

**EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN BERBASIS PROYEK PENGOLAHAN LIMBAH
CAIR INDUSTRI TAHU DALAM MENINGKATKAN KETERAMPILAN
BERPIKIR TINGKAT TINGGI SISWA SMA**

(Skripsi)

**Oleh
JADE GAURA ANJELIKA KRISTATA
1913023010**



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

**EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN BERBASIS PROYEK PENGOLAHAN LIMBAH
CAIR INDUSTRI TAHU DALAM MENINGKATKAN KETERAMPILAN
BERPIKIR TINGKAT TINGGI SISWA SMA**

Oleh

JADE GAURA ANJELIKA KRISTATA

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
BANDARLAMPUNG
2025**

Judul Skripsi

**: EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN BERBASIS
PROYEK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR
INDUSTRI TAHU DALAM
MENINGKATKAN KETERAMPILAN
BERPIKIR TINGKAT TINGGI SISWA SMA**

Nama Mahasiswa

: Jade Gaura Anjelika Kristata

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1913023010

Program Studi

: Pendidikan Kimia

Jurusan

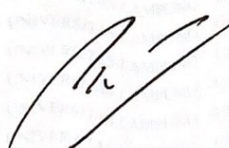
: Pendidikan MIPA

Fakultas

: Keguruan dan Ilmu Pendidikan

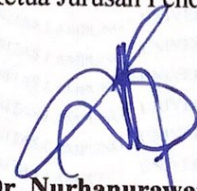


1. Komisi Pembimbing


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


Dra. Ila Rosilawati, M.Si.
NIP 19650717 199003 2 001

2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA

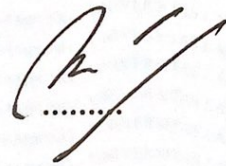

Dr. Nurhanurawati, M. Pd.
NIP 19670808 199103 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim penguji

Ketua

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


.....

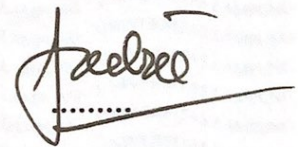
Sekretaris

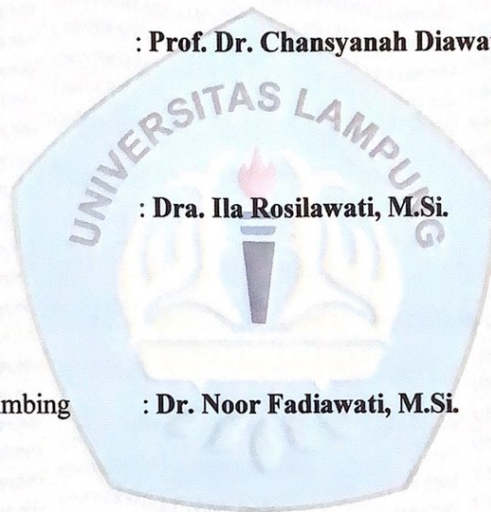
: **Dra. Ila Rosilawati, M.Si.**


.....

Penguji
Bukan Pembimbing

: **Dr. Noor Fadiawati, M.Si.**


.....



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

Dr. Riswandi, M.Pd.

NIP 19760808 200912 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 11 Februari 2025

ABSTRAK

EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN BERBASIS PROYEK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU DALAM MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR TINGKAT TINGGI SISWA SMA

Oleh

JADE GAURA ANJELIKA KRISTATA

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan efektivitas pembelajaran berbasis proyek pengolahan limbah cair industri tahu dalam meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa. Metode dalam penelitian ini menggunakan *weak experiment* dengan desain penelitian *the one group pretest-posttest*. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI SMA Negeri 15 Bandarlampung. Sampel penelitian ini adalah siswa kelas XI 1 yang diambil menggunakan teknik *purposive sampling*. Teknik analisis data dilakukan dengan uji statistik parametrik uji-*t* dan perhitungan *n-gain*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata postes keterampilan berpikir tingkat tinggi lebih besar dibandingkan rata-rata nilai pretes keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa, sedangkan rata-rata *n-gain* keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa 0,58 (kategori sedang). Rata-rata persentase angket respon siswa yang diperoleh sebesar 85,5% (kategori sangat baik). Rata-rata persentase keterlaksanaan pembelajaran berbasis proyek yang diperoleh sebesar 79% (kriteria tinggi). Produk yang dihasilkan dari pembelajaran berbasis proyek dibagi menjadi dua, yaitu produk proses berpikir dan hasil produk. Produk dari proses berpikir dengan rata-rata nilai 82, sedangkan hasil produknya adalah *Nata de soya*, *yoghurt*, dan pupuk organik cair. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek pengolahan limbah cair industri tahu efektif meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa.

Kata kunci: Pembelajaran berbasis proyek, limbah cair industri tahu, keterampilan berpikir tingkat tinggi

ABSTRACT

THE EFFECTIVENESS OF LEARNING BASED ON TOFU INDUSTRY LIQUID WASTE PROCESSING PROJECTS IN IMPROVING HIGH ORDER THINKING SKILLS IN HIGH SCHOOL STUDENTS

By

JADE GAURA ANJELIKA KRISTATA

This research aims to describe the effectiveness of project-based learning for processing liquid waste from the tofu industry in improving students' high-order thinking skills. The method in this research uses a weak experiment with a one group test-posttest research design. The population in this study were all class XI students of SMA Negeri 15 Bandarlampung in the odd semester of the 2023/2024 academic year, totaling 297 students. The sample for this research was class XI 1 students taken using purposive sampling technique. The results of this research can be seen from the average student pretest and posttest scores. The average post-test score for students' high-order thinking skills in class 0,58 are in the medium category. The average percentage of student response questionnaires obtained by class XI 1 was 85,5% (very good category). The average percentage of implementation of project-based learning obtained by class XI 1 was 79% (high criteria). The products produced from project-based learning are divided into two, namely thinking process products and product results. The product of the thinking process can be seen from the LKPD answers with an average score of 82, while the product results are Nata de soya, yoghurt and liquid organic fertilizer with a score in the good category. This shows that tofu industry liquid waste processing project-based learning is effective in improving students' high order thinking skills.

Keywords: Project-based learning, tofu industry liquid waste, high-order thinking skills

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Jade Gaura Anjelika Kristata
NPM : 1913023010
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 Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi Siswa SMA” adalah asli hasil penelitian saya, kecuali untuk bagian-bagian tertentu yang dirujuk dari sumbernya dan disebutkan dalam daftar pustaka.

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, 25 Agustus 2025



enyatakan,

Jade
Jade Gaura Anjelika Kristata
NPM 1913023010

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandarlampung pada 08 Desember 2000, anak kedua dari dua bersaudara, anak dari Bapak Sugeng Rianto dan Ibu Desak Ketut Sriati. Penulis mengawali pendidikan di Taman Kanak-Kanak AL – BUSTAN, Bandarlampung (2006-2007), dilanjutkan ke Sekolah Dasar Negeri 2 Perumnas Way Kandis, Bandarlampung (2007-2013), lalu ke Sekolah Menengah Pertama Negeri 29 Bandarlampung (2013-2016), dan kemudian ke Sekolah Menengah Atas Negeri 9 Bandarlampung (2016-2019).

Pada tahun 2019, melanjutkan studi dan diterima di Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri). Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah diberikan tanggung jawab menjadi Kepala Bidang Sosial dan Alumni, anggota *Media Center*, dan anggota Dana Usaha di Fosmaki (Forum Silaturahmi Mahasiswa Pendidikan Kimia), menjadi anggota *Media Center* di Himasakta (Himpunan Mahasiswa Eksakta), dan pernah menjadi anggota Himaki (Himpunan Mahasiswa Kimia) mewakili Fosmaki. Pengalaman mengajar dan mengabdikan yang pernah diikuti selama perkuliahan, yaitu PLP (Pengenalan Lapangan Persekolahan) yang terintegrasi dengan kuliah kerja nyata (KKN) di SMKS Tri Karya Utama Bandarlampung.

PERSEMBAHAN



Dengan Rahmat Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, Alhamdulillah atas karunia-Nya skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Dengan mengharapkan ridho-Mu, ku persembahkan skripsi ini kepada:

Bapak (Sugeng Rianto) dan Ibu (Desak Ketut Sriati)

Kedua orang tuaku Bapak Sugeng Riyanto dan Ibu Desak Ketut Sriati tersayang dengan segala pengorbanan, nasihat, ketulusan, semangat, doa serta keridhoan bapak dan ibu dalam membimbing putrimu ini untuk terus semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Semoga skripsi ini sebagai salah satu wujud baktiku dan ungkapan rasa kasih sayang yang tak terhingga serta ucapan terima kasih.

Mamasku beserta istri (Rama Satria Praba & Sefta Novia Sari)

Yang selalu menantikan keberhasilan adikmu, terima kasih atas persaudaraan selama ini semoga kita dapat membahagiakan kedua orang tua.

Guru dan Dosenku

Yang telah memberikan ilmu, pengajaran, pengalaman yang sangat berharga, terima kasih atas ilmu, pengajaran, dan pengalaman yang telah diberikan, semoga ilmunya dapat berguna di kehidupan yang mendatang bagi penulis dan orang lain.

Almamater Tercinta

MOTTO

*“Kita harus berarti untuk diri sendiri dulu sebelum kita menjadi orang yang
berharga bagi orang lain”*

(Ralph Waldo Emerson)

*“Jika itu penting bagi kita, kita akan menemukan jalan. Jika tidak, kita akan
menemukan alasan”*

(Ryan Blair)

SANWACANA

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga dapat diselesaikan skripsi yang berjudul “Efektivitas Pembelajaran Berbasis Proyek Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi Siswa SMA” sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana pendidikan. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan pada Rasulullah Muhammad SAW, keluarga, sahabat serta umatnya yang senantiasa istiqomah di jalan-Nya.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Albet Maydiantoro, S.PD., M.Pd., selaku Dekan FKIP Universitas Lampung;
2. Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA;
3. Ibu Dr. M. Setyarini, M.Si., selaku Ketua Prodi Pendidikan Kimia;
4. Prof. Dr. Chansyanah Diawati, M.Si., selaku Pembimbing I sekaligus Pembimbing Akademik atas kesedian, kesabaran, dan keikhlasannya untuk memberikan bimbingan, motivasi, kritik, dan masukan selama masa studi dan penulisan skripsi;
5. Ibu Dra. Ila Rosilawati, M.Si., selaku Pembimbing II atas kesediannya untuk memberikan bimbingan, motivasi, saran, dan masukan untuk skripsi ini;
6. Ibu Dr. Noor Fadiawati, M.Si., selaku Pembahas atas masukan dan perbaikan yang telah diberikan untuk skripsi ini;
7. Seluruh dosen Program Studi Pendidikan Kimia dan segenap civitas akademik Jurusan Pendidikan MIPA atas ilmu dan bantuan yang telah diberikan;
8. Para guruku atas ilmu, pengajaran, dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis;

9. Ibu Maria Habiba, S.Pd., M.Pd., selaku kepala sekolah SMA Negeri 15 Bandarlampung, dan Ibu Dr. Hj. Endang Andari selaku guru mata pelajaran kimia atas bantuan dan kerjasamanya selama penelitian berlangsung.
10. Keluargaku, bapak, ibu, Mas Rama, Mbak Sefta, Biru, dan Green untuk semangat, dukungan, motivasi, pengertian yang telah diberikan;
11. Rekan seperjuangan skripsi Nurul Fauziah dan Wayan Lusi Oktaviana yang selalu memberikan *support*, bantuan, nasihat, semangat, dan motivasi sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini;
12. Sahabatku, Ersya, Shabilla, Fitri, Nanda, Sasa, dan Dilla yang telah menemani penulis dan atas semangat, dukungan, keceriaan selama ini;
13. Sahabatku, Tamara, Audy, Eva, Via, Regina atas semangat, dukungan, motivasi, keceriaan selama masa-masa perkuliahan dan bantuan di masa-masa pengerjaan skripsi ini;
14. Teman angkatan 2019 untuk semua bantuan dan semangat yang diberikan pada penulis;
15. Semua pihak yang telah menemani penulis selama masa pengerjaan skripsi, membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga Allah SWT memberikan balasan atas bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis dan semoga skripsi ini bermanfaat.

Bandarlampung, 25 Agustus 2025

Penulis,

Jade Gaura Anjelika Kriststa

DAFTAR ISI

Halaman

I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Ruang Lingkup.....	4
 II. TINJAUAN PUSTAKA.....	 6
2.1. Pembelajaran Berbasis Proyek.....	6
2.2. Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi.....	7
2.3. Limbah Cair Industri Tahu.....	10
2.4. Penelitian yang Relevan.....	12
2.5. Kerangka Pemecahan Masalah	16
2.6. Kerangka Pemikiran.....	17
2.7. Hipotesis Penelitian.....	18
 III. METODE PENELITIAN	 19
3.1. Populasi dan Sampel	19
3.2. Jenis dan Sumber Data	19
3.3. Desain Penelitian.....	20
3.4. Variabel Penelitian	20
3.5. Instrumen Penelitian dan Validitas	21
3.6. Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	22

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1. Hasil Penelitian	31
4.1.1. Rata-rata skor pretes postes keterampilan berpikir tingkat tinggi	31
4.1.2. Kinerja produk siswa dan produk berpikir LKPD	35
4.1.3. Respon siswa terhadap pembelajaran berbasis proyek	36
4.1.4. Keterlaksanaan PBP pengolahan limbah cair industri tahu	37
4.2. Pembahasan.....	38
4.2.1. <i>Orientation</i>	39
4.2.2. <i>Identifying and defining a project</i>	39
4.2.3. <i>Planning a project</i>	44
4.2.4. <i>Implementing a project</i>	53
4.2.5. <i>Documenting and reporting project findings</i>	56
4.2.6. <i>Evaluating and taking action</i>	60
4.2.7. Kinerja produk	61
V. KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1. Kesimpulan	64
5.2. Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN.....	72
1. Bahan ajar.....	73
2. Hasil skor pretes dan postes keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa	84
3. Rekapitulasi uji statistik pretes, postes dan <i>n-gain</i>	86
4. Uji normalitas.....	90
5. Rekapitulasi keterlaksanaan pembelajaran berbasis proyek kelas XI 1	92
6. Rekapitulasi angket respon siswa.....	97
7. Rubrik asesmen kinerja produk.....	99
8. Rubrik asesmen kinerja produk berpikir	101
9. Rekapitulasi kinerja produk berpikir LKPD	105

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tahapan pembelajaran berbasis proyek	7
2. Taksonomi Anderson & Krathwohl	9
3. Penelitian relevan mengenai model pembelajaran berbasis proyek.....	12
4. Desain penelitian <i>The One Group Pretest-Posttest</i>	20
5. Kalsifikasi <i>n-gain</i>	25
6. Kategori respon siswa	27
7. Kriteria penskoran respon siswa	27
8. Kriteria tingkat ketercapaian pelaksanaan	28
9. Skor <i>Asymp Sig</i> pretes dan postes keterampilan berpikir tingkat tinggi	33
10. Hasil uji perbedaan dua rata-rata menggunakan SPSS 25.0	33
11. Skor kinerja produk yang diperoleh siswa	34
12. Penilaian kinerja produk yang diperoleh siswa.....	35
13. Daftar <i>link</i> laporan dan video pembuatan masing-masing produk.....	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemecahan masalah	16
2. Prosedur pelaksanaan penelitian	22
3. Rata-rata skor pretes dan postes keterampilan berpikir tingkat tinggi	31
4. Rata-rata skor pretes dan postes setiap indikator	31
5. <i>n-gain</i> setiap indikator keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa	33
6. Rekapitulasi hasil angket respon siswa	36
7. Persentase keterlaksanaan PBP pengolahan limbah cair industri tahu	38
8. Informasi dan masalah yang dituliskan siswa sebelum konsultasi	Error!
Bookmark not defined.	
9. Informasi dan masalah yang dituliskan siswa setelah konsultasi	40
10. Informasi atau pengetahuan yang dituliskan siswa sebelum konsultasi	41
11. Informasi atau pengetahuan yang dituliskan siswa setelah konsultasi	41
12. Produk olahan dari limbah cair tahu dibuat oleh siswa	43
13. Rumusan masalah yang dituliskan siswa sebelum konsultasi	44
14. Rumusan masalah yang dituliskan siswa setelah konsultasi	45
15. Tujuan dan pentingnya proyek siswa sebelum konsultasi	45
16. Tujuan dan pentingnya proyek siswa setelah konsultasi	46
17. Rancangan dan rincian alat, bahan <i>Nata de soya</i> sebelum konsultasi	45
18. Rancangan dan rincian alat, bahan POC sebelum konsultasi	47
19. Rancangan dan rincian alat, bahan <i>yoghurt</i> sebelum konsultasi	48
20. Hasil konsultasi rancangan untuk setiap produk	49
21. Pembagian tugas dan jadwal proyek untuk produk <i>Nata de soya</i>	50
22. Pembagian tugas dan jadwal proyek untuk produk POC	51
23. Pembagian tugas dan jadwal proyek untuk produk <i>yogurt</i>	51

24. Rincian kegiatan dan kendala pada pelaksanaan proyek Nata de soya.....	52
25. Rincian kegiatan dan kendala pada pelaksanaan proyek POC.....	55
26. Rincian kegiatan dan kendala pada pelaksanaan proyek <i>yoghurt</i>	56
27. Presentasi hasil produk olahan <i>Nata de soya</i> oleh kelompok 1 dan 2.....	57
28. Persentasi hasil produk olahan POC oleh kelompok 3 dan 4.....	58
29. Persentasi hasil produk olahan <i>yoghurt</i> oleh kelompok 5 dan 6.....	59
30. Produk <i>Nata de soya</i> yang dihasilkan kelompok 1 dan 2	62
31. Produk POC yang dihasilkan kelompok 3 dan 4.....	62
32. Produk <i>yoghurt</i> yang dihasilkan kelompok 5 dan 6.....	62

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Abad 21 merupakan tanda adanya revolusi industri 4.0 (Mardhiyah dkk., 2021; Putriani & Hudaidah, 2021). Pada saat ini, revolusi industri 4.0 mengubah cara masyarakat beraktivitas, dunia kerja, dan berhubungan satu sama lain (Harahap & Rafika, 2020; Ghufro, 2018). Di era revolusi industri 4.0 sekarang, terdapat tantangan yang berbeda dengan era sebelumnya yang membutuhkan ide-ide baru yang harus dihadapi oleh sumber daya manusia (Retnaningsih, 2019; Kayambe & Nel, 2019). Sumber daya manusia yang dapat menyesuaikan diri dengan perubahan dan tantangan di era revolusi industri 4.0 adalah sumber daya manusia yang memiliki keterampilan seperti pemecahan masalah yang kompleks, berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, kolaborasi, dan pengambilan keputusan dengan mengevaluasi, menganalisis, dan mencipta (Rhashvinder et al., 2018; Siswati, 2019; Salamanca et al., 2020). Keterampilan-keterampilan tersebut merupakan aspek dalam keterampilan berpikir tingkat tinggi (Mahanal, 2019; Astuti, 2019).

Salah satu keterampilan yang diperlukan untuk menghadapi tantangan di era revolusi industri 4.0 adalah berpikir tingkat tinggi atau biasa disebut dengan HOTS (*Higher Order Thinking Skills*). HOTS penting dalam menghadapi era revolusi industri 4.0 karena SDM yang memiliki HOTS akan tetap eksis bersaing dan memiliki daya juang tinggi diberbagai kondisi perubahan zaman serta mampu memilah informasi yang benar dan salah (Chandra, dkk., 2019; Mahanal, 2019). Dalam proses belajar mengajar, HOTS dapat menciptakan siswa yang mandiri, berpikir kritis, mampu menjawab serta memecahkan persoalan dan permasalahan di kehidupan sehari-hari (Kristiyono, 2018; Chandra dkk., 2019). Faktanya, masih

terdapat banyak siswa yang memiliki kemampuan HOTS yang masih rendah, hasil survei PISA 2018 menyatakan bahwa Indonesia berada pada posisi 72 dari 77 negara dengan persentase dari aspek literasi matematika, sains, dan membaca yang rendah. Termasuk soal yang disajikan pada tiap aspek termasuk soal yang memerlukan kemampuan berpikir tingkat tinggi (Akhiralimi, dkk., 2022; Simamora, 2022).

Menurut Anderson & Krathwohl (2001), keterampilan berpikir tingkat tinggi adalah pola pikir siswa yang mencakup kemampuan untuk menganalisis, mengevaluasi dan mencipta. HOTS merupakan keterampilan berpikir untuk menelaah informasi secara kritis, kreatif, berkreasi yang dapat menghasilkan banyak solusi produktif atau mampu memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari (Beddu, 2019; Aini & Yonata; 2020). Salah satu permasalahan di kehidupan sehari-hari adalah limbah cair tahu yang dihasilkan dari produksi tahu. Limbah cair tahu mengandung senyawa organik yaitu karbohidrat, protein, lemak, garam mineral, kalsium, dan juga sejumlah glukosa (Rahmawati & Puspitaningrum, 2022; Sarkono, dkk., 2018; Putri & Fatimah, 2021). Limbah cair tahu dapat diolah kembali menjadi produk baru yang bermanfaat seperti pupuk organik cair (Marian & Tuhuteru, 2019), *Nata de soya* (Purwandi dkk., 2020), dan biogas (Sally dkk., 2019).

Model pembelajaran yang mampu membantu siswa dalam memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari dengan membuat suatu proyek adalah model pembelajaran berbasis proyek (PBP) atau *Project-Based Learning* (PjBL) (Andriyani et al., 2019; Diawati et al., 2021). Terdapat beberapa penelitian yang berkaitan mengenai pembelajaran dengan model PBP, diantaranya menurut (Sarif et al., 2019), model PBP daur ulang minyak jelantah berpengaruh dalam meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa SMA. Sejalan dengan itu, (Diawati et al., 2017) menunjukkan bahwa model PBP konstruksi alat destilasi uap sederhana mampu mengembangkan kemampuan berpikir kreatif siswa. Penelitian yang dilakukan oleh (Apipah dkk., 2019) menunjukkan bahwa model PBP daur ulang limbah anorganik pada kemampuan berpikir kreatif mahasiswa berada dalam level 4 atau sangat kreatif. Model PBP jarang digunakan atau diterapkan dalam pembelajaran di kelas (Epifania dkk., 2020). Hal ini diperkuat dengan hasil observasi

melalui wawancara oleh guru kimia di sekolah SMA Negeri 15 Bandarlampung diperoleh informasi bahwa pembelajaran kimia di kelas, siswa hanya mendengarkan penjelasan guru, tanya jawab, mencatat, dan latihan soal. Guru juga menjelaskan bahwa model PBP belum pernah diterapkan, sehingga dapat disimpulkan bahwa guru belum pernah menggunakan model PBP dalam pembelajaran kimia di kelas.

Menurut survei yang dilakukan, terdapat 5 pabrik tahu di sekitar Bandarlampung, yaitu di daerah Rajabasa, Jagabaya dan Gunung Sulah memiliki limbah cair tahu yang pembuangannya langsung ke parit atau langsung ke sungai di sekitar lingkungan pabrik pembuatan tahu. Pembuangan limbah ini menyebabkan pencemaran air di sekitar pabrik dan menimbulkan aroma yang tidak sedap. Limbah cair tahu juga dapat menjadi sumber penyakit, meningkatkan pertumbuhan nyamuk dan menurunkan estetika lingkungan sekitar (Sarofah, 2021; Kurniawansyah dkk, 2022; Shaskia & Yunita, 2021). Permasalahan limbah cair tahu tersebut dapat dijadikan media pembelajaran oleh guru untuk meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa.

Berdasarkan kajian teoritik dan empirik yang telah diuraikan di atas, model PBP dinilai efektif digunakan dalam pembelajaran kimia. Oleh karena itu, dilakukan penelitian dengan judul “Efektivitas Model Pembelajaran Berbasis Proyek Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu (PBP Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu) dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi Siswa SMA”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana efektivitas PBP pengolahan limbah cair industri tahu dalam meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa SMA?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini untuk mendeskripsikan efektivitas PBP pengolahan limbah cair industri tahu dalam meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa SMA.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. bagi siswa:
memberi pengalaman secara langsung kepada siswa untuk menyelesaikan masalah mengenai limbah cair industri tahu.
2. bagi guru dan calon guru:
memberikan pengalaman secara langsung bagi Guru dan calon Guru dalam menerapkan pembelajaran berbasis proyek dalam membelajarkan kimia di kelas.
3. bagi sekolah:
sebagai masukan untuk Sekolah dalam mengembangkan kurikulum yang diterapkan.

1.5. Ruang Lingkup

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

1. Model pembelajaran berbasis proyek pengolahan limbah cair industri tahu dikatakan efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa apabila *n-gain* yang diperoleh berkategori minimal sedang (Hake, 1998) dan terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai pretes dengan nilai postes.
2. Langkah-langkah model PjBL yang digunakan berdasarkan Colley (2008) yang dimodifikasi oleh Diawati (2018).

3. Keterampilan berpikir tingkat tinggi yang digunakan sesuai dengan Taksonomi Bloom (1965) yang disempurnakan kembali oleh Andreson & Krathwohl (2001), yaitu menganalisis (C4), mengevaluasi (C5), dan mencipta (C6).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pembelajaran Berbasis Proyek

Pembelajaran berbasis proyek adalah model pembelajaran kontekstual yang mengatur pembelajaran berdasarkan pertanyaan atau masalah yang menantang, melibatkan siswa dalam memilih topik, mempertimbangkan pendekatan, merancang, memecahkan masalah membuat keputusan (Diawati, et al., 2017). Dalam model pembelajaran berbasis proyek, siswa dituntut untuk merencanakan, menciptakan, dan menghasilkan produk nyata terkait masalah di lingkungan sekitar (Juliastari dkk., 2022; Diawati et al., 2021). Iswantari (2021) mengatakan bahwa pembelajaran berbasis proyek memiliki potensi yang besar untuk memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik dan bermakna bagi siswa.

Terdapat beberapa karakteristik khas dalam pembelajaran berbasis proyek, yaitu adanya permasalahan atau tantangan yang diajukan kepada peserta didik, membuat pertanyaan dasar, peserta didik mendesain proyek atau menentukan solusi atas permasalahan yang diajukan, fokus pada tujuan pembelajaran, aktif berpartisipasi dalam kegiatan pembelajaran, adanya kolaborasi antar peserta didik, penggunaan teknologi dan menciptakan artefak nyata (Guo et al., 2021; Rambe, 2019). Ciri-ciri pembelajaran berbasis proyek adalah mengembangkan kemampuan berpikir siswa agar memiliki kreativitas yang mendorong mereka untuk bekerja sama, mengarahkan mereka untuk mencari informasi sendiri dan mendemonstrasikan informasi tersebut (Dewi, 2022).

Tahapan PBP menurut Colley (2008) yang dimodifikasi Diawati (2018) melalui 6 fase disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tahapan pembelajaran berbasis proyek

Fase-fase (1)	Deskripsi (2)
Fase 1. <i>Orientation</i>	Siswa memperhatikan penjelasan tujuan pembelajaran proyek, pentingnya kolaborasi, pentingnya berbagi informasi, tanggung jawab dan peran yang diharapkan. Siswa juga membahas bagaimana mereka harus berkomunikasi satu sama lain, dan bagaimana pembelajaran akan dinilai.
Fase 2. <i>Identifying and defining a project</i>	Siswa membaca wacana mengenai limbah cair industri tahu, dan diberikan tantangan bagaimana cara memecahkan masalah, kemudian siswa mengidentifikasi masalah.
Fase 3. <i>Planning a project</i>	Siswa harus mencari dan mempelajari pengetahuan yang berkaitan dengan masalah dari berbagai sumber. Setelah itu, mereka melaporkan hasilnya dan mendiskusikan dengan guru. Siswa diberi tugas untuk merumuskan: masalah berdasarkan wacana, tujuan proyek, pentingnya proyek, merinci daftar alat dan bahan, mendeskripsikan prosedur pelaksanaan proyek, selanjutnya mendiskusikan kembali dengan guru dan memperbaiki sesuai arahan guru.
Fase 4. <i>Implementing a project</i>	Siswa menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan sesuai dengan rencana proyek dan dilanjutkan dengan pembuatan produk.
Fase 5. <i>Documenting and reporting project findings</i>	Siswa mempersiapkan laporan proyek, melaporkan kendala yang dihadapi selama pembuatan proyek, dan mempersentasikan hasil kerja di kelas.
Fase 6. <i>Evaluating and taking action</i>	Guru mengevaluasi dan memberikan umpan balik kepada siswa, sehingga siswa dapat belajar dari evaluasi, dan meningkatkan kinerja selama proyek berlangsung.

Menurut David Mourdund dalam Yusika & Turdjai (2021) , kelebihan PBP adalah sebagai berikut:

a. Increased motivation

PBP dapat meningkatkan motivasi siswa yang ditandai bahwa siswa sangat tekun, berusaha keras untuk menyelesaikan proyek, siswa merasa lebih bergairah dalam pelajaran, dan keterlambatan dalam kehadiran sangat berkurang.

b. Increased problem-solving

Lingkungan pembelajaran PBP dapat meningkatkan kemampuan memecahkan masalah, membuat siswa lebih aktif dan berhasil memecahkan masalah yang bersifat kompleks.

c. Improved library research skills

PBP menuntut siswa harus mampu memperoleh informasi melalui sumber-sumber informasi, sehingga keterampilan siswa dalam mencari dan mendapatkan informasi dapat meningkat.

d. Increased collaboration

PBP memerlukan siswa dapat mengembangkan dan mempraktikkan keterampilan komunikasi, kerja kelompok yang kooperatif, evaluasi siswa, pertukaran informasi.

e. Increased resource-management skills

PBP memberikan kepada siswa pembelajaran dan praktik dalam mengorganisasi proyek, membuat alokasi waktu dan perlengkapan untuk menyelesaikan proyek.

Menurut Niswara et al., (2019), kelemahan model pembelajaran berbasis proyek adalah sebagai berikut:

1. Membutuhkan guru yang terampil dan mau belajar,
2. Membutuhkan waktu dan biaya yang banyak,
3. Membutuhkan fasilitas, peralatan, dan bahan yang memadai,
4. Tidak sesuai untuk siswa yang mudah menyerah, tidak memiliki pengetahuan serta keterampilan,
5. Kesulitan melibatkan semua siswa dalam kerja kelompok.

2.2. Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi

Menurut Andreson & Krathwohl (2001) terdapat 6 ranah kognitif menurut Taksonomi Bloom revisi, yaitu mengingat, memahami, menerapkan, menganalisis, mengevaluasi dan mengkreasi. Terdapat tiga indikator yang diukur dalam berpikir tingkat tinggi, yaitu: *analyzing*, *evaluating*, dan *creating* (Abduh 2019; Syahri & Ahyana, 2021). Keterampilan berpikir tingkat tinggi merupakan keterampilan berpikir yang tidak hanya membutuhkan kemampuan mengingat saja, akan tetapi membutuhkan keterampilan lain yang lebih tinggi, seperti berpikir kreatif dan kritis untuk memecahkan suatu masalah (Syahri & Ahyana, 2021). *Higher Order Thinking Skills* merupakan proses berpikir kompleks yang bertujuan memperoleh pengetahuan yang meliputi tingkat berpikir analitis, evaluatif, dan mencipta. Berpikir tingkat tinggi dapat ditunjukkan ketika individu menerapkan pengetahuan dan keterampilan ke konteks yang baru atau cara yang lebih kom-

pleks (transfer) (Abduh, 2019). Adapun tingkatan keterampilan berpikir tingkat tinggi menurut Anderson & Krathwohl dijelaskan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Taksonomi Anderson & Krathwohl

Berpikir Tingkat Tinggi (1)	Indikator (2)
Menganalisis (<i>analyzing</i>)	Memberi atribut (<i>attributing</i>), mengorganisasi (<i>organizing</i>), membedakan (<i>differentiating</i>)
Mengevaluasi (<i>evaluating</i>)	Mengecek (<i>checking</i>), mengkritisi (<i>critiquing</i>)
Menciptakan (<i>creating</i>)	Menggeneralisasi (<i>generating</i>), merancang (<i>planning</i>), memproduksi (<i>producing</i>)

(Krathwohl, 2001)

Masing-masing tingkatan keterampilan berpikir tingkat tinggi akan dijelaskan sebagai berikut:

a. menganalisis

menganalisis merupakan proses memecahkan materi menjadi bagian kecil dan menentukan bagaimana hubungan antar bagian-bagian dan struktur keseluruhannya serta mencari tahu bagaimana keterkaitan tersebut dapat menimbulkan permasalahan. Proses menganalisis ini dikategorikan menjadi proses-proses kognitif, diantaranya membedakan (*differentiating*), yaitu membedakan bagian materi pelajaran yang relevan dari yang tidak relevan, bagian yang penting dari yang tidak penting; mengorganisasikan (*organizing*) terjadi ketika siswa membangun hubungan-hubungan yang sistematis dan koheren antar potongan informasi; dan mengatribusikan (*attributing*), yaitu ketika siswa menemukan permasalahan lalu memerlukan kegiatan membangun ulang hal yang menjadi permasalahan.

b. mengevaluasi

mengevaluasi merupakan membuat keputusan berdasar kriteria dan standar. Proses mengevaluasi ini, meliputi memeriksa (*checking*) yang melibatkan proses menguji kesalahan internal dalam suatu operasi atau produk; mengkritik melibatkan proses penilaian suatu produk atau proses berdasarkan kriteria eksternal, dimana siswa mencari ciri-ciri positif atau negatif dari suatu produk dan membuat keputusan berdasarkan ciri-ciri yang telah ditemukan.

c. mencipta

mencipta melibatkan proses menyusun beberapa elemen menjadi sebuah keseluruhan yang koheren atau fungsional. Pada proses mencipta ini, meliputi menghasilkan (*generating*), yaitu kegiatan yang mempresentasikan permasalahan dan penemuan alternatif hipotesis yang diperlukan; merencanakan, yaitu siswa berpikir konvergen, merencanakan berbagai metode dan solusi lalu mengubahnya menjadi suatu rencana aksi; dan mempro-

duksi yaitu mengarah pada perencanaan untuk menyelesaikan permasalahan yang diberikan (Fadiawati dan Syamsuri, 2018).

2.3. Limbah Cair Industri Tahu

Dari proses produksi tahu menghasilkan dua jenis limbah, yaitu limbah padat dan limbah cair (Hatina dkk., 2020). Limbah padat berupa kotoran hasil pembersihan kedelai (batu, tanah, kulit kedelai dan benda padat lain yang menempel pada kedelai) dan sisa saringan bubur kedelai yang disebut ampas tahu (Maulani dkk., 2021). Sedangkan limbah cair berasal dari proses perendaman, pencucian kedelai, pencucian peralatan proses produksi tahu, penyaringan dan pengepresan atau pencetakan tahu (Suhairin dkk., 2020). Limbah cair industri tahu mengandung banyak senyawa organik (Hatina dkk., 2020). Senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair tahu berupa protein, karbohidrat, dan lemak dengan persentase sebesar 40%-60% protein, 20%-50% karbohidrat dan 10% lemak (Rasmito dkk., 2019).

Limbah cair tahu berpotensi mencemari lingkungan (Suhairin dkk., 2020). Limbah cair tahu mengandung protein, lemak, dan karbohidrat yang cukup tinggi dan memiliki angka BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang tinggi yaitu sebesar 5000-10000 mg/L dan 7000-10000 mg/L dengan pH rendah yakni 4-5 (Cahyani dkk., 2021). Limbah cair tahu dibuang langsung ke lingkungan sekitar, dampak terhadap lingkungan tidak muncul spontan sehingga masyarakat seakan resisten (Rajagukguk, 2020). Limbah cair tahu sulit didegradasi dan mengurangi kualitas air dan tanah karena mengandung bahan organik (Asril dkk., 2019). Dampak negatif yang ditimbulkan oleh limbah cair tahu adalah menimbulkan bau yang tidak sedap, menyebabkan pencemaran air yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan seperti penyakit gatal, diare, kolera, radang usus dan penyakit lainnya juga dapat meningkatkan pertumbuhan nyamuk (Kurnianingsih, 2019; Wijayanti dkk., 2021; Prayitno dkk., 2020).

Limbah cair tahu dapat diolah kembali menjadi produk yang bermanfaat seperti *Nata de soya*, pupuk organik cair, *yoghurt* dan biogas. Untuk membuat *Nata de soya* proses pembuatannya, yaitu menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan, menyiapkan limbah tahu segar sebanyak 1 L diendapkan, disaring, dipanaskan sampai mendidih sambil diaduk-aduk. Kemudian menambahkan 10 mL asam asetat, 100 gram sukrosa dan 5 gram *ZA foodgrade* (Marliyana dkk., 2020). Sampel dimasukkan ke dalam nampan plastik yang sudah dibersihkan setelah sampel sudah dingin, ditambahkan *Acetobacter xylinum*. Kemudian nampan ditutup dengan kertas koran dan penutup dikencangkan dengan karet gelang. Menyimpan nampan tersebut selama 15 hari (Putri & Fatimah, 2021). Setelah terbentuk lapisan, lapisan tersebut ditiriskan. Kemudian mencucui *Nata de soya* dengan air mengalir hingga lender dan bau asam hilang, lalu merebus *Nata de soya* dengan air selama 15-20 menit, *Nata de soya* siap digunakan (Zuhairiah dkk., 2020).

Pemanfaatan limbah cair tahu menjadi biogas proses pembuatannya, yaitu menyiapkan alat dan bahan, menakar kebutuhan bahan isian reaktor, lalu difermentasi selama 14 hari. Pada proses fermentasi ini berlangsung tiga tahap, yakni tahap pelarutan berlangsung pada suhu 25°C digester, tahap pengasaman berlangsung pada suhu 25°C digester, dan tahap gasifikasi, biogas terbentuk pada 4-5 hari setelah digester diisi, dan produksi biogas yang banyak umumnya terjadi pada hari ke 20-25. Kemudian uji coba setelah 14 hari (Katjo & Irwansyah, 2018). Pada pengolahan limbah cair tahu menjadi *yoghurt* prosesnya, yaitu menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan, membuat starter dengan mencampurkan susu bubuk skim dan starter *yoghurt* komersial. Lalu menyaring dan menetralisasi limbah cair tahu menggunakan NaHCO_3 hingga pH 7. Kemudian menginokulasi limbah cair tahu dengan starter pada suhu 42°C selama 6 jam (Jannah dkk., 2010).

Proses pembuatan pupuk organik cair dari limbah cair tahu adalah menyiapkan alat dan bahan yang digunakan, memasukkan limbah cair tahu ke dalam botol sebanyak 1,5 L. Kemudian mencairkan 40 gram gula merah dengan menambahkan 50 mL air dan dipanaskan di atas kompor, menuangkan EM4 sebanyak 10 mL, melarutkan EM4 kedalam gula merah. Setelah melarutkan EM4, lalu memasukkannya ke dalam botol berisi limbah cair tahu dan dihomogenkan.

Kemudian menutup rapat botol dan memasukkan selang yang menghubungkan botol campuran limbah cair tahu, gula dan EM4 dengan botol berisi air. Men-diamkan selama 15 hari. Setelah 15 hari, pupuk organik cair dapat digunakan (Broto dkk., 2021).

2.4. Penelitian yang Relevan

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

Tabel 3. Penelitian relevan mengenai model pembelajaran berbasis proyek

No. (1)	Peneliti (2)	Judul (3)	Metode (4)	Hasil (5)
1.	Astuti, R. (2015)	Meningkatkan kreativitas siswa dalam pengolahan limbah menjadi <i>trash fashion</i> melalui PjBL	<i>Weak eksperimental</i> dengan <i>Desain The One Group Pretest-Posstest</i>	Penelitian ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek dapat meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa.
2.	Hadi, A., & Ramadhana, R. (2022)	Efektivitas model pembelajaran berbasis proyek (<i>project-based learning</i>) terhadap kemampuan berpikir tingkat tinggi kelas VIII MTs negeri 2 makassar	Pra Eksperimen dengan desain <i>pretest-posttest</i> satu kelompok	Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran PjBL efektif meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa.
3.	Delos trico (2019)	<i>Project-based learning (pjbl) in teaching chemistry</i>	<i>Pretest</i> dan <i>posttest</i> dua kelompok	Pembelajaran PjBL efektif untuk dimanfaatkan dalam pengajaran kimia untuk meningkatkan kinerja siswa dalam prestasi akademik.
4.	Haerani dkk., (2022)	Meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA melalui pembelajaran proyek mini riset pada kegiatan pengelolaan limbah rumah tangga	Pra eksperimen dengan desain <i>One Group Pretest-Posttest</i>	Penelitian ini menunjukkan bahwa pembelajaran proyek mini riset pada kegiatan pengelolaan limbah rumah tangga dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

Tabel 3. (lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
5.	Astuti dkk., (2019)	Meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa SMA menggunakan pembelajaran berbasis proyek daur ulang minyak jelantah	Kuasi eksperimen dengan desain <i>The Matching-Only Pretest-Posttest Control Group</i>	Penelitian ini menunjukkan bahwa model pembelajaran berbasis proyek efektif dalam meningkatkan keterampilan kreatif siswa.
6.	Hamidah , I., &	Efektivitas model pembelajaran <i>project</i>	Kuasi eksperimen dengan	Penelitian ini menunjukkan bahwa

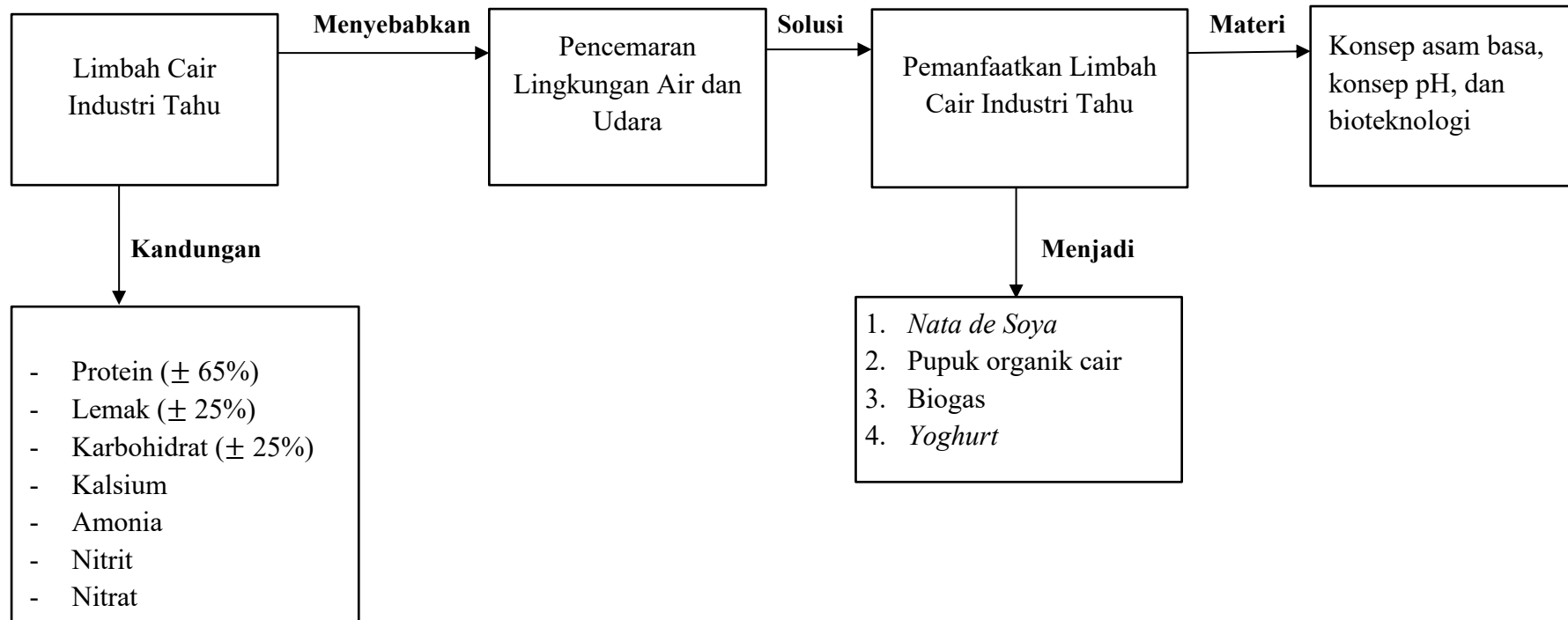
	Citra, S. Y. (2021)	<i>based learning (PjBL) terhadap minat dan hasil belajar siswa</i>	<i>desain Randomizes Control Group Pretest-Posttest</i>	model pembelajaran PjBL efektif meningkatkan minat dan hasil belajar siswa
7.	Insani et al., (2018)	<i>Using project-based learning in improving student's critical thinking skills to separate of mixture</i>	Kuasi eksperimen dengan desain <i>Pretest-Posttest Control</i>	Dalam penelitian ini diketahui bahwa LKS PjBL efektif untuk meningkatkan CTS siswa pada topik pemisahan campuran.
8.	Diawati et al., (2017)	<i>Students' construction of a simple steam distillation apparatus and development of creative thinking skills: a project-based learning</i>	Studi kasus kualitatif. Teknik pengumpulan data dengan penilaian kinerja, wawancara, dan catatan lapangan	Penelitian ini menunjukkan bahwa melalui pembelajaran berbasis proyek dapat mengembangkan keterampilan berpikir kreatif siswa.
9.	Sarif et al., (2019)	<i>The effectiveness of waste cooking oil recycling project-based learning to improve student's high order thinking skills</i>	<i>The Matching-Only Pretest-Posttest Control Group Design</i>	Penelitian ini menunjukkan bahwa model pembelajaran berbasis proyek daur ulang minyak jelantah efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa.
10.	Sahin, S., & Kilic, A., (2023)	<i>Effectiveness of the project-based 6E learning model</i>	<i>The One Group Pretest-Posttest</i>	Penelitian ini menunjukkan bahwa model PjBL efektif meningkatkan keterampilan penelitian siswa.

Tabel 3. (lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
11.	Putri et al., (2019)	<i>Using project-based learning in improving student's critical thinking skills to recycle waste cooking oil</i>	<i>The Matching-Only Pretest-Posttest Control Group Design</i>	Penelitian ini menunjukkan bahwa model pembelajaran berbasis proyek daur ulang minyak jelantah efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

12.	Samsi et al., (2023)	<i>The effectiveness of internet-based project-based learning (PjBL) learning models on 21st century digital literacy capabilities</i>	<i>The Control Group Pretest-Posttest Design</i>	Penelitian ini menunjukkan bahwa model PjBL efektif meningkatkan kemampuan literasi digital siswa.
14.	Ijai et al., (2021)	<i>The effectiveness of using learning media 3D pop-up chemistry assisted by project-based learning (PjBL) learning model against student learning outcomes in SMA Negeri 12 Samarinda</i>	<i>Pre-eksperimen dengan desain One Group Pretest-Posttest</i>	Penelitian ini menunjukkan bahwa media <i>pop up</i> kimia 3D dengan model pembelajaran project-based learning (PjBL) sangat efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa.
15.	Evanita et al., (2021)	<i>Electronic project-based learning to improve effectiveness of teaching</i>	Metode deskriptif kuantitatif dengan membandingkan dua perlakuan yang berbeda	Penelitian ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek elektronik bermanfaat dalam membekali siswa menuju keefektifan.
16.	Fauziah et al., (2023)	<i>Implementation of project-based learning models to improve science literacy of junior high school student</i>	Kuasi eksperimen dengan desain <i>One Group Pretest-Posttest</i>	Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran berbasis proyek dapat meningkatkan literasi sains siswa.

2.5. Kerangka Pemecahan Masalah



Gambar 1. Kerangka Pemecahan Masalah

2.6. Kerangka Pemikiran

Pelaksanaan model PBP terdiri dari 6 langkah, yaitu *orientation, identifying and defining a project, planning a project, implementing a project, documentin and reporting project findings*, dan *evaluating and taking action*. PBP dimulai dengan siswa yang diminta untuk memperhatikan penjelasan tujuan pembelajaran proyek, pentingnya kolaborasi, pentingnya berbagi informasi, serta tanggung jawab dan peran yang diharapkan. Melalui kegiatan tersebut dapat meningkatkan keterampilan menganalisis siswa. Siswa juga membahas bagaimana mereka harus berkomunikasi satu sama lain, dan bagaimana pembelajaran akan dinilai, kegiatan ini dapat meningkatkan keterampilan mengevaluasi siswa.

Selanjutnya, siswa diberi masalah nyata dengan mengamati wacana limbah cair industri tahu, dan diberikan tantangan bagaimana cara memecahkan masalah limbah cair industri tahu, kemudian siswa mengidentifikasi masalah limbah cair industri tahu. Pada kegiatan ini dapat meningkatkan keterampilan menganalisis siswa. Lalu, siswa harus mencari informasi dan mempelajari kandungan, dampak dan pemanfaatan limbah cair industri tahu dari berbagai sumber. Kemudian, siswa diberi tugas untuk merencanakan proyek yang meliputi merumuskan masalah, tujuan proyek, pentingnya proyek, merinci daftar alat dan bahan, prosedur pelaksanaan proyek, dan mendiskusikan kembali dengan guru dan memperbaiki sesuai arahan guru. Pada tahapan-tahapan ini dapat meningkatkan keterampilan mencipta siswa.

Selanjutnya, siswa melaksanakan proyek sesuai rencana dengan menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan dan dilanjutkan dengan pembuatan produk. Lalu, siswa mempersiapkan laporan proyek untuk pengawasan proyek dan mempresentasikannya di depan kelas, tahapan ini dapat meningkatkan keterampilan mengevaluasi siswa. Diakhir pembelajaran, guru mengevaluasi dan memberikan umpan balik kepada siswa.

2.7. Hipotesis Penelitian

Hipotesis dalam penelitian ini adalah model PBP pengolahan limbah cair industri tahu efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir tingkat 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 2023/2024 yang berjumlah 297 siswa. Kelas XI SMA Negeri 15 Bandarlampung terdiri dari sembilan kelas dan salah satu kelas akan dijadikan sebagai sampel penelitian.

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 berdasarkan kelas dengan siswa yang aktif, responsif, dan memiliki kemampuan kognitif siswa yang heterogen. Berdasarkan informasi dari guru mata pelajaran kimia, didapatkan kelas XI 1 yang memiliki siswa yang aktif, responsif, dan kemampuan kognitif siswa yang heterogen.

3.2. Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data utama dan data pendukung. Data utama berupa skor pretes dan postes keterampilan berpikir tingkat tinggi di kelas penelitian. Data pendukung berupa data dari asesmen kinerja produk, angket respon siswa terhadap PBP, dan lembar keterlaksanaan PBP. Sumber data dalam penelitian ini adalah seluruh siswa di kelas sampel.

3.3. Desain Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Weak-Experiment* dengan desain penelitian *The One Group Pretest-Posttest* (Fraenkel & Wallen, 2006). Berikut desain penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 4.

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

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

Keterangan:

O : Pretes sebelum perlakuan

X : Perlakuan model PBP pengolahan limbah cair industri tahu

O : Postes setelah perlakuan

Desain ini dilakukan dengan memberikan pretes kepada siswa sebelum PBP pengolahan limbah cair industri tahu dilakukan (O). Setelah PBP pengolahan limbah cair industri tahu selesai dilakukan (X), kemudian siswa diberikan postes setelah PBP pengolahn limbah cair industri tahu dilakukan (O).

3.4. Variabel Penelitian

Penelitian ini terdiri dari variabel kontrol, variabel bebas, dan variabel terikat.

Variabel kontrol berupa materi yang dipelajari dan guru yang mengajar di kelas.

Variabel bebas pada penelitian ini adalah model pembelajaran yang digunakan, yaitu model PBP pengolahan limbah cair industri tahu. Variabel terikatnya, yaitu keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa kelas XI 1 SMA Negeri 15

Bandarlampung Tahun Pelajaran 2023/2024.

3.5. Instrumen Penelitian dan Validitas

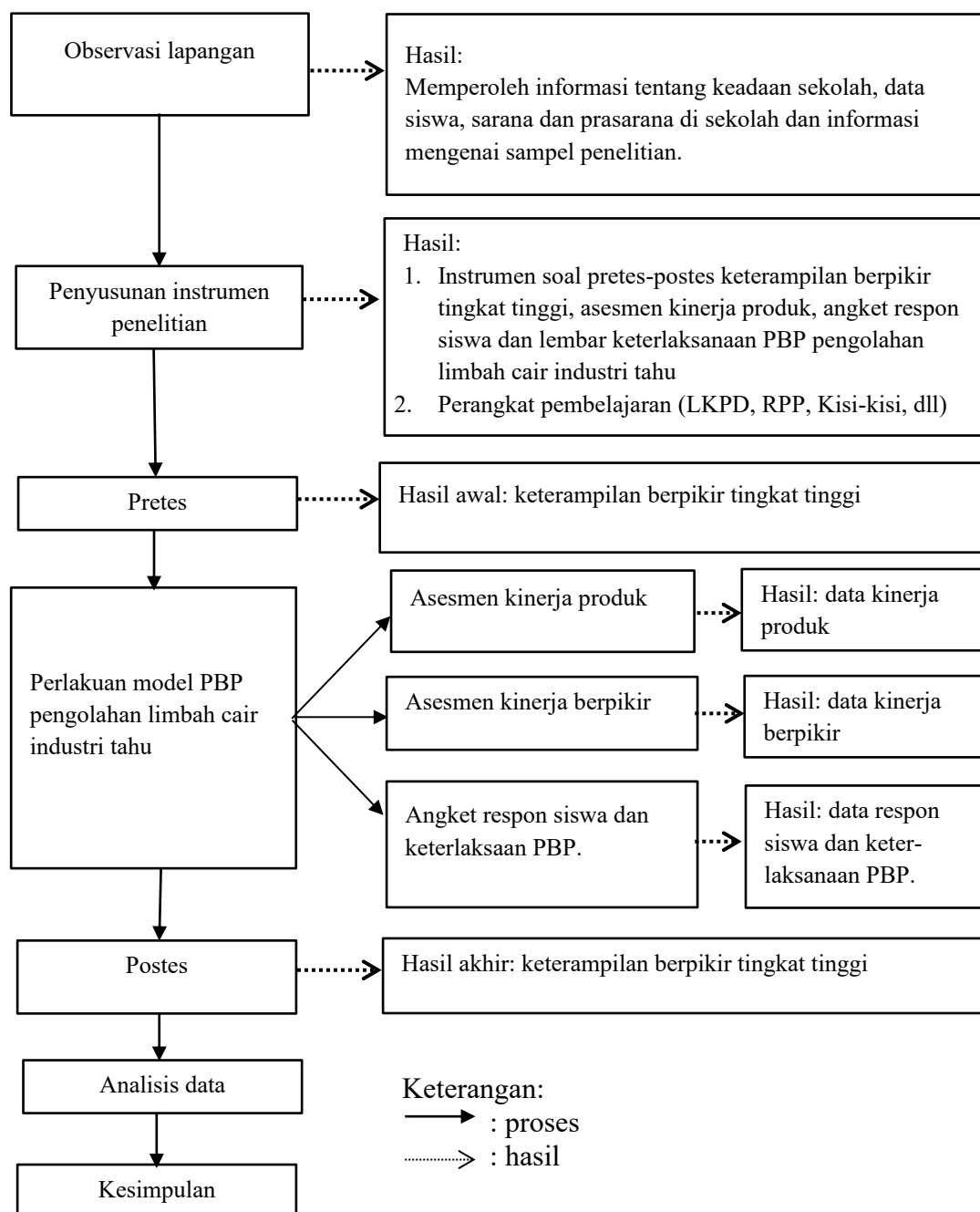
Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah soal pretes dan postes berupa soal uraian keterampilan berpikir tingkat tinggi, angket respon siswa terhadap PBP pengolahan limbah cair industri tahu, lembar keterlaksanaan PBP pengolahan limbah cair tahu industri, asesmen kinerja produk siswa dan kinerja produk berpikir dan perangkat pembelajaran.

Soal pretes dan postes keterampilan berpikir tingkat tinggi berjumlah 5 soal uraian. Asesmen kinerja produk berpikir berupa jawaban tertulis di dalam LKPD. Penilaian produk didasarkan pada rubrik penilaian dengan skor tertinggi 3 dan skor terendah 1. Asesmen kinerja produk berupa hasil produk. Penilaian produk didasarkan pada rubrik penilaian dengan skor tertinggi 7 dan skor terendah 5. Angket respon siswa menggunakan skala likert 1-4 yang terdiri dari 10 item mengenai kegiatan PBP pengolahan limbah cair industri tahu yang setiap itemnya memiliki kategori sangat setuju, setuju, tidak setuju, dan sangat tidak setuju. Lembar keterlaksanaan PBP pengolahan limbah cair industri tahu diisi oleh guru mata pelajaran kimia yang diberikan diakhir pembelajaran. Perangkat pembelajaran berupa RPP dan LKPD berbasis proyek yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan hasil pengembangan Zulfa (2023). Instrumen yang digunakan divalidasi agar data yang diperoleh valid dan dapat dipercaya, sehingga dapat digunakan untuk mengumpulkan data.

Pengujian instrumen penelitian ini menggunakan validitas isi. Pengujian kevalidan isi dilakukan dengan cara *judgment*. Pengujian dilakukan dengan menguji kesesuaian antara soal pretes-postes dengan indikator keterampilan berpikir tingkat tinggi oleh ahli. Soal-soal tersebut harus sesuai sehingga dapat dinilai bahwa instrumen dianggap valid untuk digunakan dalam mengumpulkan data dan sesuai kepentingan penelitian yang bersangkutan.

3.6. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Prosedur pelaksanaan penelitian ini terdiri dari empat tahap, yaitu observasi, penyusunan instrumen, pengambilan data, dan analisis data. Adapun langkah-langkah penelitian ditunjukkan pada alur penelitian seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. prosedur pelaksanaan penelitian

3.6.1. Observasi

Observasi yang dilakukan di sekolah untuk meminta data tentang keadaan dan karakteristik siswa sebagai data awal untuk menentukan jumlah sampel penelitian serta sarana dan prasarana sebagai penunjang pelaksanaan penelitian, kemudian melakukan diskusi dengan guru mata pelajaran kimia terkait penentuan sampel penelitian.

3.6.2. Penyusunan instrumen

Penyusunan instrumen penelitian meliputi soal pretes dan postes berupa soal uraian yang akan digunakan sebagai data kuantitatif keterampilan berpikir tingkat tinggi, asesmen kinerja produk siswa, asesmen kinerja produk berpikir, angket respon siswa dan lembar keterlaksanaan PBP pengolahan limbah cair industri tahu. Penyusunan perangkat pembelajaran berupa LKPD kimia PBP pengolahan limbah cair industri tahu, RPP, kisi-kisi dan rubrik soal pretes dan postes.

3.6.3. Pengambilan data

Pengambilan data dilakukan dengan cara melakukan pretes dengan soal-soal indikator keterampilan berpikir tingkat tinggi untuk memperoleh keterampilan awal berpikir tingkat tinggi. Selanjutnya, melaksanakan kegiatan PBP pengolahan limbah cair industri tahu dengan menggunakan satu kelas sampel, diperoleh data kinerja produk dan kinerja produk berpikir. Setelah melakukan kegiatan PBP pengolahan limbah cair industri tahu, kemudian dilakukan postes dengan soal-soal indikator keterampilan berpikir tingkat tinggi untuk memperoleh keterampilan akhir berpikir tingkat tinggi. Lalu, siswa diberi angket respon siswa mengenai PBP pengolahan limbah cair industri tahu. Kemudian, lembar keterlaksanaan PBP pengolahan limbah cair industri tahu yang diisikan oleh guru kimia.

3.6.4. Pengolahan data

Setelah penelitian selesai dilaksanakan, didapatkan data kuantitatif berupa skor pretes dan postes dari kelas sampel. Setelah itu, dilakukan analisis data dan pengujian hipotesis dengan cara statistik untuk memperoleh kesimpulan.

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

3.6.4.1. analisis data utama

Data utama yang diperoleh pada penelitian ini adalah skor tes keterampilan berpikir tingkat tinggi sebelum penerapan pembelajaran (pretes) dan skor tes keterampilan berpikir tingkat tinggi setelah penerapan pembelajaran (postes). Analisis data utama dilakukan terlebih dahulu mengolah data skor pretes dan postes pada penilaian keterampilan berpikir tingkat tinggi secara operasional dirumuskan sebagai berikut:

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

Keterangan:

$\overline{skor}$ = rata-rata skor tes

n = jumlah siswa

$\sum skor$ = jumlah skor pretes/postes seluruh siswa

Selanjutnya, rata-rata skor pretes dan postes untuk setiap indikator dihitung untuk mengetahui peningkatan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa.

Perhitungannya sebagai berikut:

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

Keterangan:

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

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

Kemudian, skor pretes dan postes diubah menjadi persentase. Persentase skor pretes dan postes pada penilaian keterampilan berpikir tingkat tinggi secara operasional dirumuskan sebagai berikut:

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

Keterangan:

$\sum$ = jumlah

$\sum skor\ maks$ = jumlah skor maksimum

Untuk mengetahui keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa di kelas sampel, maka dilakukan analisis *n-gain* yang diperoleh siswa dalam tes. Analisis ini dihitung dengan rumus *n-gain* (Hake, 1998) sebagai berikut:

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

Setelah diperoleh *n-gain* masing-masing siswa, kemudian menghitung *n-gain* rata-rata dengan rumus berikut:

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

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

Tabel 5. Kalsifikasi *n-gain*

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

Selanjutnya, menghitung *n-gain* dari setiap indikator keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa untuk mengetahui peningkatan keterampilan siswa dalam berpikir tingkat tinggi. Perhitungan *n-gain* untuk setiap indikator dihitung dengan rumus sebagai berikut:

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

Kemudian, dalam pengujian hipotesis, skor pretes dan postes terlebih dahulu diubah menjadi nilai. Nilai pretes dan postes pada penilaian keterampilan berpikir tingkat tinggi dirumuskan sebagai berikut:

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

Lalu, dihitung nilai rata-rata pretes dan postes siswa dengan rumus berikut:

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

Keterangan:

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

n = jumlah siswa

$\sum nilai$ = jumlah nilai pretes/postes seluruh siswa

Nilai rata-rata yang diperoleh kemudian digunakan untuk pengujian hipotesis.

3.6.4.2. analisis data pendukung

Data pendukung yang dianalisis dalam penelitian ini adalah asesmen kinerja produk, asesmen kinerja produk berpikir, angket respon siswa terhadap PBP pengolahan limbah cair industri tahu, dan lembar keterlaksanaan PBP pengolahan limbah cair industri tahu yang dijelaskan secara kualitatif dan deskriptif. Analisis data untuk respon siswa dan lembar keterlaksanaan PBP yang dibuat dengan skala likert dianalisis dengan cara menghitung persentase tiap item kegiatan PBP pengolahan limbah cair industri tahu.

a. analisis data kinerja produk

Analisis data dalam asesmen kinerja produk dilakukan dengan menghitung rata-rata skor setiap indikator *task* dari hasil produk. Adapun rumusan asesmen kinerja produk yaitu:

$$\text{Skor } task = \frac{\sum \text{skor } task \text{ yang diperoleh}}{\sum \text{skor total seluruh task}} \times 100\% \dots (5) \quad (\text{Sugiyono, 2017})$$

b. analisis data kinerja produk berpikir

Analisis data dalam asesmen kinerja produk berpikir dilakukan dengan menghitung rata-rata skor setiap indikator *task* dari jawaban LKPD PBP.

Adapun rumusan asesmen kinerja proses yaitu:

$$\text{Nilai LKPD soal ke- } i = \frac{\sum \text{skor soal ke-} i}{\text{skor maksimal}} \times 100\% \dots (6) \quad (\text{Sugiyono, 2017})$$

c. analisis data respon siswa

Hasil angket respon siswa terhadap PBP pengolahan limbah cair industri tahu menggunakan angket tertutup dengan pernyataan positif dilakukan dengan cara

memberikan tanda *checklist* (✓) pada setiap kategori yang akan dipilih, pengkategorian pada angket respon siswa seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Kategori respon siswa

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

Adapun langkah-langkah analisis data respon siswa terhadap PBP pengolahan limbah cair industri tahu adalah sebagai berikut:

- 1) Menghitung persentase skor tiap item dengan rumus berikut:

$$\bar{x}_{\text{persentase skor tiap item}} = \frac{\sum \text{skor tiap item siswa}}{n \times \text{skor maksimal}} \times 100\% \dots (7)$$

- 2) Keterangan:

$$\begin{aligned} \bar{x}_{\text{persentase skor tiap item}} &= \text{rata-rata persentase skor tiap item} \\ n &= \text{banyaknya siswa dalam satu kelas} \end{aligned}$$

- 3) Menghitung persen rata-rata seluruh item dengan rumus berikut:

$$\% \bar{x}_{\text{seluruh item}} = \frac{\bar{x}_{\text{persentase skor tiap item}}}{\text{jumlah item}} \dots (8) \quad (\text{Sugiyono, 2013})$$

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

Tabel 7. Kriteria penskoran respon siswa

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

d. analisis data keterlaksanaan pembelajaran

Keterlaksanaan pembelajaran PBP pengolahan limbah cair industri tahu diukur dengan penilaian terhadap keterlaksanaan pembelajaran yang memuat tahapan dari PBP pengolahan limbah cair industri tahu menggunakan angket tertutup dengan pernyataan positif yang dilakukan dengan cara memberikan tanda *checklist* (✓) pada setiap aspek yang akan dipilih. Adapun langkah-langkah analisis data keterlaksanaan PBP pengolahan limbah cair industri tahu adalah sebagai berikut:

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

$$\text{a. } \%J_i = \frac{\sum J_i}{N} \times 100\% \dots (9)$$

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 pengolahan limbah cair industri tahu berdasarkan harga persentase ketercapaian pelaksanaan pembelajaran (Arikunto, 2002) seperti pada Tabel 8.

Tabel 8. Kriteria tingkat ketercapaian pelaksanaan

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

3.6.4.3. pengujian hipotesis

Pengujian hipotesis yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji perbedaan dua rata-rata diantara dua kelompok data. Uji perbedaan dua rata-rata dilakukan pada nilai pretes dan postes dengan menggunakan uji-*t*. Sebelum dilakukan uji perbedaan dua rata-rata, terlebih dahulu dilakukan uji normalitas kelas sampel.

a. uji normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal atau tidak, serta untuk menentukan uji yang selanjutnya apakah menggunakan uji statistik parametrik. Pada penelitian yang telah dilakukan sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal, uji normalitas dapat digunakan uji *Chi-kuadrat* menggunakan *SPSS 25.0* dengan kriteria uji *Shapiro-Wilk* dengan taraf signifikan $\alpha = 5\%$ (Sugiyono, 2019).

Hipotesis untuk uji normalitas:

H_0 : sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : sampel berasal dari populasi yang berdistribusi tidak normal

Ketentuan kriteria uji normalitas sebagai berikut:

1. Nilai signifikan $< 0,05$ maka data berdistribusi tidak normal
2. Nilai signifikan $> 0,05$ maka data berdistribusi normal

b. uji perbedaan dua rata-rata

Data yang diperoleh berdistribusi normal, maka dilakukan uji perbedaan dua rata-rata yaitu menggunakan uji *dependent sample t-test* yang digunakan untuk mengetahui seberapa efektif perlakuan terhadap sampel, dengan melihat nilai pretes dengan nilai postes keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa yang diterapkan pembelajaran menggunakan PBP pengolahan limbah cair industri tahu.

Rumusan hipotesis untuk uji ini adalah:

$H_0: \mu_1 \leq \mu_2$: Nilai rata-rata postes keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa sesudah diterapkan PBP pengolahan limbah cair industri tahu kurang dari atau sama dengan nilai rata-rata pretes keterampilan

berpikir tingkat tinggi siswa sebelum diterapkan PBP pengolahan limbah cair industri tahu.

$H_1: \mu_1 > \mu_2$: Nilai rata-rata postes keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa sesudah diterapkan PBP pengolahan limbah cair industri tahu lebih tinggi dari pada nilai rata-rata pretes keterampilan berpikir tingkat tinggi sebelum diterapkan PBP pengolahan limbah cair industri tahu.

Keterangan:

μ_1 = Nilai rata-rata postes keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa

μ_2 = Nilai rata-rata pretes keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa

Dasar pengambilan keputusan untuk uji ini adalah:

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

Setelah mendapatkan nilai t_{hitung} , selanjutnya nilai t_{hitung} dibandingkan dengan t_{tabel} dengan tingkat signifikansi 95%. Kriteria pengambilan keputusannya adalah:

$T_{tabel} > T_{hitung} = H_0$ diterima atau H_1 ditolak

$T_{tabel} < T_{hitung} = H_0$ ditolak atau H_1 diterima (Widiyanto, 2013)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Model pembelajaran berbasis proyek pengolahan limbah cair industri tahu efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa, karena dalam pembelajaran siswa diminta untuk menyelesaikan permasalahan yang dimulai dari menganalisis, mengevaluasi, hingga mencipta. Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan proyek sesuai dengan rancangan penyelesaian masalah. Keefektifan model PBP pengolahan limbah cair industri tahu dilihat dari adanya perbedaan yang signifikan nilai rata-rata pretes-postes dan rata-rata *n-gain* di kelas sampel yang berkategori sedang.

5.2. Saran

Saran bagi penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi guru dan calon peneliti yang juga tertarik dengan penelitian menggunakan model PBP pengolahan limbah cair industri tahu sebaiknya lebih memperhatikan dalam pemelihan alokasi waktu yang sesuai, sehingga proyek dapat berjalan dengan baik dan tidak berbenturan dengan kalender akademik.
2. Bagi guru yang ingin menerapkan PBP sebaiknya lebih mempersiapkan diri dengan memperluas wawasan terkait alternatif alat dan bahan yang digunakan agar nantinya dapat memandu siswa dalam menghasilkan suatu produk.

DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, M. (2019). *Panduan Penulisan Soal Hots-Higher Order Thinking Skills*. Jakarta: Pusat Penelitian Pendidikan.
- Aini, N., & Yonata, B. (2020). Implementasi model pembelajaran inkuiri terbimbing pada materi kesetimbangan kimia untuk melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi. *UNESA Jurnal Pendidikan Kimia*, 9(2), 238-244.
- Akhiralimi, N., Fitriani, A., Sari, I. P., & Maulidah, R. (2022). *Analisis keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa sma pada pembelajaran fisika (analisis keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa SMA)*.
- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A Taxonomy For Learning, Teaching, And Assessing: A Revision Of Bloom's Taxonomy Of Educational Objectives*. New York: Longman.
- Andriyani, R., Shimizu, K., & Widiyatmoko, A. (2019). The effectiveness of project-based learning on students' science process skills: a literature review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1321(3).
- Apipah, S. N., Farida, I., & Sari. (2019). Pengembangan kemampuan berpikir kreatif mahasiswa melalui pembelajaran berbasis proyek pada pembuatan model molekul dari limbah anorganik. *Jurnal Riset Pendidikan Kimia*, 9(2), 87-93.
- Arikunto, S. (2002). *Prosedur Penelitian*. Jakarta: Rineka Cipta
- Asril, M., Oktaviani, I., & Leksikowati, S. (2019). Isolasi bakteri indigineous dari limbah cair tahu dalam mendegradasi protein dan melarutkan fosfat. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 20(1), 67.
- Astuti, R. (2015). Meningkatkan kreativitas siswa dalam pengolahan limbah menjadi trash fashion melalui PjBL. *BIOEDUKASI*, 8(2), 37-41.

- Astuti, M. D., Fadiawati, N., & Saputra, A. (2019). Meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa sma menggunakan pembelajaran berbasis proyek daur ulang minyak jelantah. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia*, 8(2), 445-457.
- Astuti, Waluya, S. B., & Asikin, M. (2019). Strategi pembelajran dalam menghadapi tantangan era revolusi 4.0. *Seminar Nasional Pascasarjana 2019*, 2(1), 469–473.
- Beddu, S. (2019). Implementasi pembelajaran higher order thinking skills (HOTS) terhadap hasil belajar peserta didik. *Jurnal Pemikiran Dan Pengembangan Pembelajaran*, 1(3), 71–84.
- Broto, W., Arfian, F., Supriyo, E., Pudjihastuti, I., Safitri, E. V., Shultoni, M. A. (2021). Pemanfaatan limbah cair tahu menjadi pupuk organik cair di desa sugihmanik. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 60-62.
- Cahyani, M. R., Zuhaela, I. A., Saraswati, T. E., Raharjo, S. B., Pramono, E., Wahyuningsih, S., Lestari, W. W., & Widjonarko, D. M. (2021). Pengolahan limbah tahu dan potensinya. *Proceeding of Chemistry Conferences*, 6, 27.
- Chandra, F. E., Sisjawati, F. S., & Lutfiah, H. (2019). pentingnya meningkatkan hots dan aq siswa guna mempersiapkan siswa menghadapi era revolusi industri 4.0 bagi guru smks al-akhyar wonokusumo bondowoso. *Jurnal Pengamas*, 2(2), 95–103.
- Delostrico, R. (2019). Project-based learning (PBL) in teaching chemistry. *International Journal of Current Research*, 11(7), 5657-5663.
- Diawati, C., Fadiawati, N., & Syamsuri, M. F. (2019). Constructing a simple distillation apparatus from used good by using project-based learning. *Periodico Tche Quimica*, 16, 207-213.
- (2021). Development of the performance assessment based on cassava peel waste project to measure creative thiking skills of junior high school students. *Jurnal pendidikan MIPA*, 22(2), 305-311.
- Diawati, C., Liliyasi, Setiabudi, A., & Buchari. (2017). Students' construction of a simple steam distillation apparatusand development creative thinking skills: A project-based learning. *American Institute of Physics*.
- (2018). 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.

- Dewi, M. R. (2022). Kelebihan dan kekurangan project-based learning untuk penguatan profil pelajar pancasila kurikulum merdeka. *Inovasi Kurikulum*, 19(2), 213-226.
- Evanita, S., Afdal, Z., & Rino. (2022). Electronic project-based learning to improve effectiveness of teaching. *Proceedings of the Eighth Padang International Conference On Economics Education, Economics, Business and Management, Accounting and Entrepreneurship*, 659, 654-657.
- Fadiawati, N & Syamsuri, M. M. F. (2018). *Merancang Pembelajaran Kimia di Sekolah*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Fauziah, D. A., Erman, Susiyawati, E., & Budiyanto, M. (2023). Implementation of project-based learning models to improve science literacy of junior high school students. *J. Pijar MIPA*, 18(2), 176-182.
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). *How To Design and Evaluate Research In Education Eighth Edition*. The McGraw-Hill Companies: New York.
- Ghufron, M. A. (2018). Revolusi industri 4.0: tantangan, peluang dan solusi bagi dunia pendidikan. *Seminar Nasional dan Diskusi Panel Multidisipin Hasil Penelitian & Pengabdian kepada Masyarakat*.
- Guo, P., Saab, N., Wu, L., & Admiraal, W. (2021). The Community of Inquiry perspective on students' social presence, cognitive presence, and academic performance in online project-based learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(5), 1479–1493.
- Hadi, A., & Ramadhana, R. (2022). Efektivitas model pembelajaran berbasis proyek (project based learning) terhadap kemampuan berpikir tingkat tinggi kelas viii-a mts negeri 2 makassar. *EQUALS: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, 5(1), 46–54.
- Haerani, R., Kusnadi, & Rahman, T. (2022). Meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA melalui pembelajaran proyek mini riset pada kegiatan pengelolaan limbah rumah tangga. *ASSIMILATION: Indonesian Journal of Biology Education*, 5(2), 106-112.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagment versus tradional methods: A siz thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 33-38.
- Hamidah, I., & Citra, S. Y. (2021). Efektivitas model pembelajaran project-based learning (PjBL) terhadap minat dan hasil belajar siswa. *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 4(2) , 301-314.

- Harahap, N. J., & Rafika, M. (2020). Industrial revolution 4.0: and the impact on human resources. *Journal Ecobisma*, 7(1), 89-96.
- Hatina, S., Komala, R., & Wahyudi, R. (2020). Pemanfaatan HCl dan CaCl_2 sebagai zat aktivator dalam pengolahan limbah industri tahu. *Jurnal Redoks*, 5(1), 20-31.
- Hayon, V., Wariani, T., & Bria, C. (2017). Pengaruh kemampuan berpikir tingkat tinggi (high order thinking) terhadap hasil belajar kimia materi pokok laju reaksi mahasiswa semester I program studi pendidikan kimia fkip unwira kupang tahun akademik 2016/2017. *Seminar Nasional Pendidikan Sains II UKSW*.
- Ijai, Subagiyo, L., Nurlaili, & Usman. (2021). The Effectiveness of using learning media 3d pop-up chemistry assisted by project-based learning (PjBL) learning model against student learning outcomes in SMA Negeri 12 samarinda. *IOSR Journal of Research & Method in Education (IOSR-JRME)*, 11(2), 45-50.
- Insani, N., Fadiawati, N., Rudibyani, R. B., & Syamsuri, M. F. (2018). Using project-based learning in improving students' critical thinking skills to separate of mixtures. *International Journal of Chemistry Education Research*, 2(2), 85-89.
- Iswantari, I. (2021). Implementasi model pembelajaran berbasis proyek untuk meningkatkan hasil belajar IPA. *Jurnal Paedagogy*, 8(4), 490.
- Jannah, S. N., Kusdiyantini, E., & Lunggani, A. T. (2010). Pemanfaatan limbah cair tahu menjadi minuman fungsional oleh bakteri asam laktat dan uji aktivitasnya dalam menurunkan kadar kolesterol secara invitro. *International Seminar Lactic Acid Bacteria & Other Important Microbes*.
- Juliastari, J., Artayasa, I. P., & Merta, I. W. (2022). Pengaruh pembelajaran berbasis proyek dengan pendekatan sains teknologi masyarakat terhadap kreativitas ilmiah siswa. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(2), 337-343.
- Kayambe, C., & Nel, D. (2019). Challenges and opportunities for education in the fourth industrial revolution. *African Journal of Public Affairs*, 11(3), 79-94.
- Katjo, M. B., & Irwansyah. (2018). Pemanfaatan air limbah tahu sebagai bahan bakar biogas pada kompor. *Jurnal Teknik Mesin*, 7(2), 96-106.
- Kristiyono, A. (2018). Urgensi dan penerapan higher order thinking skills. *Jurnal Pendidikan Penabur*, 17(31), 36-46.

- Kurnianingsih, R., Nurrijawati, Pebdiani, S. A., Suparman, Fitriana, N. Z., Ghazali, M., Prasedya, E. S., Astuti, S. P., & Sunarpi. (2019). Pemanfaatan limbah cair tahu menjadi produk nata de soya berbasis rumput laut. *Prosiding PEPADU*, 1(September), 303–307.
- Kurniawansyah, E., Fauzan, A., & Mustari, M. (2022). Dampak sosial dan lingkungan terhadap pencemaran limbah pabrik. *CIVICUS : Pendidikan-Penelitian-Pengabdian Pendidikan Pancasila Dan Kewarganegaraan*, 10(1), 14–20.
- Mahanal, Susriyati. (2019). Asesmen keterampilan berpikir tingkat tinggi. *Jurnal Penelitian dan Pengkajian Ilmu Pendidikan: e-Saintika*, 3(2), 1-73.
- Mardhiyah, R. F., Aldriani, S. N. F., Chitta, F., & Muhammad R. Z. (2021). Pentingnya keterampilan belajar di abad 21 sebagai tuntutan dalam pengembangan sumber daya manusia: *Jurnal Pendidikan*, 12(1).
- Marliyana, S. D., Fatrozi, S., Inas, D., Rakhman, F., Firdaus, M., Kusumaningsih, T., Handayani, D. S., & Suryanti, V. (2020). Pengolahan limbah cair tahu menjadi nata de soya melalui proses fermentasi. *Procceding of Chemistry Conferences*, 6, 34-37.
- Maulani, M., Satiyawira, B., Nugrahanti, A., Apriniyadi, M., Nurfajrin, Z. D., Young, H., & Disaputra, M. K. (2021). Utilization of tofu industrial waste treatment using bentonite. *Community Empowerment*, 6(10), 1892–1898.
- Niswara, R., Muhajir, M., & Untari, M. F. A. (2019). Pengaruh model project based learning terhadap high order thinking skill. *Mimbar PGSD Undiksha*, 7(2), 85–90.
- Prayitno, P., Rulianah, S., & Nurmahdi, H. (2020). Pembuatan biogas dari limbah cair tahu menggunakan bakteri indigeneous. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 4(2), 90–95.
- Putri, A. N., & Fatimah, S. (2021). Karakteristik nata de soya dari limbah cair tahu dengan pengaruh penambahan ekstrak jeruk nipis dan gula. *Indonesian Journal of Chemical Analysis*, 4(2), 47-57.
- Putri, I. N. A., Fadiawati, N., & Syamsuri, M. F. (2019). Using project-based learning in improving students' critisal thinking skills to recycle waste cooking oil. *International Journal of Chemsitry Education Research*, 3(1), 23-28.
- Putriani, J. D., & Hudaidah. (2021). Penerapan pendidikan indonesia di era revolusi industri 4.0. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 3(3), 831-838.

- Rahmawati, S. H., & Puspitaningrum, C. (2022). Analisis pengolahan air limbah industri tahu dan efektivitasnya terhadap masyarakat dan lingkungan di bandar lampung. *Open Science Technology*, 02(01), 54–61.
- Rajagukguk, K. (2020). Pengolahan limbah cair tahu menjadi biogas menggunakan reaktor biogas portabel. *Quantum Teknika : Jurnal Teknik Mesin Terapan*, 1(2).
- Rambe, T. R. (2019). Penerapan model pembelajaran yang mampu untuk meningkatkan hasil belajar kimia dan karakter komunikatif serta rasa ingin tahu pada materi kimia larutan. *Jurnal Sintaksis*, 1(1), 1-11.
- Rasmito, A., Hutomo, A., & Hartono, A. P. (2019). Pembuatan pupuk organik cair dengan cara fermentasi limbah cair tahu, starter filtrat kulit pisang dan kubis, dan bioaktivator EM4. *Jurnal IPTEK*, 23(1), 55–62.
- Retnaningsih, D. (2019). Tantangan dan strategi guru di era revolusi industri 4.0 dalam meningkatkan kualitas pendidikan. *Prosiding Seminar Nasional: Kebijakan Dan Pengembangan Pendidikan Di Era Revolusi Industri 4.0*, September, 23–30.
- Rhashvinder K. A. Singh , Charanjit K. S. Singh , Tunku M. T. M. , Nor A. Mostafa & Tarsem S. M. Singh. (2018). A review of research on the use of higher order thinking skills to teach writing. *International Journal of English Linguistics*, 8(1), 86-93.
- Sahin, S., & Kilic, A. (2023). Effectiveness of the project-based 6E learning model. *European Journal of Open, Distance and E-Learning*, 25(1), 31-48.
- Salamnca, J. C. G., Agudelo, O. L., dan Salinas, J. (2020). Key competences, education for sustainable development and strategies for the development of 21st century skills. A sysematic literature review. *Sustainability*, 12(10366), 1-17.
- Samsi, Ahman, E., Disman, & Sobandi, A. (2023). The effectiveness of internet-based project-based learning (PjBL) learning models on 21st century digital literacy capabilities. *SSRN Electronic Journal*, 1-7.
- Sarif, Y., Fadiawati, N., & Syamsuri, 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*, 3(1), 29-34.
- Sarkono, Musipah, A., Jupri, A., Rohyani, I. S., & Hadi, I. (2018). Pemanfaatan limbah cair pengolahan tahu untuk pembuatan nata de soya di kelurahan kekalik jaya kota mataram. *Prosiding PKM-CSR*, 1.

- Sarofah, A. K. (2021). Pengaruh limbah tahu terhadap kualitas air sungai di desa mejing kecamatan candimulyo. *Indonesian Journal of Natural Sceince Education (IJNSE)*, 4(1), 400-403.
- Shaskia, N., & Yunita, I. (2021). Persepsi masyarakat terhadap dampak limbah tahu di sekitar sungai. *Journal of Civil Engineering*, 10(2), 59-68.
- Siswati, S. (2019). Pengembangan soft skills dalam kurikulum untuk menghadapi revolusi industri 4.0. *Edukadi: Jurnal Pendidikan*, 17(2), 264-273.
- Simamora, K. F. (2022). Kemampuan HOTS siswa melalui model PjBL ditinjau dari kemampuan literasi kimia siswa. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Kimia*, 4(1), 55-65.
- Sudjana. (2005). *Metode Statistika*. Bandung: Tarsito.
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, CV.
- (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, CV.
- (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, CV.
- Suhairin, S., Muanah, M., & Dewi, E. S. (2020). Pengolahan limbah cair tahu menjadi pupuk organik cair di lombok tengah ntb. *SELAPARANG Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 4(1), 374.
- Syahri, A. A., & Ahyana, N. (2021). Analisis kemampuan berpikir tingkat tinggi menurut teori anderson dan krathwohl. *Jurnal Riset Dan Inovasi Pembelajaran*, 1(1), 41–52.
- Veliesa, G., Haji, S., Sumardi, H., & Budi, A., S. (2023). Meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi dan hasil belajar siswa melalui model project based learning di kelas VIII MTs baitul makmur, kota bengkulu. *Journal of Mathematics Education and Science*, 8(2), 196-202
- Widiyanto, Agus Mikha. (2013). *Statistika Terapan*. Jakarta: PT. Elex Media.
- Wijayanti, K., Wulandari, N., Sevira, D. I. I., Fridianyah, A., & Mariyati, Y. (2021). Pemberdayaan home industri utami bersama pkk mawar dalam pemanfaatan limbah cair tahu menjadi produk nata de soya sebagai usaha konservasi di dusun jligudan borobudur. *Community Empowerment*, 6(2), 223–229.

- Yusriani, Arsyad, M., & Arafah, K. (2020). Kesulitan guru dalam mengimplementasikan model pembelajaran berbasis proyek pada mata pelajaran fisika di SMA negeri kota makassar. *Prosiding Seminar Nasional Fisika PPs UNM*, 2, 138-141.
- Yusika, I., & Turdjai, T. (2021). Penerapan model pembelajaran berbasis proyek (pjbl) untuk meningkatkan kreativitas siswa. *Diadik: Jurnal Ilmiah Teknologi Pendidikan*, 11(1), 17–25.
- Zuhairiah, Marpaung, J. K., & Silitonga, M. (2020). Pemanfaatan limbah cair tahu menjadi nata de soya menggunakan bakteri acetobacter xylinum. *Farmanesia*, 7(2), 28-32.
- Zulfa, Nisrina Dewi. (2023). Pengembangan e-LKPD proyek pemanfaatan limbah cair tahu berorientasi pada keterampilan berpikir kritis siswa.