

**EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN BERBASIS PROYEK PEMANFAATAN
LIMBAH INDUSTRI TEPUNG TAPIOKA DAN GULA
DALAM MENINGKATKAN KETERAMPILAN
BERPIKIR KRITIS SISWA SMA**

(SKRIPSI)

Oleh

**INGE LARAS PRAMUDITA
NPM 2013023003**



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

**EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN BERBASIS PROYEK PEMANFAATAN
LIMBAH INDUSTRI TEPUNG TAPIOKA DAN GULA
DALAM MENINGKATKAN KETERAMPILAN
BERPIKIR KRITIS SISWA SMA**

Oleh

INGE LARAS PRAMUDITA

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**

ABSTRAK

EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN BERBASIS PROYEK PEMANFAATAN LIMBAH INDUSTRI TEPUNG TAPIOKA DAN GULA DALAM MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA SMA

Oleh

INGE LARAS PRAMUDITA

Pembelajaran Berbasis Proyek (PBP) merupakan pembelajaran yang melibatkan siswa dalam memilih topik, untuk memecahkan masalah dan memberikan kesempatan bekerja dalam waktu tertentu, untuk menghasilkan produk. Melalui tugas proyek dalam PBP dapat melatih keterampilan berpikir kritis pada siswa, akan tetapi PBP belum banyak diterapkan di sekolah. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan efektivitas pembelajaran berbasis proyek pengolahan limbah industri tepung tapioka dan gula dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA. Metode dalam penelitian ini menggunakan *weak experiment* dengan desain yang digunakan adalah *The One Group Pretest-Posttest Design*. Sampel penelitian ini adalah siswa kelas XI 6 yang diambil dengan teknik *purposive sampling*. Teknik analisis data yang dilakukan adalah uji statistik parametrik uji-*t* dan perhitungan *n-gain*. Hasil penelitian ini diperoleh perbedaan yang signifikan antara rata-rata nilai postes dengan rata-rata nilai pretes dan *n-gain* rata-rata keterampilan berpikir kritis yang diperoleh sebesar 0,76 berkategori tinggi. Rata-rata persentase respon siswa sebesar 83,5% berkategori sangat baik dan keterlaksanaan pembelajaran sebesar 84% berkategori sangat tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

Kata Kunci: Keterampilan berpikir kritis, limbah industri tepung tapioka, limbah industri gula, pembelajaran berbasis proyek

ABSTRACT

THE EFFECTIVENESS OF PROJECT- BASED LEARNING OF UTILIZATION OF TAPIOCA AND SUGAR INDUSTRY WASTE IN IMPROVING CRITICAL THINKING SKILLS OF HIGH SCHOOL STUDENTS

By

INGE LARAS PRAMUDITA

Project Based Learning (PBL) is a learning that involves students in choosing topics, to solve problems and provide opportunities to work within a certain time, to produce products. Through project assignments in PBL can train critical thinking skills in students, but PBL is widely applied in schools. This study aims to describe the effectiveness of project-based learning in processing tapioca flour and sugar industry waste in improving critical thinking skills of high school students. The method in this study uses a weak experiment with the design used is The One Group Pretest-Posttest Design. The sample of this study was students of class XI 6 who were taken using purposive sampling techniques. The data analysis technique used was the parametric statistical test of the t-test and n-gain calculation. The results of this study obtained a significant difference between the average post-test score and the average pre-test score and the average n-gain of critical thinking skills obtained was 0.76 in the high category. The average percentage of student responses was 83.5% in the very good category and the implementation of learning was 84% in the very high category. This shows that project-based learning can improve students' critical thinking skills.

Keywords: Critical thinking skills, tapioca flour industry waste, sugar industry waste, project-based learning

Judul Skripsi

**: EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN
BERBASIS PROYEK PEMANFAATAN
LIMBAH INDUSTRI TEPUNG
TAPIOKA DAN GULA DALAM
MENINGKATKAN KETERAMPILAN
BERPIKIR KRITIS SISWA SMA**

Nama Mahasiswa

: Inge Laras Pramudita

NPM

: 2013023003

Program Studi

: Pendidikan Kimia

Jurusan

: Pendidikan MIPA

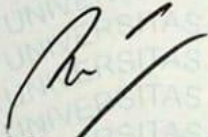
Fakultas

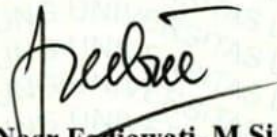
: Keguruan dan Ilmu Pendidikan



MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Prof. Dr. Chansyanah Diawati, M.Si.
NIP 19660824 199111 2002


Dr. Noor Fadiawati, M.Si.
NIP 19660824 199111 2001

2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA


Dr. Nurhanurawati, M.Pd.
NIP 19670808 199103 2001

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. Albet Maydiantoro, M.Pd.

NIP 19870504 201404 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 23 Mei 2025

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Inge Laras Pramudita
NPM : 2013023003
Program Studi : Pendidikan Kimia
Jurusan : Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi yang berjudul “Efektivitas Pembelajaran Berbasis Proyek Pemanfaatan Limbah Industri Tepung Tapioka dan Gula dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA” adalah asli hasil penelitian saya, baik gagasan, data, maupun pembahasannya adalah benar karya sendiri yang saya susun dengan mengikuti norma dan etika akademik.

Demikian pernyataan ini saya buat dan apabila di kemudian hari ternyata pernyataan ini tidak benar, maka saya bertanggung jawab sesuai dengan Undang-Undang dan Peraturan yang berlaku.

Bandarlampung, 23 Mei 2025
Yang Menyatakan,



Inge Laras Pramudita
NPM 2013023003

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Ambarawa Lampung pada 23 November 2001, Anak kedua dari dua bersaudara, anak dari Bapak Mudikin dan Ibu Nurbaeti. Riwayat pendidikan diawali di Sekolah Dasar Negeri 1 Ambarawa Pringsewu (2008-2014), dilanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Ambarawa Pringsewu (2014-2017), dan dilanjutkan ke Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Pringsewu (2017-2020).

Pada tahun 2020 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Pendidikan Kimia Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Mahasiswa Perguruan Tinggi Negeri). Selama menjadi mahasiswa pernah diberikan tanggung jawab menjadi anggota divisi pendidikan FOSMAKI Universitas Lampung 2020 dan 2021, anggota divisi minat dan bakat FOSMAKI Universitas Lampung 2022 dan 2023. Penulis memiliki pengalaman mengajar dan mengabdikan yang pernah diikuti selama perkuliahan yaitu PLP (Pengenal Lapangan Persekolahan) yang terintegrasi dengan kuliah kerja nyata (KKN) di SD Negeri 1 Bukit Batu Way Kanan.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil 'alamin

Segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena berkat rahmat dan kekuatan-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Dengan mengharap Ridho-Mu, dan sebagai tanda bakti dan kasih sayang kepada orang-orang yang berharga, ku persembahkan skripsi ini kepada:

Bapak dan Ibu (Mudikin dan Nurbaeti)

Kedua orang tuaku Bapak dan Ibu tersayang dengan segala pengorbanan, nasehat, ketulusan doa serta keridhoannya dalam membimbing serta mengajarkan perihal hidup sehingga saya menjadi pribadi yang lebih baik dari hari ke hari. Semoga skripsi ini sebagai salah satu wujud baktiku dan ungkapan rasa kasih sayang yang tak terhingga.

Kakakku Tercinta (Mentaldo Chandra Primawan)

Terimakasih untuk segala dukungan, perhatian, dan motivasi yang telah diberikan untuk adikmu ini. Semoga kita dapat membahagiakan dan membanggakan orang tua.

Para Pendidikku (Guru dan Dosen)

Yang telah memberikan ilmu, membimbing, mendidik serta memberikan nasehat yang berharga dengan setulus hati.

Almamaterku, Universitas Lampung

MOTTO

“Tuhan tahu waktu yang tepat, tempat yang tepat, dan jawaban yang tepat untuk semua doa-doa kita”

(Rony Parulian)

“Hidup bukan saling mendahului, bermimpilah sendiri-sendiri”

(Hindia)

“Berserah tapi bukan menyerah”

(Rony Parulian)

SANWACANA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga skripsi yang berjudul ‘Efektivitas Pembelajaran Berbasis Proyek Pemanfaatan Limbah Industri Tepung Tapioka dan Gula dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA” sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana pendidikan dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam tercurah kepada manusia terbaik sepanjang masa Nabi Muhammad SAW.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari 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. Albet Maydiantoro, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan;
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. Maria Habiba, S.Pd., M.Pd. selaku kepala sekolah SMA Negeri 15 Bandar Lampung dan Dra. Hj. Endang Andari, 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 untukku demi kelancaran menyelesaikan studi di Pendidikan Kimia;
10. Rekan seperjuangan skripsi Adelia Putri dan Dini Cahyani yang selalu memberikan energi positifnya untuk berjuang sampai akhir;
11. Sahabat-sahabatku Lilis, Elok, Ajeng, Utchi terimakasih selalu ada dan menjadi pendengar keluh kesah selama ini;
12. Keluarga Pendidikan Kimia 2020 terimakasih atas bantuan dan dukungan selama berjuang di Pendidikan Kimia;
13. Rony Parulian terimakasih sudah menjadi penyemangat, motivasi, dan inspirasi dalam menyelesaikan skripsi ini;
14. Semua pihak yang terlibat dalam pembuatan skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terimakasih atas segala bantuan, dukungan, kritik, dan saran yang telah diberikan.

Akhir kata penulis berharap semoga Allah SWT membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu menyelesaikan penulisan skripsi ini. Aamiin.

Bandarlampung, 23 Mei 2025

Penulis,

Inge Laras Pramudita

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL	xvi
---------------------------	------------

DAFTAR GAMBAR.....	xvii
---------------------------	-------------

I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pembelajaran Berbasis Proyek	6
2.2 Keterampilan Berpikir Kritis	8
2.3 Limbah Industri Tepung Tapioka dan Gula.....	8
2.3.1 Limbah Industri Tepung Tapioka	8
2.3.2 Limbah Industri Gula.....	10
2.4 Penelitian yang Relevan	12
2.5 Kerangka Pemecahan Masalah	16
2.5.1 Limbah Industri Tepung Tapioka	16
2.5.2 Limbah Industri Gula.....	17
2.6 Kerangka Pemikiran	18
2.7 Hipotesis Penelitian	19
III. METODE PENELITIAN.....	20
3.1 Populasi dan Sampel.....	20
3.2 Jenis dan Sumber Data.....	20

3.3 Desain Penelitian	21
3.4 Variabel Penelitian.....	21
3.5 Instrumen Penelitian dan Perangkat Pembelajaran.....	22
3.5.1 Instrumen Penelitian	22
3.5.1.1 Soal pretes dan postes keterampilan berpikir kritis	22
3.5.1.2 Asesmen kinerja produk pemanfaatan limbah.....	22
3.5.1.3 Asesmen kinerja produk berpikir	22
3.5.1.4 Instrumen angket respon siswa terhadap PBP	22
3.5.1.5 Lembar keterlaksanaan PBP	23
3.5.2 Perangkat Pembelajaran.....	23
3.6 Prosedur Pelaksanaan Penelitian	24
3.6.1 Observasi	24
3.6.2 Pelaksanaan Penelitian.....	24
3.6.3 Pelaporan	25
3.7 Teknik Analisis Data dan Pengujian Hipotesis	26
3.7.1 Teknik Analisis Data	26
3.7.2 Pengujian Hipotesis	30
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Hasil Penelitian.....	33
4.1.1 Analisis data keterampilan berpikir kritis.....	33
4.1.2 Kinerja produk pemanfaatan limbah	37
4.1.3 Kinerja produk berpikir	38
4.1.4 Respon siswa terhadap PBP	39
4.1.5 Keterlaksanaan PBP	40
4.2 Pembahasan	41
4.2.1 <i>Orientation</i>	41
4.2.2 <i>Identifying and defining a project</i>	42
4.2.3 <i>Planning a project</i>	50
4.2.4 <i>Implementing a project</i>	61
4.2.5 <i>Documenting and reporting project findings</i>	63
4.2.6 <i>Evaluating and taking action</i>	65
4.2.7 Kinerja Produk.....	66

V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Kendala	69
5.3 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN.....	77
1. Link Bahan Ajar	78
2. Hasil Keterampilan Pretes dan Postes Berpikir Kritis siswa	79
3. Rekapitulasi Perhitungan Skor Pretes-Postes dan <i>n-gain</i> Siswa	81
4. Uji normalitas, homogenitas dan uji perbedaan dua rata-rata.....	85
5. Rekapitulasi Keterlaksanaan PBP dan Respon Siswa	89
6. Rekapitulasi Nilai Kinerja Produk.....	91
7. Surat Keterangan Penelitian	94

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. <i>Framework</i> keterampilan berpikir kritis	9
2. Penelitian relevan	12
3. Desain Penelitian <i>The One Group Pretest-Posttest Design</i>	21
4. Kategori respon siswa	23
5. Klasifikasi <i>n-gain</i>	27
6. Kriteria penskoran siswa	29
7. Kriteria tingkat ketercapaian pelaksanaan pembelajaran	30
8. Hasil uji normalitas dan homogenitas	36
9. Skor kinerja produk pemanfaatan limbah industri tepung tapioka dan gula..	37
10. Rekapitulasi nilai kinerja produk berpikir siswa	38
11. Hasil dokumentasi video dan laporan siswa	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemecahan masalah limbah industri tepung tapioka	16
2. Kerangka pemecahan masalah limbah industri gula.....	17
3. Diagram alir penelitian.....	25
4. Skor pretes dan postes keterampilan berpikir kritis siswa	33
5. Rata-rata skor pretes dan postes setiap soal indikator	34
6. Rata-rata <i>n-gain</i> setiap indikator keterampilan berpikir kritis siswa	35
7. Rekapitulasi hasil respon siswa.....	39
8. Persentase keterlaksanaan PBP	40
9. Informasi limbah industri tepung tapioka yang dituliskan siswa sebelum konsultasi	42
10. Informasi limbah industri gula yang dituliskan siswa sebelum konsultasi	42
11. Informasi limbah industri tepung tapioka yang dituliskan siswa setelah konsultasi	43
12. Informasi limbah industri gula yang dituliskan siswa setelah konsultasi	43
13. Informasi limbah industri tepung tapioka yang dituliskan siswa sebelum konsultasi	44
14. Informasi limbah industri gula yang dituliskan siswa sebelum konsultasi	44
15. Informasi limbah industri tepung tapioka yang dituliskan siswa setelah konsultasi	45
16. Informasi limbah industri gula yang dituliskan siswa setelah konsultasi	46
17. Informasi limbah industri tepung tapioka yang dituliskan siswa sebelum konsultasi	46
18. Informasi limbah industri gula yang dituliskan siswa sebelum konsultasi	47
19. Informasi limbah industri tepung tapioka yang dituliskan siswa setelah konsultasi	48

20. Informasi limbah industri gula yang dituliskan siswa setelah konsultasi	48
21. Hasil rumusan masalah limbah industri tepung tapioka sebelum konsultasi...	49
22. Hasil rumusan masalah limbah industri gula sebelum konsultasi	49
23. Hasil rumusan masalah limbah industri tepung tapioka setelah konsultasi.....	50
24. Hasil rumusan masalah limbah industri gula setelah konsultasi	50
25. Hasil tujuan proyek limbah industri tepung tapioka sebelum konsultasi	51
26. Hasil tujuan proyek limbah industri gula sebelum konsultasi	51
27. Hasil tujuan proyek limbah industri tepung tapioka setelah konsultasi.....	51
28. Hasil tujuan proyek limbah industri gula setelah konsultasi	52
29. Hasil pentingnya proyek limbah tepung tapioka sebelum konsultasi.....	52
30. Hasil pentingnya proyek limbah gula sebelum konsultasi	52
31. Hasil pentingnya proyek limbah tepung tapioka setelah konsultasi.....	53
32. Hasil pentingnya proyek limbah gula setelah konsultasi.....	53
33. Hasil rancangan langkah-langkah produk gula cair sebelum konsultasi	54
34. Hasil rancangan langkah-langkah produk bioetanol sebelum konsultasi	55
35. Hasil rancangan langkah-langkah produk gula cair setelah konsultasi	55
36. Hasil rancangan langkah-langkah produk bioetanol setelah konsultasi	56
37. Hasil rancangan alat dan bahan produk gula cair sebelum konsultasi.....	56
38. Hasil rancangan alat dan bahan produk bioetanol sebelum konsultasi	57
39. Hasil rancangan alat dan bahan produk gula cair setelah konsultasi.....	57
40. Hasil rancangan alat dan bahan produk bioetanol setelah konsultasi.....	58
41. Hasil desain alat produk bioetanol sebelum konsultasi	58
42. Hasil desain alat produk bioetanol setelah konsultasi	59
43. <i>Timeline</i> dan pembagian tugas kelompok gula cair	60
44. <i>Timeline</i> dan pembagian tugas kelompok bioetanol	60
45. Rincian kegiatan kendala pelaksanaan proyek gula cair.....	61
46. Rincian kegiatan kendala pelaksanaan proyek bioetanol.....	62
47. Presentasi produk bioetanol	64
48. Presentasi produk gula cair	64
49. Rancangan alat kelompok 1	66
50. Rancangan alat kelompok 2	66
51. Produk bioetanol	67

52. Nyala api kelompok 1 dan kelompok 2	67
53. Produk gula cair	68

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia saat ini telah memasuki era revolusi industri 4.0 yang menekankan pembaharuan teknologi diantaranya meningkatnya interaksi perkembangan sistem *digital economy* (digitalisasi ekonomi) yang dibantu dengan jaringan atau konektivitas, *artificial intelligence* (kecerdasan buatan), dan *big data* (data dalam skala besar) (Lase, 2019 ; Putriani & Hudaidah., 2021; Rezky dkk., 2019). Bentuk pengaplikasian pada revolusi industri 4.0 yaitu penggunaan robot untuk menggantikan tenaga manusia agar lebih efisien dan efektif (Ghufron, 2018). Adanya perubahan revolusi industri 4.0 tidak dapat dihindari sehingga dibutuhkan sumber daya manusia yang mampu bersaing dalam pasar global seperti pasar tenaga kerja (Lase, 2019 ; Zubaidah, 2020). Memasuki zaman dengan syarat persaingan, setiap individu harus memiliki kecakapan abad 21, salah satunya yaitu kemampuan berpikir kritis (Rawung dkk., 2021). Individu yang berpikir kritis akan lebih mampu menghadapi tantangan abad 21 sehingga mampu memberikan kontribusi positif terhadap diri sendiri, sosial, teknologi dan ekonomi (Diawati dkk., 2017).

Keterampilan berpikir kritis sangat diperlukan karena seseorang yang berpikir kritis akan mampu berpikir logis, reflektif, dan produktif dalam menjawab permasalahan-permasalahan dengan baik sehingga dapat mengambil keputusan rasional tentang apa yang harus dilakukan atau apa yang diyakini (Chusni dkk., 2020; Nuraeni dkk., 2019). Individu yang berpikir kritis mampu mengevaluasi hasil dari proses berpikir pengambilan suatu keputusan atau mengidentifikasi keefektivitasan dari suatu masalah yang telah diselesaikan (Alsaleh, 2020). Kemampuan berpikir kritis mampu membawa seseorang dalam menghadapi masalah dengan solusi yang

cemerlang. Maka dari itu, berpikir kritis merupakan kemampuan yang perlu dikembangkan (Mulyani, 2022).

Faktanya, tingkat keterampilan berpikir kritis siswa di Indonesia masih tergolong rendah, hal ini dapat diketahui dari hasil survei PISA 2022 yang berada di peringkat 68 dari 79 negara. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Khoirunisa dkk. (2020) bahwa keterampilan berpikir kritis berada pada kategori sangat rendah, dibuktikan dengan persentase 36.84% dari 190 individu. Selain itu, hasil observasi yang dilakukan oleh Ananda dkk. (2021) ditemukan bahwa kondisi nyata dilapangan belum sesuai dengan kondisi ideal yang diharapkan yang ditunjukkan dengan persentase keterampilan berfikir kritis individu sebesar 41,75%. Hal tersebut dikarenakan adanya faktor pada individu yang belum mampu menciptakan gagasan baru dan menemukan solusi sesuai dengan masalah yang dihadapi. Fakta tersebut juga diperkuat dengan hasil observasi dan wawancara dengan salah satu guru kimia dan siswa di SMA N 15 Bandarlampung didapatkan informasi bahwa siswa kurang terlibat aktif dalam proses pembelajaran kimia. Kebanyakan guru, masih menggunakan metode ceramah sehingga siswa lebih banyak memperoleh pengetahuan yang disampaikan oleh guru, daripada mencari dan menemukan sendiri apa yang mereka butuhkan. Oleh karena itu, siswa akan lebih susah untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritisnya.

Salah satu model pembelajaran yang dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis suatu individu yaitu pembelajaran berbasis proyek (Purwanti dkk.,2022). PBP adalah pembelajaran yang berorientasi untuk memecahkan masalah nyata dengan mengkolaborasikan konsep-konsep pengetahuan melalui suatu proyek dengan memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengembangkan ide solusi orisinal, mencari sumber daya yang tersedia, menyajikan data hasil penelitian dan memverifikasi hasilnya (Putri dkk.,2019; Bilgin, Karakuyu, & Ay. 2015).

Salah satu permasalahan dalam kehidupan sehari-hari adalah limbah industri tepung tapioka dan gula. Menurut Styani dkk. (2023), limbah industri tepung tapioka tersebar di berbagai daerah di Indonesia salah satunya adalah limbah kulit singkong. Namun, pemanfaatan limbah kulit singkong sampai saat ini masih

belum optimal dan biasanya dimanfaatkan sebagai pakan ternak ataupun pupuk kompos. Sementara itu, pada proses produksi gula yang bahan utamanya adalah tebu menghasilkan produk samping berupa tetes tebu (molasses) (Kusuma dkk., 2019). Jika diasumsikan rata-rata kapasitas produksi gula di Indonesia yang sekitar 6.000 – 6.250 TCD (*Ton Cane Per Day*) yang akan menghasilkan 800 sampai 900 m³ per hari limbah cair (Rhofita dkk,2019). Limbah industri tepung tapioka dan gula kurang dikelola dengan baik, hal ini ditunjukkan dengan adanya pembuangan limbah yang sembarangan sehingga menghasilkan bau yang tidak sedap (Husin dkk., 2022). Pengelolaan limbah industri tepung tapioka dan gula yang dilakukan dengan baik dapat mengatasi masalah pencemaran lingkungan dan mampu memberikan nilai tambah untuk menghasilkan suatu produk baru (Muhadi, 2017). Berdasarkan uraian permasalahan tersebut pembelajaran berbasis proyek dapat melatih keterampilan berpikir kritis siswa (Fitriani dkk.,2019).

Permasalahan tersebut dapat diselesaikan dengan cara siswa diberikan wacana berupa fenomena terkait masalah limbah industri tepung tapioka dan gula yang tidak dapat dimanfaatkan dengan baik. Lalu, siswa mengamati objek yang berkaitan dengan permasalahan limbah industri tepung tapioka dan gula dengan menggunakan pengetahuan yang sudah dimiliki. Kemudian siswa dapat mengidentifikasi dan merumuskan masalah dengan mengajukan beberapa pertanyaan. Lalu siswa dapat mencari informasi dari berbagai sumber terkait permasalahan yang disajikan untuk menjawab pertanyaan yang sudah diajukan. Selanjutnya siswa dapat melakukan diskusi untuk mencari solusi dalam memecahkan permasalahan tersebut yang selanjutnya akan dikonsultasikan oleh teman maupun guru.

Terdapat beberapa penelitian yang berkaitan dengan PBP. Penelitian yang dilakukan oleh Sarif dkk. (2019) menunjukkan bahwa PBP daur ulang minyak jelantah efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa. Penelitian yang dilakukan oleh Insani dkk. (2018) bahwa model PBP dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis (CTS) siswa dalam topik pemisahan campuran dengan menggunakan LKS PjBL. Penelitian yang dilakukan oleh Putri dkk.

(2019) menunjukkan bahwa penggunaan model PBP untuk mendaur ulang limbah minyak goreng dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA.

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas maka peneliti melakukan penelitian yang berjudul “Efektivitas Pembelajaran Berbasis Proyek Pemanfaatan Limbah Industri Tepung Tapioka dan Gula dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana efektivitas PBP pemanfaatan limbah industri tepung tapioka dan gula dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan efektivitas PBP pemanfaatan limbah industri tepung tapioka dan gula dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Bagi siswa

Memberikan pengalaman bagi siswa untuk memecahkan permasalahan dengan membuat suatu produk yang berasal dari limbah industri tepung tapioka dan gula.

2. Bagi guru dan calon guru

Memberikan pengalaman bagi guru dan calon guru untuk membelajarkan topik kimia dengan menerapkan model PBP terutama proyek yang berasal dari limbah industri tepung tapioka dan gula.

3. Bagi sekolah

Memberikan masukan untuk sekolah dalam mengembangkan kurikulum yang diterapkan, sehingga sekolah dapat mengembangkan pembelajaran kimia dengan lebih baik.

4. Bagi peneliti lain

Memotivasi peneliti lain untuk mengembangkan model PBP dengan memanfaatkan limbah yang ada.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah :

1. Indikator keterampilan berpikir kritis siswa sesuai dengan *framework* dari Norris & Ennis (1989)
2. Model PBP yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan langkah pembelajaran Colley (2008) yang dimodifikasi oleh Diawati (2018).
3. Model PBP pemanfaatan limbah industri tepung tapioka dan gula dikatakan efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis apabila terdapat perbedaan rata-rata yang signifikan antara nilai pretes dengan nilai postes, serta rata-rata *n-gain* yang diperoleh berkriteria minimal sedang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembelajaran Berbasis Proyek

PBP merupakan pembelajaran kontekstual berbasis kurikulum dengan melibatkan siswa dalam memilih topik, mempertimbangkan pendekatan, perancangan, memecahkan masalah, mengambil keputusan, memberikan kesempatan bekerja selama periode waktu tertentu, dan berakhir dengan menghasilkan produk nyata (Diawati dkk.,2017; Surayya dkk., 2024). Selain itu, PBP memberikan tugas yang berfokus pada pertanyaan-pertanyaan ataupun permasalahan yang menantang dalam pemecahan masalah dan pengambilan keputusan (Fatmawati dkk., 2022).

Karakteristik PBP adalah pembelajaran yang dapat mengembangkan kemampuan berpikir siswa, memungkinkan siswa mempunyai kreativitas, mendorong siswa untuk bekerja sama, dan mengarahkan siswa untuk mengakses informasi sendiri dan mendemonstrasikan informasi tersebut (Chiang &Lee., 2016). Dalam tahapan PBP guru berperan sebagai mediator dan fasilitator sementara siswa belajar secara mandiri (Bahri dkk.,2019).

Adapun tahapan dari PBP dari Colley (2008) yang telah diadaptasi oleh Diawati (2018) yaitu:

1. *Orientation*, yaitu guru mendiskusikan terkait tujuan dari PBP yang akan dicapai, pentingnya kerjasama dalam pembelajaran, pentingnya berbagi informasi, serta tanggung jawab dan peran yang diharapkan dalam PBP.
2. *Identifying and defining a project*, yaitu siswa mengidentifikasi mengenai informasi-informasi dari wacana yang telah disajikan di LKPD, siswa

menuliskan kemungkinan pertanyaan yang akan diselidiki dari identifikasi permasalahan yang ada pada wacana, siswa menentukan produk yang akan dibuat melalui informasi-informasi yang telah dicari melalui sumber-sumber yang relevan atau artikel ilmiah.

3. *Planning a project*, yaitu siswa mendiskusikan terkait rencana proyek seperti pertanyaan yang diajukan, tujuan proyek, metode atau prosedur proyek, alat dan bahan yang dibutuhkan dalam proyek, dan waktu yang dibutuhkan terkait proyek yang dilakukan serta metode penilaian yang akan dilakukan.
4. *Implementing a project*, yaitu siswa dapat mengimplementasikan proyek sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Dalam tahapan ini siswa dapat mengumpulkan data, menganalisis data. Dalam pelaksanaan proyek siswa diharapkan dapat berperan aktif dan mampu bekerja sama dengan siswa lainnya.
5. *Documenting and reporting a project findings*, yaitu siswa mendokumentasikan kegiatan pelaksanaan proyek, lalu membuat laporan sesuai format yang telah ditentukan, dan mempresentasikan hasil temuan pelaksanaan proyek. Peran guru selama kegiatan presentasi yaitu mengajukan pertanyaan kepada siswa untuk membuktikan bahwa siswa sudah paham terkait proyek yang telah dilaksanakan.
6. *Evaluating and taking action*, yaitu guru meninjau kembali hasil penyajian proyek yang telah dilakukan.

Manfaat dari PBP yaitu pembelajaran ini dapat meningkatkan motivasi, meningkatkan kemampuan siswa dalam pemecahan masalah, meningkatkan kolaborasi, siswa akan lebih aktif dalam proses pembelajaran karena PBP melibatkan siswa secara keseluruhan dengan cakupan materi sesuai dengan permasalahan pada dunia nyata (Anazifa & Hadi., 2016).

Adapun kekurangan dari model PBP yaitu menambah beban tugas dan membutuhkan waktu yang lama baik bagi guru maupun bagi siswa itu sendiri, bekerja secara berkelompok memungkinkan hilangnya rasa percaya diri dalam belajar mandiri karena kurangnya pengalaman individu dan kebiasaan siswa untuk bekerja sendiri yang berakibat menimbulkan kesulitan bagi siswa untuk bekerja

secara berkelompok (Almulla, 2020). Selain itu, keberhasilan pelaksanaan PBP dalam pembelajaran tergantung dari kemampuan guru dalam mengondisikan pembelajaran secara efektif dengan memotivasi siswa, mendukung dan membimbing siswa selama pembelajaran (Dewi, 2023).

2.2 Keterampilan Berpikir Kritis

Menurut Agnafia (2019), Duron dkk., (2006), Facione (2015), dan Rustamovna (2023) berpikir kritis adalah suatu proses mengidentifikasi, menginterpretasi, menganalisis, mengevaluasi, memecahkan masalah, dan menemukan solusi dan berpikir reflektif atau logis, serta mampu membuat suatu keputusan rasional tentang tindakan yang harus diambil terkait permasalahan yang dihadapi. Orang yang mampu berpikir kritis mampu mengajukan pertanyaan dengan kritis, meruskannya dengan jelas, mengumpulkan dan menilai informasi yang relevan, menggunakan ide-ide abstrak, berpikir terbuka, dan mampu berkomunikasi secara aktif.

Berpikir kritis bukan hanya menjelaskan pemikiran manusia, dalam berpikir kritis juga terdapat proses belajar, kekuatan dalam berpikir, dan juga sikap tidak mudah percaya (Mulyani, 2022). Keterampilan berpikir kritis dapat meningkatkan kualitas berpikir seseorang sehingga mampu menganalisis, mengevaluasi, dan mengkonstruksikan sesuatu dalam pikirannya untuk memecahkan masalah, sehingga penting untuk dikembangkan dengan memberikan siswa pengalaman belajar langsung (Fauziah, 2022). Keterampilan berpikir kritis individu akan berkembang seiring berjalannya waktu apabila suatu individu tersebut menghadapi suatu permasalahan yang belum terpecahkan (Munawwarah dkk., 2020).

Menurut Norris dan Ennis dalam Stiggin (1994) terdapat *framework* keterampilan berpikir kritis yang disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. *Framework* keterampilan berpikir kritis menurut Norris dan Ennis

No	Tahap Berpikir	Keterampilan Berpikir Yang Dibutuhkan
1.	Melakukan klarifikasi dasar terhadap masalah	1. Memahami masalah 2. Menganalisis sudut pandang posisi 3. Bertanya dan menjawab pertanyaan yang bersifat klarifikasi dan menantang
2.	Mengumpulkan informasi dasar	1. Mempertimbangkan kredibilitas dari berbagai informasi 2. Mengumpulkan dan mempertimbangkan informasi
3.	Membuat inferensi	1. Membuat dan mempertimbangkan deduksi menggunakan informasi yang tersedia 2. Membuat dan mempertimbangkan induksi 3. Membuat dan mempertimbangkan hasil pertimbangan
4.	Melakukan klarifikasi lebih lanjut	1. Membuat dan mempertimbangkan definisi
5.	Menyimpulkan	1. Mengidentifikasi asumsi 2. Menentukan suatu tindakan yang tepat 3. Mengkomunikasikan keputusan pada orang lain

(Stiggin, 1994)

2.3 Limbah Industri Tepung Tapioka dan Gula

2.3.1 Limbah Industri Tepung Tapioka

Limbah industri tepung tapioka merupakan salah satu jenis industri agro (*agro based industry*) yang banyak tersebar di Indonesia baik dalam skala kecil, menengah, maupun besar (Pramestari dkk., 2023). Singkong merupakan bahan baku industri tepung tapioka yang memiliki banyak manfaat seperti bahan baku makanan serta bahan pengawet singkong yang akan dijadikan tepung tapioka. Dalam proses pengelolaan industri tepung tapioka tentunya banyak dihasilkan limbah dari proses tersebut baik limbah cair maupun limbah padat yang akan berdampak pada rusaknya lingkungan sekitar, sehingga diperlukan pemanfaatan limbah tersebut untuk meminimalisir kerusakan lingkungan seperti aroma yang tidak sedap, penggenangan air, dan sisa kulit singkong. Limbah hasil olahan

tepung tapioka merupakan limbah padat berupa kulit singkong yang berasal dari proses pengupasan singkong, dan ampas singkong merupakan yang dapat diolah kembali menjadi tepung (Indrianeu & Singkawijaya, 2019).

Limbah tapioka berupa onggok memiliki kandungan karbohidrat cukup tinggi dengan protein kasar dan lemak rendah. Komposisi onggok beragam bergantung dari mutu bahan baku, efisiensi, proses ekstraksi, iklim dengan topografi, kehilangan selama pengambilan pati dan penanganan onggok itu sendiri yang dilakukan dengan pengeringan (Muryani dkk., 2012). Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2009) bahwa pada saat ini pemanfaatan onggok sudah sangat berkembang, mulai dari pakan ternak, bahan baku asam sitrat, bioetanol, dan industri pangan, serta dapat dijadikan pupuk kompos. Selain limbah padat terdapat limbah cair hasil pengolahan tepung tapioka berupa air tajin dan *elod* atau *cai balendrang*. Air tajin ini berasal dari endapan pati singkong yang biasanya berwarna kuning. Sedangkan *elod* dan *cai balendrang* adalah kumpulan limbah getah singkong dan air sisa cucian singkong atau air sisa pengepressan onggok (Indrianeu & Singkawijaya, 2019).

2.3.2 Limbah Industri Gula

Indonesia merupakan negara agraris dengan iklim subtropis. Kondisi demikian menyebabkan tanaman tebu dapat tumbuh dengan subur, bahkan Indonesia dikenal sebagai pionir tebu di dunia (Briliantina dkk., 2023). Tebu merupakan salah satu komoditas unggulan Indonesia karena tebu merupakan bahan baku pembuat gula. Industri gula yang menggunakan bahan baku tebu juga dianggap sebagai sumber pendapatan bagi para petani tebu, pengusaha, maupun pekerja di bidang industri gula. Selain berupaya untuk meningkatkan produksi gula, hal lain yang perlu diperhatikan adalah produk sampingan industri gula. Pada proses pengolahan tebu, pabrik gula tidak hanya menghasilkan gula sebagai produk utama, namun juga menghasilkan limbah dari hasil olahan gula tersebut (Noviantina dkk., 2021). Jenis limbah yang dihasilkan pada produksi gula ini berupa limbah cair, limbah padat dan limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) (Briliantina dkk., 2023). Limbah industri gula tersebut jika tidak dimanfaatkan dengan baik akan menimbulkan gangguan pada kesehatan manusia dan pencemaran lingkungan

(Novianti dkk., 2021). Limbah industri gula juga memiliki warna dan bau yang menyengat ketika dilepaskan ke lingkungan tanpa perawatan yang tepat, sehingga hal ini cukup mengganggu kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya (Saranraj & Stella, 2014).

Ampas tebu merupakan residu padat tebu setelah proses ekstraksi. Sekitar 50% ampas tebu yang diproduksi di setiap pabrik industri gula digunakan sebagai boiler, sisanya dibuang sebagai limbah yang tidak ekonomis. Limbah ampas tebu ini di beberapa industri gula hanya disimpan sehingga menimbulkan beberapa masalah karena membutuhkan lahan penampungan juga dapat menyebabkan kebakaran (Firmansyah, 2023). Ampas tebu digunakan sebagai bahan bakar boiler untuk menghasilkan uap. Uap yang dihasilkan oleh boiler digunakan untuk menggerakkan generator turbin hingga menghasilkan energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh turbin alternator digunakan kembali oleh pabrik gula untuk memasok energi listrik yang diperlukan selama proses produksi gula. Maka dari itu, ampas tebu cukup bermanfaat karena dapat menjadi energi alternatif untuk mencukupi kebutuhan bahan bakar pabrik gula (Novianti dkk., 2021).

Blotong atau yang biasa disebut dengan *filter cake*, dihasilkan pada saat proses pemurnian gula. Blotong biasanya dimanfaatkan oleh pabrik pupuk untuk diolah menjadi pupuk kompos karena blotong merupakan limbah pabrik gula yang berbentuk padat, berwarna hitam seperti lumpur, dan masih mengandung bahan organik serta mineral (Novianti dkk., 2021).

Tetes tebu (*molasse*) adalah salah satu hasil samping pada industri pengolahan gula dengan wujud bentuk cair. *Molasses* adalah limbah utama industri pemurnian gula yang memiliki kandungan gula didalamnya yang dapat dijadikan sebagai sumber energi. (Dharma dkk., 2017). Tetes tebu termasuk limbah cair yang masih mengandung gula sebesar 50-60%, asam amino, dan mineral. Tetes tebu mengandung banyak nutrisi yang diperlukan untuk fermentasi oleh mikroba, kandungan utamanya yaitu sukrosa, glukosa, dan fruktosa yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol melalui pabrik bioetanol (Kusuma dkk., 2019; Pamungkas & Adiguna, 2020). Bioetanol sendiri merupakan salah satu

sumber energi alternatif pengganti BBM yang terbuat dari proses fermentasi bahan-bahan alami oleh mikroorganisme. (Novianti dkk, 2021).

2.4 Penelitian yang Relevan

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian mengenai penerapan PBP dan efektivitasnya terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis. Penelitian-penelitian tersebut dapat menjadi referensi yang berhubungan dengan penelitian ini. Berikut ini adalah beberapa hasil penelitian yang relevan dengan penelitian ini disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Penelitian relevan

No. (1)	Peneliti (2)	Judul (3)	Metode (4)	Hasil (5)
1.	Insani, N., Fadiawati, N., Rudibyani, R.B., & M. Mahfudz, F.S. 2018	<i>Using Project-Based Learning in Improving Students' Critical Thinking Skills to Separate of Mixtures</i>	Penelitian ini menggunakan menggunakan <i>Non-Equivalent (Pretest-Posttest) Control Group Design</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa LKS PjBL efektif untuk meningkatkan <i>Critical Thinking Skills</i> siswa pada materi pemisahan campuran.
2.	Sarif, Y., Fadiawati,N., & M. Mahfudz, F.S. 2019	<i>The Effectiveness of Waste Cooking Oil Recycling Project-Based Learning to Improve Students' High Order Thinking Skills.</i>	Desain penelitian yang digunakan adalah <i>Matching Only Pretest-Posttest Control Group Design</i> . Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI MIA salah satu SMA di Bandar Lampung.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa PBP pada daur ulang minyak jelantah efektif dapat meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa.

Tabel 2. (Lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
3.	Putri, I.N.A.,Fadiawati, N., & Syamsuri, M. M. F. 2019	<i>Using Projects Based Learning in Improving Students' Critical Thinking Skills to Recycle Waste Cooking Oil.</i>	Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen semu yaitu <i>matching only pretest-posttest control group</i> .	Hasil penelitian menunjukkan PBP efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada proses daur ulang minyak goreng.
4.	Chiang, C.L., & Lee, H. 2016	<i>The Effect of Project-Based Learning on Learning Motivation and Problem- Solving Ability of Vocational High School Students.</i>	Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah <i>quasi experimental</i> . Pada penelitian ini dibagi menjadi 2 kelompok yaitu <i>control group</i> dan <i>experiment group</i> .	Hasil penelitian menunjukkan bahwa PBP dapat meningkatkan motivasi dan pemecahan masalah pada siswa.
5.	Diawati, C., Liliasari, 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>	Metode pada penelitian ini adalah <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.

Tabel 2. (Lanjutan)

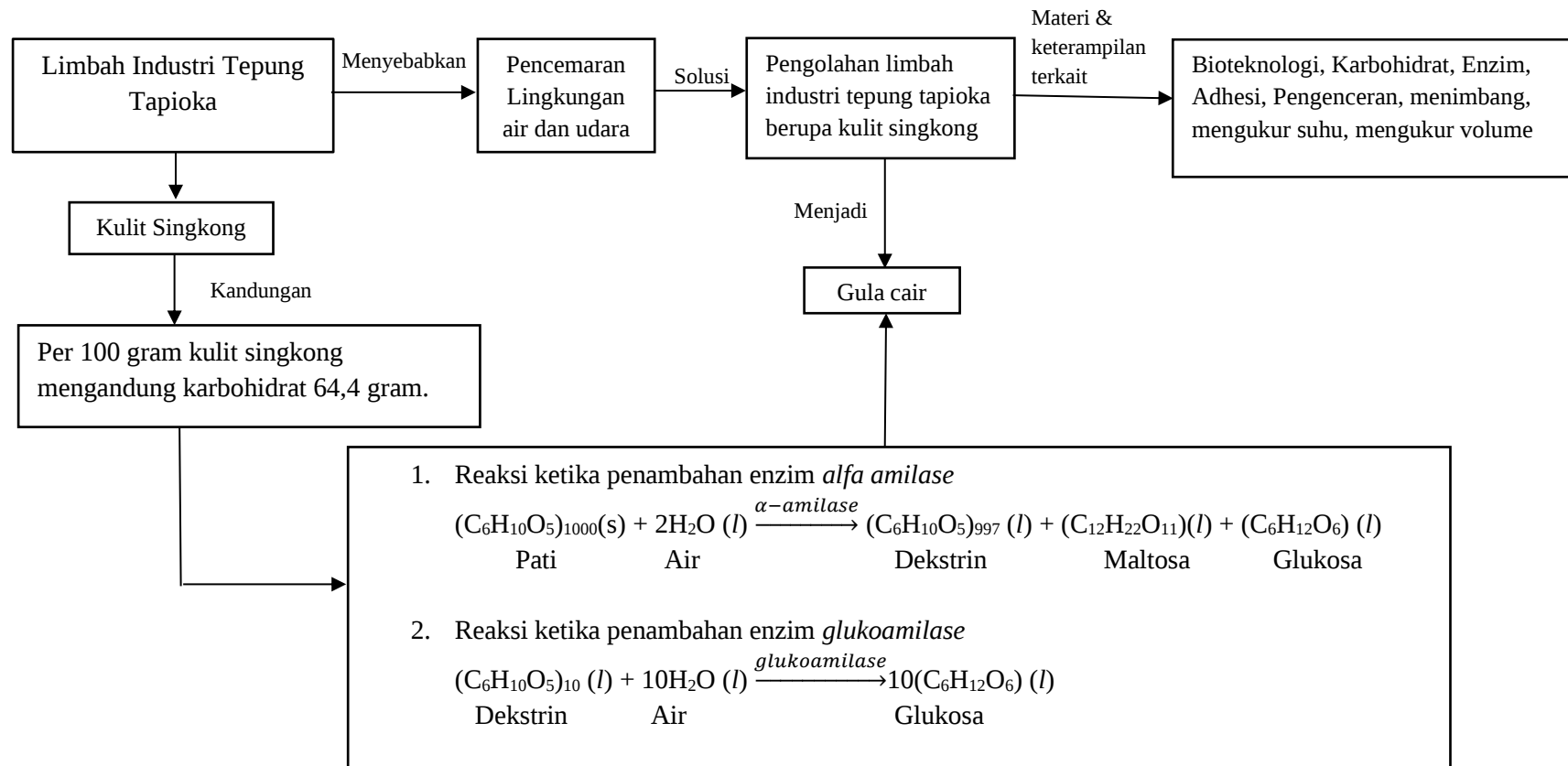
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
6.	Aninda, A., Permanasari, A., & Ardianto, D. (2019)	Implementasi Pembelajaran Berbasis Proyek Pada Materi Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Literasi STEM Siswa SMA	Metodologi yang digunakan yaitu metode kuantitatif yaitu quasi eksperimen dengan rancangan The Matching only Pretest- Posttest Control Group Design	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa PBP pada materi pencemaran lingkungan dapat meningkatkan literasi STEM siswa SMA.
7.	Diawati, C., Liliarsari, Setiabudi, A., & Buchari. (2018)	<i>Using Project Based Learning To Design, Build, and Test Student Made Photometer by Measuring the Unknown Concentration of Colored Substances</i>	Metode penelitian yang digunakan adalah studi kasus kualitatif dengan model mengacu pada colley (2008) dengan teknik pengumpulan data yang digunakan yaitu penilaian kinerja, wawancara dan catatan lapangan dengan sampel atau subyek nya adalah mahasiswa yang mengampu mata kuliah kimia analitik	Hasil penelitian menunjukkan bahwa PBP dengan konsep materi fotometri dapat meningkatkan pemecahan masalah siswa
8.	Muharromah, T.R., Fadiawati, N., & Saputra, A. (2019).	Efektivitas pembelajaran berbasis proyek daur ulang minyak jelantah dalam meningkatkan ketereampilan berkomunikasi siswa	Metode yang digunakan adalah kuasi eksperimen dengan <i>the matching-only pretes- postes control group design.</i>	Pembelajaran berbasis proyek daur ulang minyak jelantah efektif dalam meningkatkan keterampilan berkomunikasi siswa.

Tabel 2. (Lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
9.	Fadiawati, N., Diawati, C., Syamsuri, & Fauzi, M.M (2019)	<i>Constructing a simple distillation apparatus from used goods by using project- based learning</i>	Metode penelitian yang digunakan adalah studi kasus kualitatif. Teknik pengumpulan data menggunakan penilaian kinerja, wawancara, dan catatan lapangan	Alat yang dihasilkan sudah dapat digunakan untuk menjernihkan air laut yang dimodelkan dengan larutan garam. Berdasarkan hal tersebut, proyek ini meningkatkan pemahaman dan keterampilan berpikir kreatif siswa pada konsep distilasi.

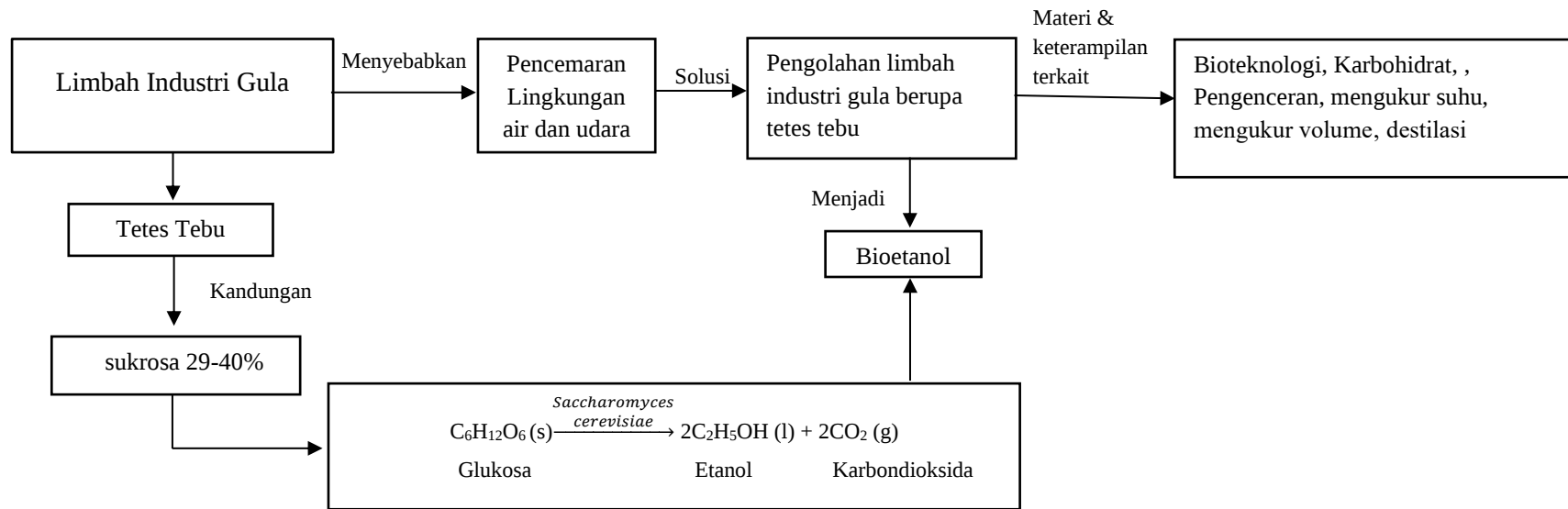
2.5 Kerangka Pemecahan Masalah

2.5.1 Limbah Industri Tepung Tapioka



Gambar 1. Kerangka Pemecahan Masalah Limbah Industri Tepung Tapioka

2.5.1 Limbah Industri Gula



Gambar 2. Kerangka Pemecahan Masalah Limbah Industri Gula

2.6 Kerangka Pemikiran

Berdasarkan tahapan model PBP yang diadaptasi dari Diawati (2018), terdapat 6 langkah antara lain *orientation, identifying and defining a project, planning a project, implementing a project, documenting and reporting project findings, evaluating and taking action*. Pelaksanaan PBP dimulai dengan langkah *orientation* yaitu guru memberi penjelasan mengenai tujuan PBP, pentingnya kerjasama dan berbagi informasi, serta kewajiban dan peran siswa pada saat pembelajaran.

Langkah kedua yaitu adalah *identifying and defining a project*. Pada tahap ini siswa bergabung kedalam kelompoknya masing-masing lalu siswa diberi masalah nyata dengan cara mengidentifikasi informasi atau pengetahuan melalui wacana yang disajikan. Pada tahap ini dapat melatih keterampilan siswa dalam melakukan klarifikasi terhadap masalah yaitu menganalisis sudut pandang. Siswa kemudian diminta untuk mencari informasi atau pengetahuan dari berbagai sumber informasi yang kredibel terkait masalah limbah industri tepung tapioka dan gula. Pada langkah ini dilatihkan keterampilan siswa dalam mengumpulkan informasi dan mempertimbangkan kredibilitas berbagai sumber informasi. Kegiatan mencari informasi tersebut dapat dilakukan di luar kelas selama beberapa hari.

Langkah ketiga yaitu *planning a project*, pada tahap ini siswa diminta untuk merumuskan masalah berdasarkan identifikasi informasi atau pengetahuan yang sudah didapat. Pada tahap ini dapat melatih keterampilan siswa dalam mengajukan pertanyaan dengan klarifikasi yang menantang. Siswa kemudian diminta untuk merumuskan tujuan proyek, pentingnya proyek, merinci daftar alat dan bahan dari beberapa produk yang mungkin dilakukan. Siswa juga diberi tugas untuk mendeskripsikan prosedur pelaksanaan proyek, peran setiap anggota kelompok dan membuat jadwal proyek (*timeline*). Lalu, siswa melaporkan hasilnya dan mengkonsultasikannya dengan guru. Apabila informasi kurang sesuai, kurang lengkap dan diperoleh dari informasi yang tidak kredibel, maka siswa melakukan perbaikan. Setelah melakukan perbaikan, siswa telah memilih proyek pembuatan produk yang akan dibuat. Pada tahap ini dapat melatih keterampilan siswa dalam mengidentifikasi asumsi.

Langkah keempat adalah *implementing a project*, pada tahap ini siswa diberi waktu untuk mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan sesuai dengan rencana proyek dan sesuai dengan prosedur yang sudah dibuat sampai mendapatkan hasil produk. Pada tahap ini dapat melatih keterampilan siswa dalam menentukan suatu tindakan yang tepat. Langkah kelima yaitu *documenting and reporting project findings*, pada tahap ini siswa dapat mendokumentasikan selama kegiatan proyek dan membuat laporan secara sistematis sesuai dengan format yang telah ditentukan mengenai proyek yang telah mereka kerjakan lalu mempresentasikan hasil kerja di kelas. Pada tahap ini dapat melatih keterampilan siswa dalam mengkomunikasikan suatu keputusan pada orang lain.

Langkah keenam yaitu *evaluating and talking action*, pada tahap ini hasil siswa akan dinilai oleh guru untuk mengukur ketercapaian standar, dan memberi umpan balik tentang tingkat pemahaman yang sudah dicapai siswa. Pembelajaran diakhiri dengan mengevaluasi pengalaman siswa mengenai aktivitas dan hasil proyek yang sudah dijalankan. Berdasarkan uraian tersebut dengan diterapkannya PBP pemanfaatan limbah industri tepung tapioka dan gula diharapkan dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA.

2.7 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dalam penelitian ini adalah PBP pemanfaatan limbah industri tepung tapioka dan gula efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Populasi dan Sampel

Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 15 Bandarlampung. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa di kelas XI tahun pelajaran 2024/2025 yang berjumlah 277 siswa. Kelas XI SMA Negeri 15 Bandarlampung terdiri dari 8 kelas dengan jumlah siswa 135 laki-laki dan 142 perempuan. Satu kelas dari populasi tersebut digunakan sebagai sampel penelitian.

Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *purposive sampling*, yaitu teknik pengambilan sampel yang didasarkan pada suatu pertimbangan tertentu yang dibuat oleh peneliti (Fraenkel & Wallen, 2006). Pertimbangan tersebut didasarkan dari hasil observasi dengan guru mata pelajaran kimia. Kelas yang lebih kondusif dan memiliki kemampuan kognitif yang hampir sama digunakan sebagai pertimbangan dalam menentukan sampel penelitian. Berdasarkan hal tersebut, kelas yang digunakan sebagai kelas sampel adalah kelas XI 6.

3.2 Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data utama dan data pendukung. Data utama pada penelitian ini adalah hasil pretes dan postes keterampilan berpikir kritis siswa di kelas XI 6 dan data pendukung dalam penelitian ini adalah asesmen kinerja produk pemanfaatan limbah, asesmen kinerja produk berpikir, instrumen angket respon siswa terhadap PBP dan lembar keterlaksanaan PBP yang diisi oleh guru mata pelajaran kimia. Sumber data dalam penelitian ini adalah keseluruhan siswa di kelas sampel.

3.3 Desain Penelitian

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

Tabel 3. Desain penelitian *The One Group Pretest-Posttest Design*

<i>Pretest</i>	<i>Perlakuan</i>	<i>Posttest</i>
O	X	O

(Fraenkel & Wallen, 2006).

Keterangan :

O: Pretes sebelum perlakuan

X: Perlakuan berupa PBP pemanfaatan limbah industri tepung tapioka dan gula

O: Postes setelah perlakuan

Pada desain ini tes yang dilakukan sebanyak dua kali, yaitu sebelum dan sesudah diberikan perlakuan. Setelah dilakukan pretes, sampel diberikan perlakuan berupa PBP pemanfaatan limbah industri tepung tapioka dan gula (X), lalu pada tahap akhir dilakukan postes (O).

3.4 Variabel Penelitian

Variabel pada penelitian ini terdiri dari variabel terikat, variabel bebas, dan variabel kontrol. Variabel terikat pada penelitian ini yaitu keterampilan berpikir kritis siswa kelas XI 6 SMA Negeri 15 Bandarlampung Tahun Pelajaran 2024/2025. Variabel bebas yaitu berupa model pembelajaran yang digunakan yaitu model PBP pemanfaatan limbah industri tepung tapioka dan gula untuk kelas eksperimen. Variabel kontrol berupa materi yang dipelajari dan guru yang mengajar di kelas.

3.5 Instrumen penelitian dan perangkat pembelajaran

3.5.1 Instrumen penelitian

3.5.1.1 Soal pretes dan postes keterampilan berpikir kritis

Soal pretes dan postes pada penelitian ini terdiri dari soal uraian yang digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir kritis, berupa soal uraian yang berjumlah 5 soal. Terdapat 2 soal untuk indikator menganalisis sudut pandang, 1 soal untuk indikator mengumpulkan informasi dan mempertimbangkan kredibilitas dari berbagai informasi, 1 soal untuk indikator mengajukan pertanyaan dengan klarifikasi yang menantang, 1 soal untuk mengidentifikasi asumsi dan menentukan suatu tindakan yang tepat.

3.5.1.2 Asesmen kinerja produk pemanfaatan limbah

Asesmen kinerja produk pemanfaatan limbah digunakan untuk mendapatkan data penilaian hasil produk pemanfaatan limbah selama PBP pemanfaatan limbah industri tepung tapioka dan gula. Aspek penilaian kinerja produk didasarkan pada penilaian setiap produk, yaitu produk gula cair berupa rasa dan kejernihan. Untuk produk bioetanol didasarkan pada warna dan nyala api. Penilaian produk didasarkan pada rubrik penilaian dengan skor tertinggi 7 dan skor terendah 5.

3.5.1.3 Asesmen kinerja produk berpikir

Asesmen kinerja produk berpikir digunakan untuk mendapatkan data penilaian proses siswa dalam menyelesaikan masalah berupa jawaban tertulis didalam LKPD. Penilaian kinerja produk berpikir didasarkan pada rubrik penilaian dengan skor tertinggi 3 dan skor terendah 1.

3.5.1.4 Instrumen angket respon siswa terhadap PBP

Instrumen angket respon siswa mengenai proses PBP pemanfaatan limbah industri tepung tapioka dan gula digunakan untuk menilai tanggapan siswa terhadap tahapan pembelajaran PBP. Instrumen angket respon siswa menggunakan skala likert 1-4 yang terdiri dari 10 item pernyataan, yang dilakukan dengan cara memberikan tanda *checklist* (✓) pada setiap kategori penskoran yang akan dipilih. Pengkategorian pada angket respon siswa seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Kategori respon siswa

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

3.5.1.5 Lembar keterlaksanaan PBP

Lembar keterlaksanaan pembelajaran digunakan sebagai penilaian guru pada setiap tahapan PBP. Keterlaksanaan pembelajaran terdiri dari 6 tahapan PBP yang dijadikan sebagai aspek pengamatan penilaian, menggunakan angket tertutup dengan pernyataan positif yang dilakukan dengan cara memberikan tanda *checklist* (✓) pada kategori penskoran yang akan dipilih setiap itemnya memiliki skor tertinggi 4 dengan kategori penskoran sangat baik, skor 3 dengan kategori penskoran baik, skor 2 dengan kategori penskoran cukup baik, dan 1 dengan kategori penskoran kurang baik.

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

3.5.2 Perangkat pembelajaran

Perangkat pembelajaran yang digunakan berupa RPP dan LKPD yang digunakan selama pembelajaran menggunakan PBP pemanfaatan limbah industri tepung tapioka dan gula.

3.6 Prosedur Pelaksanaan Penelitian:

3.6.1 Observasi

Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan observasi ke sekolah yaitu SMA N 15 Bandarlampung dengan meminta data awal untuk menentukan jumlah sampel penelitian, jadwal, kelengkapan alat dan bahan di laboratorium, kurikulum yang digunakan, model pembelajaran yang digunakan dan sarana prasarana yang akan digunakan sebagai pendukung pelaksanaan penelitian.
2. Mendiskusikan jadwal pelaksanaan dan teknis pelaksanaan penelitian dengan guru mata pelajaran terkait.

3.6.2 Pelaksanaan penelitian

Ada dua tahap yang dilakukan pada tahap pelaksanaan penelitian ini, ialah sebagai berikut:

1. Tahap persiapan

Tahap pertama yaitu menyusun instrumen penelitian yang meliputi perangkat pembelajaran berupa RPP, LKPD berbasis proyek, lembar observasi keterampilan berpikir kritis, lembar penilaian kinerja produk pemanfaatan limbah, angket respon siswa dan lembar observasi tingkat keterlaksanaan pembelajaran.

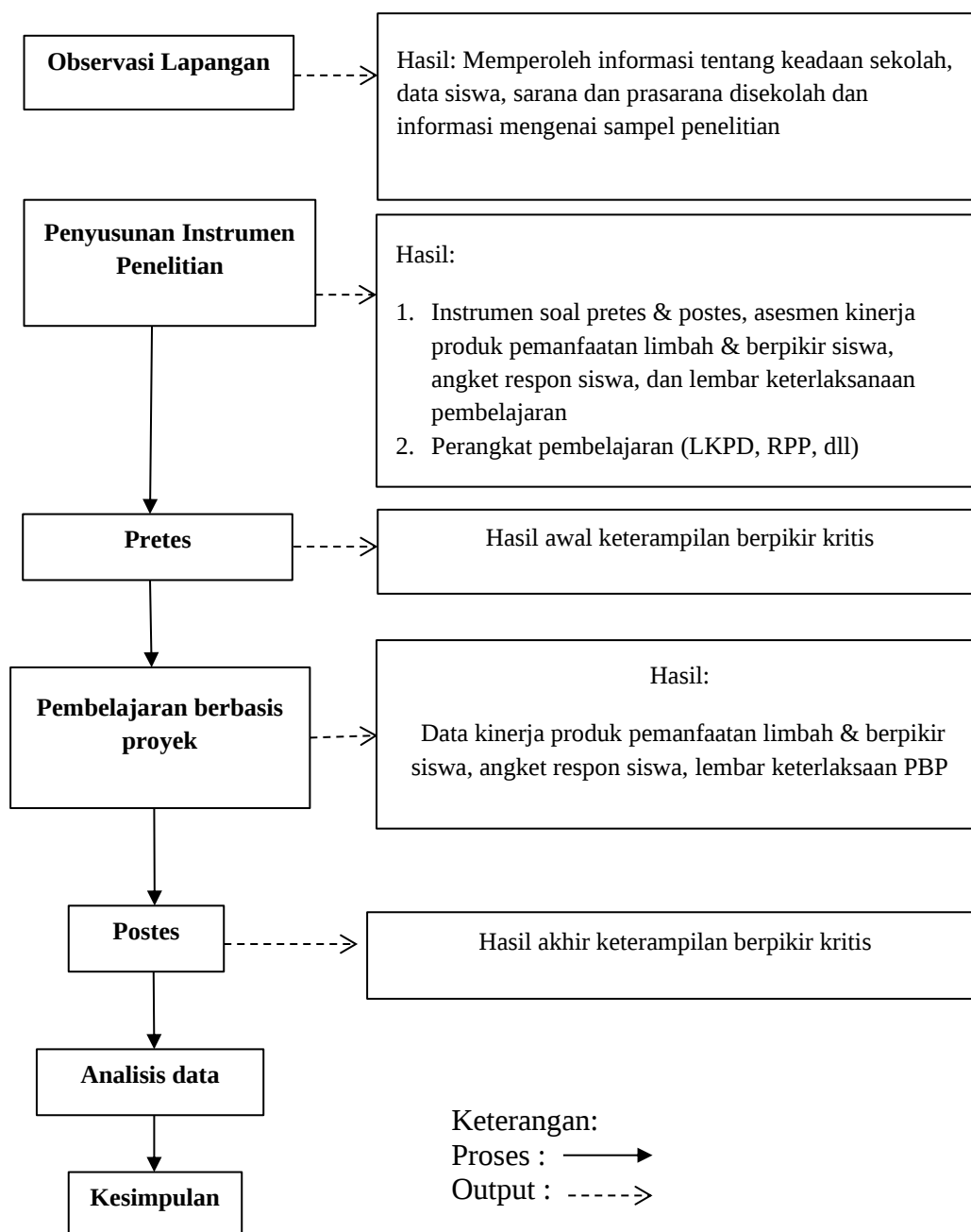
2. Tahap pelaksanaan penelitian

Pada tahap ini yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Melakukan pretes,
- b. Melaksanakan kegiatan PBP pemanfaatan gula dan melakukan data keterlaksanaan (lembar pengamatan) kepada subjek penelitian pada saat berlangsungnya pembelajaran,
- c. Melakukan postes,
- d. Menganalisis data dari hasil pengamatan dari kegiatan proyek yang dilakukan guna memperoleh informasi mengenai keterampilan berpikir kritis, setelah itu membahas hasil penelitian yang telah dilakukan,
- e. Menarik kesimpulan.

3.6.3 Pelaporan

Pada tahap ini, membuat laporan penelitian. Laporan penelitian tersebut berupa skripsi yang berisi hasil penelitian secara tertulis dan tahap ini merupakan tahap akhir dalam proses penelitian. Berikut ini, prosedur penelitian tersebut yang dapat digambarkan dalam bentuk bagan yang disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

3.7 Teknik Analisis Data dan Pengujian Hipotesis

3.7.1 Teknik analisis data

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

3.7.1.1 Analisis data utama

Data utama yang diperoleh pada penelitian ini adalah skor tes keterampilan berpikir kritis pretes dan postes. Tahapan dalam analisis data utama ialah sebagai berikut :

- a. mengolah data skor pretes dan postes

Data skor pretes dan postes siswa yang telah diperoleh kemudian dihitung rata-ratanya dengan rumus sebagai berikut:

$$\overline{\text{skor}} = \frac{\sum \text{skor}}{n} \dots (1)$$

Keterangan:

$\overline{\text{skor}}$ = rata – rata skor tes

n = jumlah siswa

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

Rata-rata skor pretes dan postes untuk setiap indikator, kemudian dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\overline{\text{skor indikator ke - i}} = \frac{\sum \text{skor soal indikator ke-i}}{n} \dots (2)$$

Keterangan :

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

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

n = jumlah siswa

Untuk skor pretes dan skor postes selanjutnya diubah menjadi persentase yang secara operasional dirumuskan sebagai berikut:

$$\% \text{ skor tes} = \frac{\sum \text{skor}}{\sum \text{skor maks}} \times 100\% \dots (3)$$

Keterangan :

$\sum \text{skor}$ = jumlah skor

$\sum \text{skor}$ = jumlah skor maksimum

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

Analisis *n-gain* digunakan untuk mengetahui peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa di kelas sampel. Analisis ini dihitung dengan rumus *n-gain* (Hake, 1998) sebagai berikut:

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

c. perhitungan *n-gain* rata-rata

Setelah diperoleh *n-gain* masing-masing siswa di kelas sampel, kemudian menghitung *n-gain* rata-rata keterampilan berpikir kritis di kelas sampel. dengan rumus sebagai berikut:

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

Hasil perhitungan *n-gain* kemudian diinterpretasikan dengan menggunakan kriteria pengklasifikasian *n-gain* dari Hake (1998). yang dapat dilihat seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Klasifikasi *n-gain*

Besarnya <i>n - gain</i>	Interprestasi
$n - gain \geq 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq n - gain < 0.7$	Sedang
$n - gain < 0,3$	Rendah

d. perhitungan *n-gain* setiap indikator

Selanjutnya menghitung *n-gain* dari setiap indikator keterampilan berpikir kritis dengan rumus sebagai berikut:

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

e. mengubah skor menjadi nilai

Dalam pengujian hipotesis, skor pretes dan postes diubah menjadi nilai. Nilai pretes dan postes pada penilaian keterampilan berpikir kritis secara operasional dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{nilai} = \frac{\sum \text{skor}}{\sum \text{skor maks}} \times 100 \dots (7)$$

Nilai pretes dan postes siswa yang diperoleh kemudian dihitung nilai rata-rata pretes dan nilai rata-rata postes dengan rumus sebagai berikut:

$$\overline{\text{nilai}} = \frac{\sum \text{nilai}}{n} \dots (8)$$

Keterangan :

$\overline{\text{nilai}}$ = nilai rata-rata

n = jumlah siswa

$\sum \text{nilai}$ = jumlah nilai pretes / postes seluruh siswa

3.7.1.2 Analisis data pendukung

Data pendukung yang dianalisis dalam penelitian ini adalah asesmen kinerja produk, respon siswa dan tingkat keterlaksanaan pembelajaran terhadap model PBP.

a. analisis data kinerja produk pemanfaatan limbah

Indikator *task* yang diukur dalam kinerja produk berupa produk pemanfaatan limbah yang telah dibuat siswa. Perolehan skor data kinerja produk dapat dihitung dengan menjumlahkan skor yang diperoleh.

b. analisis data kinerja produk berpikir

Indikator *task* yang diukur dalam kinerja produk berpikir adalah jawaban tertulis dalam LKPD. Perolehan skor data kinerja produk berpikir dapat diperoleh dengan menjumlahkan skor yang diperoleh.

c. analisis data respon siswa

Adapun langkah-langkah analisis data respon siswa terhadap PBP pemanfaatan

gula dan limbah industri tepung tapioka sebagai berikut :

1. Menghitung rata-rata skor respon siswa dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{rata - rata presentase skor tiap item} = \frac{\sum \text{skor tiap item}}{n \times \text{skor maksimal}} \times 100\% \quad \dots (9)$$

Keterangan :

n : banyaknya siswa dalam satu kelas

2. Menghitung persentase rata-rata skor respon siswa dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{rata - rata persentase seluruh item} = \frac{\sum \text{presentase skor tiap item}}{\text{skor maksimal}} \quad \dots (10)$$

3. Hasil perhitungan persentase rata-rata skor respon siswa kemudian diinterpretasikan dengan menggunakan kriteria (Sugiyono, 2019) yang ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kriteria penskoran respon siswa

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

(Sugiyono,2019)

d. analisis data keterlaksanaan pembelajaran

Keterlaksanaan PBP pemanfaatan limbah industri tepung tapioka dan gula dapat diukur melalui penilaian terhadap keterlaksanaan pembelajaran yang memuat tahapan-tahapan dari PBP pemanfaatan limbah industri tepung tapioka dan gula. Adapun langkah-langkah terhadap keterlaksanaan PBP pemanfaatan gula dan limbah industri tepung tapioka sebagai berikut :

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

$$\%J_i = \frac{\sum J_i}{N} \times 100\% \quad \dots (11)$$

Keterangan:

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

$\sum J_i$: jumlah skor setiap aspek pengamatan yang diberikan oleh pengamatan pada pertemuan ke-i

N : skor maksimal (Sudjana, 2005)

2. Menghitung rata-rata ketercapaian untuk setiap aspek pengamatan
3. Menafsirkan data keterlaksanaan PBP pemanfaatan limbah industri tepung tapioka dan gula. Berdasarkan harga persentase ketercapaian pelaksanaan pembelajaran (Arikunto,2002) seperti pada Tabel 7

Tabel 7. Kriteria tingkat ketercapaian pelaksanaan pembelajaran

Presentase (%)	Kriteria
80,1% - 100%	Sangat tinggi
60,15% - 80 %	Tinggi
40,1% - 60%	Sedang
20,1% - 40%	Rendah
0,0% - 20%	Sangat rendah

(Arikunto,2002)

3.7.2 Pengujian hipotesis

Pengujian hipotesis yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan uji parametrik yaitu uji perbedaan dua rata-rata. Uji perbedaan dua rata-rata yang digunakan adalah uji *dependent sample t-test*. Sebelum dilakukan pengujian hipotesis maka dilakukan uji prasyarat terlebih dahulu terhadap data skor keterampilan berpikir kritis siswa, yaitu uji normalitas dan uji homogenitas.

3.7.2.1 uji prasyarat

1. uji normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah data dari sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal atau tidak. Uji normalitas menggunakan uji

Shapiro Wilk dengan taraf signifikan 5% (Sugiyono, 2019). Uji normalitas pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan SPSS versi 25.0.

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

Adapun ketentuan kriteria uji normalitas menggunakan SPSS sebagai berikut:

- 1) Jika signifikan $> 0,05$ maka H_0 diterima atau H_1 ditolak (data berdistribusi normal).
- 2) Jika signifikan $< 0,05$ maka H_0 ditolak atau H_1 diterima (data berdistribusi tidak normal).

2. uji homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui apakah sampel penelitian berasal dari varians yang homogen atau tidak, sehingga dapat menentukan statistik yang akan digunakan dalam pengujian hipotesis.

Hipotesis untuk uji homogenitas:

$H_0 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2$: kedua sampel penelitian memiliki varians yang homogen

$H_1 = \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$: kedua sampel penelitian memiliki varians yang tidak homogen

Uji homogenitas pada penelitian ini dilakukan menggunakan SPSS versi 25.0.

Adapun ketentuan kriteria uji menggunakan SPSS sebagai berikut :

- 1) jika signifikansi $> 0,05$ maka H_0 diterima sehingga distribusi data homogen.
- 2) jika signifikansi $< 0,05$ maka H_0 ditolak sehingga distribusi data tidak homogen.

3.7.2.2 uji perbedaan dua rata-rata

Sampel penelitian berasal dari populasi yang berdistribusi normal dan homogen, maka uji hipotesis dilakukan dengan uji *Dependent Sample t-Test*. Uji *dependent sampel t-test* menggunakan SPSS 25.0 yang digunakan untuk mengetahui seberapa efektif perlakuan terhadap sampel dengan melihat nilai pretes dengan

nilai postes keterampilan berpikir kritis yang diterapkan melalui PBP pemanfaatan limbah industri tepung tapioka dan gula.

Hipotesis untuk uji ini :

$H_0 : \mu_1 \leq \mu_2$: Nilai rata rata postes keterampilan berpikir kritis siswa kurang dari atau sama dengan nilai rata-rata pretes keterampilan berpikir kritis siswa PBP pemanfaatan limbah industri tepung tapioka dan gula.

$H_a : \mu_1 > \mu_2$: Nilai rata rata postes keterampilan berpikir kritis siswa lebih dari nilai rata-rata pretes keterampilan berpikir kritis siswa PBP pemanfaatan limbah industri tepung tapioka dan gula.

Keterangan :

μ_1 = Nilai rata-rata pretes keterampilan berpikir kritis

μ_2 = Nilai rata-rata postes keterampilan berpikir kritis

Dasar pengambilan keputusan untuk uji ini ialah sebagai berikut:

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

Selanjutnya nilai t hitung yang sudah didapatkan kemudian dibandingkan dengan tabel dengan tingkat signifikansi 95% dengan kriteria pengambilan keputusan sebagai berikut :

$T_{\text{tabel}} > T_{\text{hitung}}$: H_0 diterima atau H_a ditolak

$T_{\text{tabel}} < T_{\text{hitung}}$: H_0 ditolak atau H_a diterima (Widiyanto, 2013)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, diketahui bahwa hasil uji normalitas dan homogenitas diperoleh skor *Asym sig.* $> 0,05$ yang berarti sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal dan memiliki varians homogen. Dari kedua hasil uji tersebut dilakukan uji *dependent sample t-test* dan diperoleh hasil bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata nilai postes dan rata-rata nilai pretes serta rata-rata *n-gain* yang diperoleh sebesar 0,76 berkategori tinggi. Rata-rata persentase keterlaksanaan PBP sebesar 84% berkategori sangat tinggi. Rata-rata persentase respon siswa sebesar 83,5% berkategori sangat baik. Hasil respon siswa selama pembelajaran juga menunjukkan bahwa model PBP menjadikan pembelajaran lebih menarik dan menyenangkan, sehingga siswa menjadi lebih aktif dalam berdiskusi. Model PBP memotivasi siswa untuk lebih menonjolkan keterampilan berpikir dalam melaksanakan suatu proyek. Berdasarkan hasil uji statistik, *n-gain* yang diperoleh dan hasil keterlaksanaan PBP serta hasil respon siswa selama pembelajaran dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran berbasis proyek pemanfaatan limbah industri tepung tapioka dan gula efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA.

5.2 Kendala

Kendala-kendala yang dihadapi selama penelitian PBP ini, yaitu:

1. Sulitnya menyesuaikan waktu guru diluar jam pembelajaran untuk siswa berkonsultasi secara bergantian, memerlukan jadwal yang efektif.
2. Kegiatan proyek berbenturan dengan kegiatan sekolah sehingga kegiatan evaluasi sedikit terkendala.

3. Waktu yang dibutuhkan dalam pelaksanaan proyek lama, sehingga dibutuhkan kesediaan dan kesabaran guru dalam membimbing siswa dalam pembelajaran.
4. Sulitnya penyesuaian suhu pada proses destilasi pembuatan produk bioetanol dikarenakan sumber api yang digunakan adalah kompor.

5.3 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan bahwa:

1. Bagi guru dan calon peneliti yang akan menerapkan pembelajaran berbasis proyek, sebaiknya memperhatikan dan mempertimbangkan pemilihan waktu proyek supaya dapat dilaksanakan secara optimal, serta memperhatikan penggunaan sumber api pada saat proses destilasi dalam pembuatan bioetanol untuk menggantinya dengan sumber api yang memiliki suhu presisi.
2. Bagi guru yang akan menerapkan pembelajaran berbasis proyek sebaiknya memberikan keleluasaan bagi siswa untuk berkonsultasi, sehingga pembelajaran lebih menyenangkan dan siswa dapat mengeksplorasi pemikirannya.
3. Pembelajaran berbasis proyek sebaiknya diterapkan pada pembelajaran kimia, karena terbukti efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Agnafia, D. N. (2019). Analisis kemampuan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran biologi. *Florea: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 6(1), 45-53.
- Almulla, M. A. (2020). The effectiveness of the Project-based Learning (PBL) approach as a way to engage students in learning. *Sage Open*, 10(3), 1-15.
- Alsaleh, N. J. (2020). Teaching Critical Thinking Skills: Literature Review. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 19(1), 21-39.
- Ananda, P. N., Asrizal, A., & Usmeldi, U. (2021). Pengaruh Penerapan PjBL terhadap Keterampilan Berfikir Kritis dan Kreatif Fisika: Meta Analisis. *Radiasi: Jurnal Berkala Pendidikan Fisika*, 14(2), 127-137.
- Anazifa, R. D., & Hadi, R. F. (2016). Pendidikan lingkungan hidup melalui pembelajaran berbasis proyek (project-based learning) dalam pembelajaran biologi. In *Prosiding Symbion (Symposium on Biology Education)*, 1(1), 453-462.
- Arikunto, S. (2002). *Metodologi Penelitian*. Jakarta: PT. Rineka Cipta
- Bahri, S., Zulkifli, H., & Madang, K. (2019). Pengembangan Lembar Kerja Siswa (LKPD) Berbasis Proyek Terhadap Kemampuan Merancang Produk Difusi Osmosis. *Jurnal Pembelajaran Biologi: Kajian Biologi dan Pembelajarannya*, 6(2), 62-69.
- Brilliantina, A., Adhamatika, A., Sari, E. K. N., Wijaya, R., Triardianto, D., & Sucipto, A. (2023). Penerapan Life Cycle Assessment (LCA) Untuk Mengurangi Dampak Lingkungan Pada Proses Produksi Gula Kristal Putih Di Bondowoso. *JUSTER: Jurnal Sains dan Terapan*, 2(1), 85-96
- Chiang, C.L., & Lee, H. (2016). The Effect of Project-Based Learning on Learning Motivation and Problem-Solving Ability of Vocational High School Students. *International Journal of Information and Education Technology*. 6(9): 709-711.

- Chusni, M. M., Saputro, S., Suranto, S., & Rahardjo, S. B. (2020). Review of critical thinking skill in indonesia: Preparation of the 21st century learner. *Journal of Critical Reviews*, 7(9), 1230-35.
- Dewi, M. R. (2022). Kelebihan dan kekurangan project-based learning untuk penguatan profil pelajar pancasila kurikulum merdeka. *Inovasi Kurikulum*, 19(2), 213-226.
- Diawati, C., Liliyasi, L., Setiabudi, A., & Buchari, B. (2017). Students' construction of a simple steam distillation apparatus and development of creative thinking skills: A project-based learning. In *AIP Conference Proceedings* . 1848(1). AIP Publishing.
- Dharma, U. S., Rajabiah, N., & Setyadi, C. (2017). Pemanfaatan limbah blotong dan bagase menjadi biobriket dengan perekat berbahan baku tetes tebu dan setilage. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 6(1).
- Diawati, C., Liliyasi, L., Setiabudi, A., & Buchari. (2017). Using project-based learning to design, build, and test student-made photometer by measuring the unknown concentration of colored substances. *Journal of Chemical Education*, 95(3), 468-475.
- Diawati, C., Liliyasi, L., Setiabudi, A., & Buchari, B. (2017, May). Students' construction of a simple steam distillation apparatus and development of creative thinking skills: A project-based learning. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1848, No. 1). AIP Publishing
- Duron, R., Limbach, B., & Waugh, W. (2006). Critical thinking framework for any discipline. *International Journal of teaching and learning in higher education*, 17(2), 160-166.
- Facione, P. A. (2011). Critical thinking: What it is and why it counts. *Insight assessment*, 1(1), 1-23.
- Fadiawati, N., Diawati, C., Syamsuri, & Fauzi, M. M. (2019). Constructing a simple distillation apparatus from used goods by using project-based learning. *Periodico The Quimica*, 16(32), 207–213.
- Fatmawati, F., Wahyudi, W., & Harjono, A. (2022). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis Proyek untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(4b), 2563-2568.
- Fauziah, F. M. (2022). Systematic Literature Review: Bagaimanakah Pembelajaran IPA Berbasis Keterampilan Proses Sains yang Efektif Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis?. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 12(3), 455-463.

- Firmansyah, A. H., Zamrudy, W., & Naryono, E. (2023). Studi Kelayakan Pemanfaatan Limbah (Blotong, Ampas Tebu, Tetes) sebagai Biobriket. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 9(3), 303-317.
- Fitriani, R., Surahman, E., & Azzahrah, I. (2019). Implementasi Pembelajaran Berbasis Proyek untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Quagga: Jurnal Pendidikan Dan Biologi*, 11(1), 6-11.
- Fraenkel, J.C., & Wallen, N.E. (2006). *How to Design and Evaluate Research in Education*. New York: McGraw-Hill, inc.
- Ghufron, G. (2018). Revolusi Industri 4.0: Tantangan, Peluang, dan solusi bagi dunia pendidikan. In *Seminar Nasional Dan Diskusi Panel Multidisiplin Hasil Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat 2018* (Vol. 1, No. 1).
- Hake, R.R. (1998). Interactive engagement v.s traditional methods: six- thousand student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*. 66(1): 1-26
- Husin, A., Faisal, M., & Naibaho, T. U. (2022). Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Tepung Tapioka Pt Sari Tani Sumatera, Serdang Bedagai. *Jurnal Serambi Engineering*, 7(1).
- Indrianeu, T., & Singkawijaya, E. B. (2019). Pemanfaatan limbah industri rumah tangga tepung tapioka untuk mengurangi dampak lingkungan. *Jurnal Geografi Geografi dan Pengajarannya*, 17(2), 39-50.
- 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.
- Jalil, A., & Shobrun, Y. (2023). Pembelajaran berbasis proyek: tinjauan filosofi pembelajaran abad 21. *ELIPS: Jurnal Pendidikan Matematika*, 4(1), 126-136.
- Jeniver, J., Fadilah, M., & Alberida, H. (2023). Literatur Review: Pengaruh Model Pembelajaran Pjbl (Project-Based Learning) Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik. *BIOCHEPHY: Journal of Science Education*, 3(1), 10-20.
- Kan, A. U., & Murat, A. (2018). Investigation of Prospective Science Teachers' 21st Century Skill Competence Perceptions and Attitudes Toward STEM. *International Online Journal of Educational Sciences*, 10(4).

- Khoirunnisa, F., & Sabekti, A. W. (2020). Profil keterampilan berpikir kritis siswa pada materi ikatan kimia. *Jurnal Pendidikan Kimia Indonesia*, 4(1), 26-31.
- Kusuma, E. W., Larasati, A., Nurkhamidah, S., & Altway, A. (2020). Pra Desain Pabrik Poly-L-Lactic Acid dari Tetes Tebu. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), F139-F144.
- Lase, D. (2019). Pendidikan di era revolusi industri 4.0. *SUNDERMANN: Jurnal Ilmiah Teologi, Pendidikan, Sains, Humaniora dan Kebudayaan*, 12(2), 28-43.
- Malau, C. T. (2024). ANALISIS KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS (Critical Thingking) PESERTA DIDIK BERBASIS PROYEK DALAM PEMBELAJARAN KIMIA. *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran (JRPP)*, 7(2), 4624-4631.
- Muhadi, M. (2017). Kajian Pengembangan Strategi Potensial Industri Tepung Tapioka Rakyat (Ittara) Di Kabupaten Lampung Timur [A Study Of Potential Strategy Development On Small Scale Tapioca Industry (Ittara) In East Lampung District]. *Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian*, 22(1), 52-62.
- Muharromah, T. R., Fadiawati, N., & Saputra, A. (2019). Efektivitas pembelajaran berbasis proyek daur ulang minyak jelantah dalam meningkatkan keterampilan berkomunikasi siswa. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia*, 8(2).
- Mulyani, A. Y. (2022). Pengembangan Critical Thinking Dalam Peningkatan Mutu Pendidikan di Indonesia. *DIAJAR: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, 1(1), 100-105.
- Munawwarah, M., Laili, N., & Tohir, M. (2020). Keterampilan berpikir kritis mahasiswa dalam memecahkan masalah matematika berdasarkan keterampilan abad 21. *Alifmatika: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Matematika*, 2(1), 37-58.
- Muryani., Suharni,S., Sulastri., & Sugesti, W. (2012). Pemanfaatan limbah padat tapioka sebagai industri rumah tangga perdesaan. *Jurnal Kelitbangan*, 1(6), 63-72.
- Novianti, R., Syaukat, Y., & Ekayani, M. (2021). Pengelolaan dan Analisis Nilai Tambah By-Products Industri Gula (Studi Kasus di Pabrik Gula Gempolkrep, Mojokerto, Jawa Timur). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(3), 400-405.

- Nuraeni, S., Feronika, T., & Yunita, L. (2019). Implementasi self-efficacy dan keterampilan berpikir kritis siswa pada pembelajaran kimia di abad 21. *Jambura Journal of Educational Chemistry*, 1(2), 49-56.
- Pamungkas, S. S. T., & Adiguna, Y. (2020). Aplikasi limbah cair tebu terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* jacq.) pada Fase Pre Nursery. *Biofarm: Jurnal Ilmiah Pertanian*, 16(2).
- Pramestari, D., & Wijaya, H. (2023). Rekayasa Sistem Produksi Berkelanjutan Pada Agroindustri Tapioka. *IKRA-ITH Teknologi Jurnal Sains dan Teknologi*, 7(3), 38-48.
- Purwanti, A., Hujjatusnaini, N., SEPTIANA, N. S., Jasiah, J., & Amin, A. M. (2022). Analisis keterampilan berpikir kritis mahasiswa melalui model blended-project based learning terintegrasi keterampilan abad 21 berdasarkan students skill level. *JUPI (Jurnal IPA dan Pembelajaran IPA)*, 6(3), 235-245.
- 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*, 23-28.
- Putri, N. M., El Hakim, L., & Ristanto, R. H. (2025). Studi Literatur Penerapan Project-Based Learning (PjBL) pada Pembelajaran Kimia. *Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 10(1), 433-442.
- Putriani, J. D., & Hudaidah, H. (2021). Penerapan Pendidikan Indonesia Di Era Revolusi Industri 4.0. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 3(3), 830-838.
- Rawung, W. H., Katuuk, D. A., Rotty, V. N. J., & Lengkong, J. S. J. (2021). Kurikulum dan tantangannya pada abad 21. *Jurnal Bahana Manajemen Pendidikan*, 10(1), 29-34.
- Rezky, M. P., Sutarto, J., Prihatin, T., Yulianto, A., & Haidar, I. (2019). Generasi milenial yang siap menghadapi era revolusi digital (society 5.0 dan revolusi industri 4.0) di bidang pendidikan melalui pengembangan sumber daya manusia. In *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana* (Vol. 2, No. 1, pp. 1117-1125).
- Rhofita, E.I., & Russo, A. E. (2019). Efektifitas Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Gula di Kabupaten Kediri dan Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 20 (2): 235
- Rustamovna, D.L. (2023). The importance of critical thinking in improving the professional skills of future teachers. *Interpretation and researches*, 2(3).

- Sarif, Y., Fadiawati, N., & M. Mahfudz, F.S. (2019). The Effectiveness of Waste Cooking Oil Recycling Project-Based Learning to Improve Students' High Order Thinking Skills. *International Journal of Chemistry Education Research*. 3(1): 29-34
- Stiggins, R.J. (1994). *Student-Centered Classroom Assessment*. New York: Macmillan College Publishing Company.
- Styani, E., Lestari, P. S., Novansyah, T., & Priyambada, A. (2023). Pemanfaatan Limbah Biomassa Kulit Singkong, Talas dan sludge Limbah Industri Tepung Tapioka sebagai Bahan Baku Briket. *Warta Akab*, 47(2).
- Subandowo, M. (2022). Teknologi Pendidikan di Era Society 5.0. *Jurnal Sagacious*, 9(1): 24-35
- Sudjana. (2005). *Metode Statistika*. Bandung: Tarsito.
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung : Alfabet
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung : Alfabet.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung : Alfabet.
- Surayya, R., Anwar, Y. A. S., & Loka, I. N. (2024). Pengaruh Pembelajaran Berbasis Proyek Berbantuan Media Berbasis Lectoran Inspire terhadap Keterampilan Proses Sains Siswa. *Chemistry Education Practice*, 7(1), 134-140.
- Widiyanto, A. M. (2013). *Statistika Terapan. Konsep dan Aplikasi dalam Penelitian Bidang Pendidikan, Psikologi dan Ilmu Sosial Lainnya*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo
- Zubaidah, S. (2020). Self Regulated Learning: Pembelajaran dan Tantangan pada Era Revolusi Industri 4.0. In *Prosiding SNPBS (Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek)*. 1-19.