kimia. *Jurnal Entropi*, 11 (2), 132–138. <https://ejournal.stkipbbm.ac.id/index.php/bio/article/view/194>.
- Urbaninggar, U., & Fatimah, S. (2021). Pengaruh ekstrak kulit nanas pada nata de soya dari limbah tahu. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 9(3), 156-165.
- Wijaya, E. Y., Sudjimat, D. A., Nyoto, A., & Malang, U. N. (2016). Transformasi pendidikan abad 21 sebagai tuntutan pengembangan sumber daya manusia di era global. *In Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika* (Vol. 1, No. 26, pp. 263-278).
- Wulandari, P., Fadiawati, N., & Diawati, C. (2019). Peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa SMA menggunakan model pembelajaran berbasis masalah pencemaran oleh limbah cair tahu. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia*, 8(2), 387-401.
- Yusro, (2023). *Peringkat Sistem Pendidikan Dunia 2023, Indonesia ke 67 dari*

203 Negara. Diakses di <https://www.myusro.id/?p=1993>. Pada tanggal 10 Mei 2024.

Zafar, S. (2018). *Energy Potential* of <https://www.bioenergyconsult.com/energy-potential-bagasse/> Bagasse. Sumber: Diakses: 31 Maret 2024 Pukul 15:30 WIB.

Zakiah, L., & Lestari, I. (2019). *Berpikir kritis dalam konteks pembelajaran*. Bogor: Erzatama Karya Abadi.