

**EFEKTIVITAS PjBL-STEM PEMBUATAN BIOGAS DARI KOTORAN
SAPI DALAM MENINGKATKAN KETERAMPILAN
BERPIKIR KREATIF SISWA SMA**

(Skripsi)

**Oleh
Feralia Safitri
NPM 2113023080**



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

ABSTRAK

EFEKTIVITAS PjBL-STEM PEMBUATAN BIOGAS DARI KOTORAN SAPI DALAM MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF SISWA SMA

Oleh

FERALIA SAFITRI

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan efektivitas model PjBL-STEM pembuatan biogas dari kotoran sapi dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa SMA. Metode dalam penelitian ini adalah *weak experimental* dengan desain *one group pretest-posttest*. Instrument yang digunakan dalam penelitian ini yaitu soal pretes dan postes, lembar observasi angket respon siswa, penilaian kinerja produk, keterlaksanaan pembelajaran, dan LKPD. Populasi dalam penelitian ini yaitu seluruh siswa kelas XI. F SMA Negeri 13 Bandar Lampung tahun ajaran 2024/2025. Pengambilan sampel menggunakan teknik *purposive sampling*, sehingga didapatkan sampel penelitian yaitu kelas XI. F4. Teknik analisis data yang digunakan yaitu analisis data kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *n-gain* rata-rata keterampilan berpikir kreatif siswa yaitu 0,46 yang berkategori sedang dan terdapat perbedaan yang signifikan antara skor rata-rata pretes dan postes. Produk yang dihasilkan pada PjBL-STEM yaitu biogas dengan skor rata-rata kelompok sebesar 6,91. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa PjBL-STEM pembuatan biogas dari kotoran sapi efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa.

Kata kunci : PjBL-STEM, keterampilan berpikir kreatif, kotoran sapi

ABSTRACT

THE EFFECTIVENESS OF PjBL-STEM IN THE PRODUCTION OF BIOGAS FROM COW MANURE IN IMPROVING THE CREATIVE THINKING SKILLS OF HIGH SCHOOL STUDENTS

By

FERALIA SAFITRI

This study aims to describe the effectiveness of the PjBL-STEM model for making biogas from cow dung in improving the creative thinking skills of high school students. The method in this study is weak experimental with a one group pretest-posttest design. The instruments used in this study were pretest and posttest questions, student response questionnaire observation sheets, product performance assessments, learning implementation, and LKPD. The population in this study were all students of class XI. F SMA Negeri 13 Bandar Lampung in the 2024/2025 academic year. Sampling used a purposive sampling technique, so that the research sample was class XI. F4. The data analysis technique used was quantitative data analysis. The results showed that the average n-gain of students' creative thinking skills was 0.46 which was categorized as moderate and there was a significant difference between the average pretest and posttest scores. The product produced in PjBL-STEM was biogas with an average group score of 6.91. Based on this, it can be concluded that PjBL-STEM for making biogas from cow dung is effective in improving students' creative thinking skills.

Key words : PjBL-STEM, creative thinking skills, cow manure

**EFEKTIVITAS PjBL-STEM PEMBUATAN BIOGAS DARI KOTORAN
SAPI DALAM MENINGKATKAN KETERAMPILAN
BERPIKIR KREATIF SISWA SMA**

Oleh

Feralia Safitri

Skripsi

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

Pada

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



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

Judul Skripsi

: **EFEKTIVITAS PjBL-STEM PEMBUATAN BIOGAS DARI KOTORAN SAPI DALAM MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF SISWA SMA**

Nama Mahasiswa

: **Ferialia Safitri**

Nomor Pokok mahasiswa

: 2113023080

Program Studi

: Pendidikan Kimia

Jurusan

: Pendidikan MIPA

Fakultas

: Keguruan dan Ilmu Pendidikan

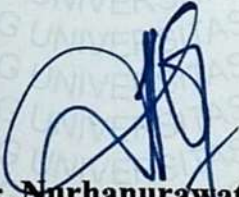


1. Komisi Pembimbing


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


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

2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA


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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

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

Sekretaris

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

Penguji

Bukan Pembimbing : **Dr. M. Setyarini, M.Si.**

2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan



Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd.

NIP 19870504 201404 1 001

Tanggal lulus ujian skripsi : 19 Juni 2025

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ferialia Safitri
Nomor Pokok Mahasiswa : 2113023080
Program Studi : Pendidikan Kimia
Jurusan : Pendidikan MIPA

Menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila ternyata di kemudian hari terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka saya akan bertanggungjawab sepenuhnya.

Bandar Lampung, 19 Juni 2025
enyatakan,



Ferialia Safitri
NPM 2113023080

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Menggala, pada tanggal 10 Mei 2002, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Yurni dan Ibu Meliya Wati. Pendidikan formal diawali pada tahun 2008 di TK Negeri 1 Pembina dan lulus pada tahun 2009. Kemudian pada tahun 2009 melanjutkan pendidikan di SD

Negeri 2 Ujung Gunung Ilir dan lulus pada tahun 2015. Selanjutnya pada tahun 2015 melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 2 Menggala dan lulus pada tahun 2018. Pada tahun yang sama melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Menggala dan lulus pada tahun 2021.

Pada tahun 2021, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Pendidikan Kimia, Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung melalui jalur PMPAP. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah bergabung sebagai anggota bidang minat dan bakat dalam Forum Silaturahmi Mahasiswa Pendidikan Kimia dan pada tahun 2023 pernah menjadi Komdis (Komisi Disiplin) Anorganik Fosmaki.

Pengalaman mengajar dan mengabdikan yang pernah diikuti selama perkuliahan yaitu PLP (Praktik Pengenalan Lapangan Persekolahan) yang terintegrasi dengan KKN (Kuliah Kerja Nyata) di Desa Sumber Agung, Kec. Sragi, Kab. Lampung Selatan, Prov. Lampung, pada tahun 2024.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'alamiin, puji syukur kepada Allah SWT atas segala Rahmat dan Karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik, ku-persembahkan skripsi ini kepada :

Ayahku tercinta Yurni dan ibunda tersayang Meliya Wati

Terima kasih atas ridho, dukungan, dorongan, kerja keras, serta do'a yang senantiasa dipanjatkan dalam sujudmu untuk mengiringi langkahku dalam mencapai kesuksesan. Terima kasih sudah menjadi motivasi dan alasan terbesarku untuk tetap terus melangkah. Semoga segala upaya, kerja keras, pengorbanan, dan do'a di gantikan dengan pahala yang berlipat ganda.

Kakakku Rian Heryuza dan Adikku Yusti Rahmalia

Terima kasih atas do'a, dukungan, dan kasih sayang yang diberikan.

Teruntuk keluargaku dan teman-teman tercinta yang senantiasa memberikan motivasi, semangat, dan kasih sayangnya.

Almamater Tercinta Universitas Lampung

MOTTO

“Jangan menunggu bisa untuk memulai, tapi mulailah hingga bisa”

(Lisantera)

SANWACANA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Efektivitas PjBL-STEM Pembuatan Biogas Dari Kotoran Sapi dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa SMA” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pendidikan. Dukungan dari berbagai pihak sangat membantu dalam penyelesaian skripsi ini. Pada kesempatan ini disampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd., selaku Dekan FKIP Universitas Lampung;
2. Ibu Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku ketua Jurusan Pendidikan MIPA;
3. Ibu Dr. M. Setyarini, M.Si., selaku ketua Program Studi Pendidikan Kimia sekaligus Pembahas atas masukan, perbaikan, serta motivasi yang diberikan;
4. Ibu Dr. Noor Fadiawati, M.Si., selaku Pembimbing I yang tidak hanya membimbing secara akademik tetapi juga menjadi pengarah, penyemangat, dan motivator yang luar biasa. Terima kasih atas saran, kesabaran, waktu, dan kemudahan di setiap proses dalam penyelesaian skripsi ini;
5. Prof. Dr. Chansyanah Diawati, M.Si., selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, saran, dan motivasinya dalam penyelesaian skripsi ini;
6. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Pendidikan Kimia dan seluruh staf Jurusan Pendidikan MIPA, FKIP Universitas Lampung, atas ilmu yang diberikan;
7. Bapak Febriansah, S.Pd., M.Pd., selaku kepala sekolah SMA Negeri 13 Bandar Lampung, dan Ibu Eka Apriawati, S.Pd., M.Sc., selaku guru mata pelajaran kimia, dan siswa SMA Negeri 13 Bandar Lampung khususnya kelas XI. F4 atas bantuan dan kerjasamanya selama penelitian berlangsung;

8. Kedua orang tuaku Bapak Yurni dan Ibu Meliya Wati atas perjuangan dalam mengupayakan segala sesuatu yang terbaik untuk kehidupan penulis. Terima kasih atas restu yang tidak pernah putus, dukungan yang tidak mengenal lelah, semangat yang selalu menguatkan, serta doa-doa yang mengiringi setiap langkah penulis. Dalam kasih sayang kalian, penulis menemukan rasa aman, dalam perhatian kalian penulis merasa berarti, dan dalam pengorbanan kalian penulis menemukan alasan terbesar untuk terus melangkah dan menyelesaikan pendidikan;
9. Atuk Hermansyah Siddik dan ateh Pirlina Zakariah atas doa, dukungan moral maupun materil serta yang senantiasa menunggu kesuksesan penulis;
10. Kakakku Rian Heryuza dan kakak iparku Eva Lestari atas perhatian dan dukungan baik moral maupun materil yang diberikan kepada penulis;
11. Adikku satu-satunya Yusti Rahmalia atas perhatian dan kasih sayang yang diberikan;
12. Bapak/ibu guru SMAN 1 Menggala, khususnya abi Ridhamsyah, S.H., umi Noviliana, S.Sos.I., dan bunda Mismawati, S.Pd., atas perhatian dan segala upaya yang dilakukan untuk membantu dalam meminta izin kepada orang tua penulis, hingga pada akhirnya penulis dapat melanjutkan Pendidikan yang sangat diimpikan;
13. Mami Mala dan One Meri atas segala bantuan yang diberikan dan dengan sabar menemani segala proses seleksi penerimaan mahasiswa baru yang penulis ikuti;
14. Teman-teman tersayang yang sudah penulis anggap seperti saudara perempuan Wulan Kurniati, Dea, dan Laila atas kasih sayang, perhatian, kesediaan waktu, bantuan, dan menjadi tempat yang nyaman bagi penulis dalam berkeluh kesah;
15. Teman-teman seperjuangan Allya dan Nisa yang penulis temui pada saat kegiatan Kuliah Kerja Nyata atas perhatian dan kesediaan waktu dalam menemani dan menghibur penulis saat lelah;
16. Rekan skripsi Kartika Tiara Putri dan M. Amri Rosyid yang telah membantu, berjuang bersama, dan memberikan semangat dalam menyelesaikan skripsi;

17. Serta semua pihak yang tidak bisa sebutkan satu persatu yang telah membantu sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

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

Bandar Lampung, 19 Juni 2025

Penulis,

Feralia Safitri

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Manfaat Penelitian.....	4
E. Ruang Lingkup	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Model Pembelajaran PjBL-STEM	6
B. Keterampilan Berpikir Kreatif.....	8
C. Biogas.....	10
D. Kotoran Sapi.....	12
E. Penelitian Relavan.....	13
F. Kerangka Pemecahan Masalah.....	15
G. Kerangka Pemikiran	16
H. Hipotesis Penelitian.....	19
III. METODE PENELITIAN.....	20
A. Populasi dan Sampel Penelitian.....	20
B. Jenis dan Sumber Data	20
C. Metode dan Desain Penelitian	21
D. Variabel Penelitian	21
E. Instrumen penelitian dan Validitas Instrumen.....	21
F. Prosedur Pelaksanaan Penelitian	23
G. Teknik Analisis Data dan Pengujian Hipotesis	26

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	32
A. Hasil Penelitian.....	32
B. Pembahasan	40
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	51
A. Kesimpulan.....	51
B. Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA.....	52
LAMPIRAN.....	58
1. Rekapitulasi skor pretes dan postes, uji statistik, dan n-gain.....	59
2. Angket Respon Siswa terhadap Proses Pembelajaran.....	62
3. Task kriteria penilaian kinerja produk	67
4. Rekapitulasi lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran	68

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Indikator keterampilan berpikir.....	9
Tabel 2. Penelitian relavan mengenai pembelajaran model PjBL-STEM.....	14
Tabel 3. Desain penelitian One Group Pretest-posttest.....	21
Tabel 4. Klasifikasi <i>n-gain</i>	27
Tabel 5. Kategori respon siswa.....	28
Tabel 6. Kriteria penskoran respon siswa.....	28
Tabel 7. Kriteria tingkat ketercapaian pelaksanaan pembelajaran.....	29
Tabel 8. Hasil uji normalitas sampel penelitian.....	34
Tabel 9. Uji perbedaan dua rata-rata.....	34
Tabel 10. Persentase skor respon siswa.....	35
Tabel 11. Skor kinerja produk tiap kelompok.....	36
Tabel 12. Data hasil keterlaksanaan pembepembelajaran model PjBL-STEM.....	38
Tabel 13. Penilaian LKPD.....	39

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Reaksi pembentukan biogas.....	12
Gambar 2. Kerangka pemecahan masalah.....	16
Gambar 3. Kerangka pemikiran.....	19
Gambar 4. Diagram alir penelitian.....	25
Gambar 5. Rata-rata skor tes.....	32
Gambar 6. Rata-rata skor pretes-postes indikator berpikir kreatif.....	33
Gambar 7. Rata-rata n-gain masing-masing indikator berpikir kreatif.....	33
Gambar 8. Jawaban siswa tahap <i>reflection</i>	41
Gambar 9. Jawaban siswa tahap research sebelum dikonsultasi.....	42
Gambar 10. Jawaban siswa tahap research sesudah dikonsultasi.....	43
Gambar 11. Jawaban siswa tahap discovery sebelum dikonsultasi.....	44
Gambar 12. Jawaban siswa tahap discovery sesudah konsultasi.....	45
Gambar 13. Jawaban siswa terhadap variabel sebelum dikonsultasi.....	45
Gambar 14. Jawaban siswa terhadap variabel setelah konsultasi.....	45
Gambar 15. Gambar percobaan.....	47
Gambar 16. Jawaban siswa terkait modifikasi prosedur sebelum dikonsultasi....	47
Gambar 17. Jawaban siswa terkait modifikasi prosedur setelah dikonsultasi.....	48
Gambar 18. Uji yala api.....	49
Gambar 19. Presentasi Kelompok.....	49
Gambar 20. Alat digester.....	50

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Keterampilan berpikir kreatif merupakan suatu proses berpikir yang digunakan untuk menghasilkan ide-ide baru dalam menyelesaikan masalah yang dihadapi individu berdasarkan objek, situasi, atau masalah tertentu (Biazus & Mahtari, 2022; Wijayati et al., 2019). Keterampilan ini menjadi salah satu kompetensi yang sangat dibutuhkan pada abad ke-21, sehingga terus menjadi fokus penelitian selama lebih dari 5 tahun terakhir (Thornhill-Miller et al., 2023). Siswa yang memiliki keterampilan berpikir kreatif mampu untuk merumuskan ide-ide baru, menemukan alternatif solusi dalam memecahkan masalah kehidupan sehari-hari, serta menciptakan hipotesis yang autentik, sehingga membantu siswa menghadapi tantangan dengan berbagai perspektif dan pendekatan inovatif (Dewi & Mashami, 2019; Wijayati et al., 2019; Biazus & Mahtari, 2022; Albab et al., 2021).

Faktanya di Indonesia, keterampilan berpikir kreatif siswa secara umum masih tergolong rendah. Berdasarkan hasil survey *Program for International Student Assessment* (PISA) yang dirilis oleh *Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD), siswa Indonesia mendapat skor rata-rata 19 dari 60 point rata-rata OECD, hal ini menandakan bahwa siswa di Indonesia lebih rendah jika dibandingkan dengan rata-rata OECD dalam pemikiran kreatif (OECD, 2024). Selain fakta yang tercermin dalam hasil PISA, rendahnya kemampuan berpikir kreatif siswa juga dibuktikan dengan adanya hasil penelitian yang menyatakan bahwa, kemampuan berpikir kreatif siswa di sekolah cenderung masih rendah (Rahman et al., 2019; Madyani et al., 2020; Perdana et al., 2020; Salma et al., 2024). Fakta tersebut diperkuat dengan hasil observasi dan wawancara yang dilakukan oleh peneliti di SMA Negeri 13 Bandar Lampung, diperoleh informasi

bahwa pembelajaran di sekolah, khususnya pada mata pelajaran kimia, dominan masih menerapkan metode pembelajaran yang berpusat pada guru (*teacher centered learning*). Dalam metode ini, guru lebih fokus mengajarkan kurikulum yang terstruktur, sehingga siswa tidak terbiasa mengatasi masalah yang ada pada mata pelajaran. Akibatnya, siswa kesulitan menghubungkan berbagai konsep yang telah dipelajari untuk menyelesaikan masalah tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kreatif mereka belum terasah dengan baik dan belum berkembang secara optimal. Oleh karena itu, keterampilan berpikir kreatif siswa perlu dikembangkan.

Keterampilan berpikir kreatif dapat dikembangkan melalui cara penerapan konteks nyata dalam kegiatan pembelajaran berbasis proyek (Niswah et al., 2024). Konteks nyata yang dimaksud dapat berupa fenomena nyata dalam kehidupan sehari-hari yang diberikan kepada siswa untuk menghasilkan suatu produk nyata (Fitriyah & Ramadani, 2021; Lou et al., 2017). Salah satu konteks nyata yang kita hadapi dalam kehidupan sehari-hari adalah kelangkaan energi (Srivastava, 2024). Berdasarkan *Total Final Energy Consumption* (TFEC), Indonesia tergolong sebagai konsumen energi terbesar (38%) di Asia Tenggara, yang menyebabkan cadangan bahan bakar fosil semakin menipis dari waktu ke waktu (Yulianto et al., 2019)

Untuk mengatasi kelangkaan energi tersebut, langkah yang dapat diambil adalah mengembangkan energi alternatif dengan memanfaatkan sumber daya alam, yang tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga dapat mendukung ketahanan energi dan pertumbuhan ekonomi (Srivastava, 2024; Jafari-Sejahrood et al., 2019; Hilda et al., 2021). Hal ini sejalan dengan tujuan *Sustainable Development Goals* (SDGs), yang mengutamakan pendidikan untuk mendukung pembangunan berkelanjutan dengan memperhatikan dampak terhadap lingkungan, sosial, dan ekonomi (Atchike et al., 2022). Salah satu upaya untuk mengembangkan energi alternatif guna memenuhi kebutuhan ini adalah dengan memproduksi biogas (Ilbas et al., 2022). Dimana metode yang diusulkan paling efisien adalah teknologi produksi biogas (BPT) dari limbah kotoran sapi, yang dapat menyediakan sebagian kebutuhan energi sebagai sumber energi bersih (Jafari-Sejahrood et al., 2019).

Mengingat pentingnya pemahaman tentang kelangkaan energi, kesadaran ini perlu ditanamkan pada siswa sejak dini sebagai bagian dari upaya membentuk generasi yang peduli terhadap lingkungan dan keberlanjutan (Ilbas et al., 2022). Pemahaman tersebut dapat diintegrasikan ke dalam kurikulum pendidikan sebagai salah satu capaian pembelajaran, khususnya dalam Kurikulum Merdeka pada fase F. Dalam implementasinya, siswa tidak hanya dibekali dengan pengetahuan teoritis, tetapi juga diberi kesempatan untuk mengembangkan keterampilan berpikir kreatif melalui pembelajaran berbasis proyek. Salah satu bentuk kegiatannya adalah dengan mengajak siswa berkreasi memanfaatkan kotoran sapi secara efektif untuk menghasilkan biogas sebagai solusi alternatif dalam mengatasi krisis energi.

Saat pembuatan biogas, siswa akan merancang eksperimen untuk menemukan solusi dengan cara inovatif. Dimana siswa didorong untuk mengeksplorasi pemanfaatan kotoran sapi sebagai sumber energi alternatif dan menentukan bahan tambahan yang dapat mendukung peningkatan proses pembuatannya. Selain itu, siswa akan mengeksplorasi berbagai cara untuk mengoptimalkan proses fermentasi, seperti mengatur suhu, pH, dan waktu fermentasi, serta mempertimbangkan variabel lain yang mempengaruhi hasil akhir. Siswa juga dapat menciptakan teknologi atau pendekatan baru yang lebih efisien dibandingkan metode konvensional yang umum digunakan. Dalam eksperimen ini, siswa akan menguji berbagai variabel, seperti perbandingan kotoran sapi dengan air, volume bahan, dan penggunaan alat yang tepat, guna mencapai hasil biogas yang maksimal (Rahman et al., 2019). Melalui kegiatan ini, siswa tidak hanya memperdalam pemahaman tentang konsep-konsep ilmiah dan teknis, tetapi juga melatih keterampilan berpikir kreatif yang akan berguna dalam menghadapi tantangan global, seperti kelangkaan energi, dengan cara yang inovatif dan ramah lingkungan (Werkneh, 2022).

Model pembelajaran berbasis proyek yang sesuai dengan karakteristik tersebut adalah model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) yang mengintegrasikan prinsip-prinsip *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM), yang selanjutnya dikenal dengan istilah PjBL-STEM (Afriana, 2022). Integrasi

Pembelajaran PjBL- STEM dapat menarik perhatian siswa untuk terlibat aktif dalam penyelesaian masalah, pengambilan keputusan, serta aktivitas investigasi, sehingga pendekatan ini memberikan kesempatan kepada siswa untuk menghasilkan suatu produk dan mempresentasikan hasil kerjanya (Fitriyah & Ramadani, 2021). Maka melalui penerapan model pembelajaran PjBL-STEM, kemampuan siswa dalam berpikir kreatif diharapkan dapat meningkat. Selain itu, sejumlah penelitian telah menunjukkan bahwa model ini efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa (Poonsin & Jansoon, 2023; Annisa et al., 2019; Baran et al., 2021).

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, maka dilakukan penelitian yang berjudul "Efektivitas PjBL-STEM Pembuatan Biogas dari Kotoran Sapi dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa SMA"

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana efektivitas PjBL-STEM pembuatan biogas dari kotoran sapi dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa SMA?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini untuk mendeskripsikan efektivitas PjBL-STEM pemanfaatan biogas dari kotoran sapi dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa SMA.

D. Manfaat Penelitian

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

1. Bagi Siswa

Memberikan pengalaman pembelajaran menggunakan model PjBL-STEM secara langsung kepada siswa, untuk melatih keterampilan berpikir kreatif dalam

mengatasi masalah kelangkaan energi, melalui pembuatan biogas dari kotoran sapi, serta melatih sikap menghargai akan kelangkaan energi, sehingga siswa dapat lebih bijaksana dalam menggunakan sumber energi.

2. Bagi Guru dan Calon Guru

Penerapan model pembelajaran PjBL-STEM dapat dijadikan pilihan bagi guru dan calon guru untuk melatih keterampilan berpikir kreatif dan mendorong perubahan kegiatan pembelajaran kimia yang lebih inovatif.

3. Bagi Sekolah

Sebagai masukan bagi sekolah dalam menerapkan pembelajaran kimia dengan model pembelajaran PjBL-STEM untuk meningkatkan mutu pembelajaran kimia.

4. Bagi Peneliti Lain

Sebagai rujukan bagi peneliti lain dalam melaksanakan penelitian yang berfokus pada model pembelajaran *Project Based Learning* terintegrasi STEM dan keterampilan berpikir kreatif.

E. Ruang Lingkup

Agar penelitian ini mencapai sasaran sebagai mana yang telah dirumuskan, maka ruang lingkup penelitian ini adalah :

1. Indikator keterampilan berpikir kreatif yang digunakan sesuai dengan *framework* Torrance (1974)
2. Model Pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) yang terintegrasi dengan prinsip-prinsip *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) yang digunakan sesuai dengan *framework* Laboy-Rush (2010).
3. Model *Project Based Learning* (PjBL) berbasis STEM dikatakan efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif apabila *n-gain* rata-rata yang diperoleh berkategori minimal sedang dan apabila terdapat perbedaan yang signifikan antara skor rata-rata pretes dan postes.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Model Pembelajaran Project Based Learning (PjBL) Terintegrasi STEM

Model pembelajaran *project based learning* berbasis STEM adalah suatu model pembelajaran yang membentuk siswa dalam suatu kelompok untuk menyelesaikan suatu proyek dimana proyek tersebut mengintegrasikan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika (Erlinawati et al., 2019). Berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), keempat bidang ilmu tersebut memiliki definisi yang berbeda, yaitu: (1) sains adalah pengetahuan yang diperoleh secara sistematis melalui observasi, penelitian, dan uji coba, yang bertujuan untuk memahami prinsip-prinsip dari sesuatu yang sedang diselidiki dan dipelajari; (2) teknologi adalah keseluruhan sarana untuk menyediakan barang-barang yang diperlukan bagi kelangsungan dan kenyamanan hidup manusia; (3) rekayasa adalah penerapan kaidah-kaidah ilmu dalam pelaksanaan (seperti perancangan, pembuatan konstruksi, serta pengoperasian kerangka, peralatan, dan sistem yang ekonomis dan efisien); dan (4) matematika adalah ilmu tentang bilangan, hubungan antara bilangan, dan prosedur operasional yang digunakan dalam penyelesaian masalah mengenai bilangan.

Model pembelajaran PjBl-STEM mengutamakan pembelajaran berbasis masalah yang menghubungkan pendidikan dan tantangan global, dengan melibatkan aktivitas yang mencakup proses ilmiah dan desain rekayasa dalam bentuk pembelajaran (Anwari et al., 2015). Secara sederhana, PjBL-STEM menerapkan konsep sains dan matematika ke dalam konteks teknik dengan menggunakan alat teknologi. Pembelajaran ini menjadi peluang membantu siswa untuk membangun pengetahuannya sendiri dengan memanfaatkan pembelajaran langsung. Proses pembelajaran PjBL-STEM dilakukan berdasarkan sintaks model PjBL

terintegrasi STEM menurut Laboy Rush (2010) yang terdiri dari 5 tahapan yaitu *reflection, research, discovery, application, dan communication*. Sintaks model pembelajaran PjBL-STEM menurut Laboy Rush (2010), yaitu:

1. Refleksi (*Reflection*)

Membawa siswa ke dalam suatu konteks masalah dan memberikan inspirasi kepada siswa untuk mengobservasi masalah dengan menghubungkan apa yang sudah diketahui dan apa yang perlu dipelajari. Masalah yang diberikan mendorong siswa bertanya, merumuskan hipotesis untuk segera melakukan penyelidikan.

2. Penelitian (*Research*)

Membawa siswa mengumpulkan informasi dan sumber yang relevan untuk mengembangkan pemahaman siswa dari pemahaman konkret ke pemahaman abstrak mengenai suatu masalah. Guru turut serta dalam memimpin diskusi untuk memastikan apakah siswa dapat mengembangkan pemahaman konseptual yang tepat dari proyek dan konsep yang relevan. Siswa menggali konsep, teori, dan hukum dari berbagai sumber yang relevan sehingga dapat dijadikan acuan dalam memecahkan masalah atau membangun konsep sebagai bahan untuk merancang proyek dan menciptakan solusi berupa produk.

3. Penemuan (*Discovery*)

Menghubungkan proses *research* dan informasi yang diketahui dalam penyusunan proyek. Siswa dituntut untuk lebih aktif dan mandiri dalam pembelajaran dan menentukan apa yang masih belum diketahui. Guru membagi siswa menjadi beberapa kelompok kecil untuk menyajikan solusi yang mungkin untuk suatu masalah dan berkolaborasi antar teman maupun kelompok. Pada tahap ini juga bertujuan untuk mengembangkan kemampuan Siswa dalam membangun *habits of mind* dari proses merancang atau mendesain suatu proyek. Siswa merancang sebuah proyek untuk membuat produk, menentukan alat dan bahan, serta merancang desain produk sebagai solusi dari masalah yang diberikan.

4. Penerapan (*Application*)

Menguji produk/solusi yang digunakan dalam memecahkan masalah. Hasil yang diperoleh dievaluasi dan diperbaiki untuk perbaikan langkah sebelumnya. Siswa

mengaplikasikan rancangan yang telah dibuat dengan secara langsung merancang, membuat, dan menguji hasil uji coba produk. Siswa mengaplikasikan rancangan yang telah dibuat dengan secara langsung merancang, membuat, dan menguji hasil uji coba produk. Siswa kemudian melakukan eksperimen untuk uji coba produk dan mengumpulkan data untuk membuktikan hipotesis.

5. Komunikasi (*Communication*)

Mempresentasikan produk/solusi yang telah dirancang kepada teman-teman dan guru. Tahap ini dapat mengembangkan keterampilan komunikasi dan kolaborasi serta kemampuan untuk menerima dan menerapkan umpan balik yang konstruktif. Siswa dapat saling memberi pertanyaan atau menyampaikan gagasan berdasarkan pemahaman konsep yang dimiliki dan memberi kesimpulan terhadap konsep, teori, maupun penerapannya dalam kehidupan sehari-hari

Dalam penelitian (Saefullah et al., 2021) penggunaan model pembelajaran PjBL-STEM dapat meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa. Selain itu juga penggunaan model pembelajaran PjBL-STEM memiliki banyak kelebihan seperti meningkatkan pemahaman konsep siswa, meningkatkan minat belajar siswa, meningkatkan kreativitas siswa, pembelajaran menjadi lebih bermakna, membantu siswa dalam memecahkan masalah kehidupan nyata, meningkatkan rasa ingin tahu, dan memberi suasana pertualangan dalam pembelajaran (Prajoko et al., 2023). Namun, disamping banyaknya kelebihan tersebut, model Pembelajaran PjBL-STEM juga memiliki kekurangan yaitu dibutuhkan media pendukung dalam pembelajaran berbasis PjBL -STEM (Riyasni et al., 2023).

B. Keterampilan Berpikir Kreatif

Berpikir kreatif merupakan salah satu keterampilan berpikir esensial yang ditandai dengan rasa ingin tahu yang tinggi dan kemampuan untuk merumuskan berbagai solusi dalam memecahkan masalah yang dihadapi. Lebih lanjut, berpikir kreatif merupakan semua aktivitas kognitif yang dilakukan individu berdasarkan suatu objek, masalah, atau situasi tertentu, serta upaya yang dilakukan untuk merespond situasi atau permasalahan berdasarkan kapasitas kognitifnya (Biazus & Mahtari,

2022). *Creative thinking* adalah keterampilan individu untuk menciptakan atau menghasilkan sesuatu yang baru, baik berupa ide maupun produk yang masih berhubungan dengan produk yang pernah ada (Saefullah et al., 2021). Keterampilan berpikir kreatif adalah proses mental yang dikembangkan oleh individu untuk menghasilkan gagasan baru, wawasan baru, pendekatan inovatif, serta metode baru dalam memahami berbagai aspek (Wijayati et al., 2019). Torrance mendefinisikan kreativitas sebagai proses kemampuan memahami kesenjangan-kesenjangan atau hambatan-hambatan dalam hidupnya, merumuskan hipotesis-hipotesis baru, dan mengkomunikasikan hasil-hasilnya, serta sedapat mungkin memodifikasi dan menguji hipotesis-hipotesis yang telah dirumuskan (Oliveira et al., 2009).

Torrance mengemukakan bahwa keterampilan berfikir kreatif memiliki empat indikator penting yaitu : *Fluency* (kelancaran), *Flexibility* (keluwesan), *Originality* (keaslian), dan *Elaboration* (elaborasi) (Oliveira et al., 2009). Sub-indikator dari setiap indikator keterampilan berpikir kreatif disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Indikator keterampilan berpikir kreatif menurut Torrance

Indikator (1)	Deskripsi (2)	Sub-indikator (3)
Kelancaran (<i>fluency</i>)	kemampuan menanggapi dan menjawab pertanyaan yang di ajukan	1. Menghasilkan banyak gagasan dalam pemecahan masalah 2. Memberikan banyak jawaban dalam menjawab suatu pertanyaan 3. Memberikan banyak cara atau saran untuk melakukan berbagai hal dan bekerja lebih cepat Melakukan lebih banyak daripada anak-anak lain
Keluwesanan (<i>flexibility</i>)	Kemampuan memikirkan ide yang beragam	1. Menghasilkan gagasan penyelesaian masalah atau jawaban suatu pertanyaan yang bervariasi 2. Melihat suatu masalah dari sudut pandang yang berbeda-beda 3. Menyajikan suatu konsep dengan cara yang berbeda-beda
Keaslian (<i>originality</i>)	Kemampuan untuk menghasilkan ide atau gagasan yang unik dan tidak biasa	1. Memberikan gagasan yang baru dalam menyelesaikan masalah atau jawaban suatu masalah atau jawaban yang lain dari yang sudah biasa dalam menjawab suatu pertanyaan. 2. Membuat kombinasi-kombinasi yang tidak

Tabel 1. (lanjutan)

(1)	(2)	(3)
		lazim dari bagian-bagian atau unsur-unsur
Elaborasi (<i>elaboration</i>)	Kemampuan untuk menghasilkan banyak gagasan atau ide	1. Mengembangkan atau memperkaya gagasan orang lain 2. Menambahkan atau merinci suatu gagasan sehingga meningkatkan kualitas gagasan tersebut

(Mulyadi et al., 2024).

C. Biogas

Nama "biogas" merujuk pada berbagai jenis gas yang dihasilkan melalui pengolahan limbah organik, baik dari industri, hewan, rumah tangga, maupun sumber lainnya. Biogas pada dasarnya merupakan campuran metana (CH_4) dan karbon dioksida inert (CO_2) (Adannou et al., 2024). Biogas adalah sumber energi penting untuk menghasilkan listrik yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (Abanades et al., 2022). Biogas merupakan komponen yang relevan dari sistem energi terbarukan yang terus berkembang di banyak negara (Heiker et al., 2021). Biogas dapat diolah menjadi berbagai jenis energi, seperti panas melalui pembakaran, listrik melalui turbin, serta listrik dan panas secara bersamaan dengan pembangkit listrik dan panas gabungan (CHP). Selain itu, biogas juga dapat diproses menjadi gas alam dengan memisahkan CO_2 atau diolah menjadi bahan bakar melalui peningkatan kandungan metana atau reformasi katalitik CO_2 (Heiker et al., 2021). Dengan demikian, biogas memiliki peran penting dalam mendukung tujuan pembangunan sosial (SDGs) (Kabeyi & Olanrewaju, 2022). Biogas dapat dihasilkan dari berbagai biomassa seperti kotoran unggas, limbah tanaman pertanian, dan kotoran hewan, melalui proses degradasi anaerobik yang terkontrol dengan bantuan bakteri metanogen yang terdapat dalam limbah organik. Komposisi biogas yang dihasilkan antara lain: $\pm 60\% \text{CH}_4$ (Metana), $\pm 38\% \text{CO}_2$ (karbon dioksida), $\pm 2\% \text{N}_2$, O_2 , H_2 dan H_2S (Salim & Kafiar, 2017).

Secara garis besar proses pembentukan biogas dibagi menjadi tiga tahapan yaitu:

1. Tahap Hidrolisis (*Hydrolysis*): pada tahap ini, bakteri memutuskan rantai

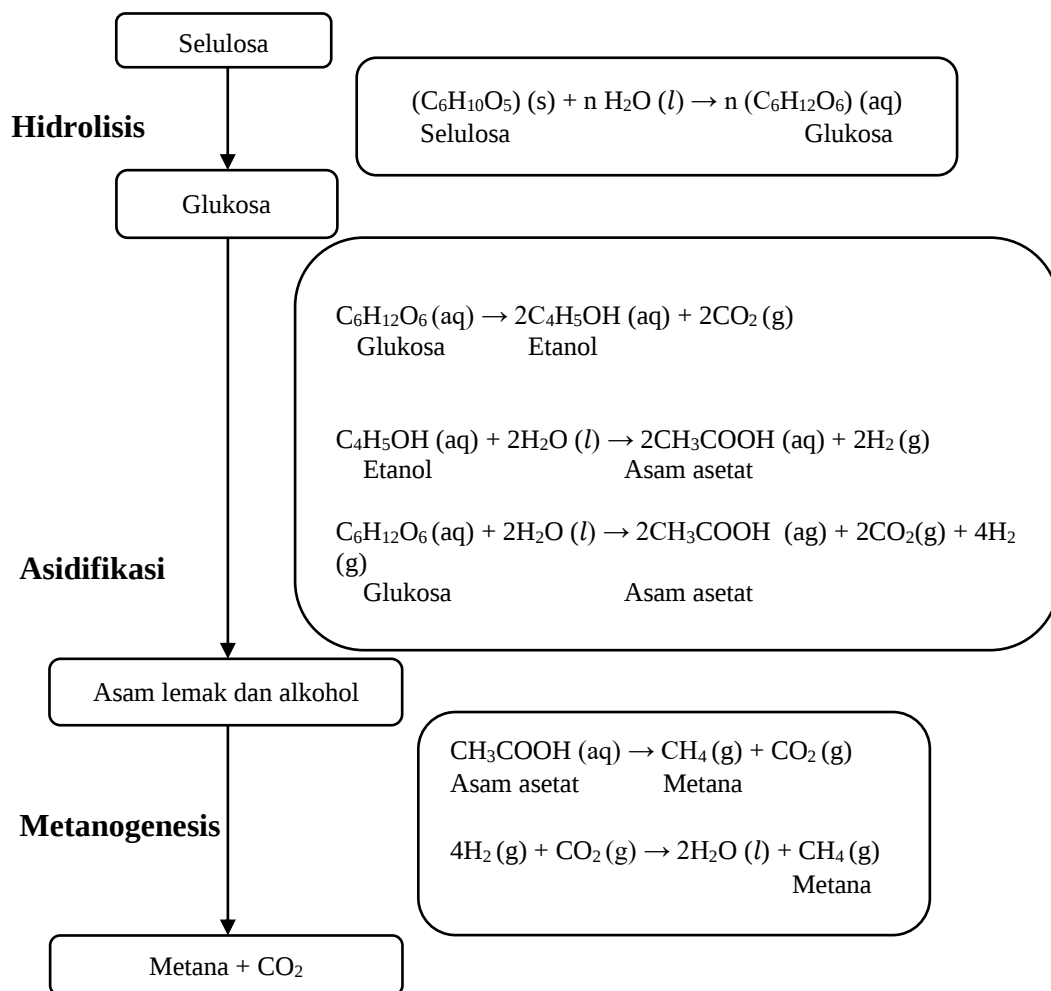
panjang karbohidrat kompleks; protein dan lipida menjadi senyawa rantai pendek. Contohnya polisakarida diubah menjadi monosakarida, sedangkan protein diubah menjadi asam amino.

2. Tahap *Asidifikasi (Acidogenesis dan Acetogenesis)*: pada tahap ini, bakteri *Acetobacter aceti* mengubah senyawa rantai pendek hasil hidrolisis menjadi asam asetat, hidrogen, dan karbon dioksida dalam kondisi anaerob. Proses ini penting untuk pembentukan gas metana pada tahap selanjutnya. Selain itu, bakteri juga menghasilkan alkohol, asam organik, asam amino, hidrogen sulfida, dan sedikit gas metana. Reaksi ini bersifat eksotermis, menghasilkan energi.

3. Tahap Pembentukan Gas Metana (*Methanogenesis*): pada tahap ini, bakteri *Methanobacterium omelianski* mengubah senyawa hasil proses asidifikasi menjadi metana dan CO₂ dalam kondisi anaerob. Proses pembentukan gas metana ini termasuk reaksi eksotermis (Salim & Kafiari, 2017).

Menurut (Simamora et al., 2006) ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan biogas diantaranya :

1. Digester harus berada dalam kondisi anaerob atau tertutup rapat dari udara.
2. Bahan baku untuk pembuatan biogas harus berasal dari material organik seperti kotoran hewan, limbah pertanian, maupun sampah organik lainnya.
3. Tingkat keasaman (pH) ideal bagi mikroorganisme berkisar antara 6,5 hingga 7,5, sehingga kestabilan pH di dalam digester perlu dijaga dengan baik.
4. Suhu optimal untuk memproduksi biogas berada pada kisaran 25°C hingga 32°C. Suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat menghambat aktivitas bakteri metanogenik, yang pada akhirnya memperlambat proses produksi biogas.
5. Proses pengadukan diperlukan untuk meratakan bahan baku sebelum dan sesudah dimasukkan ke dalam digester serta untuk mencegah terjadinya endapan di dasar digester yang bisa mengganggu proses pembentukan biogas. Adapun reaksi kimia yang terjadi pada proses produksi biogas hingga menghasilkan metana disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Reaksi pembentukan biogas

D. Kotoran Sapi

Kotoran sapi merupakan limbah hasil pencernaan sapi yang memiliki karakteristik berbeda berdasarkan usia penyimpanannya. Limbah segar cenderung berwarna lebih gelap, sedangkan limbah yang telah berumur satu minggu berwarna cokelat, memiliki tekstur sedikit kering. Setelah satu bulan, limbah ini berubah menjadi cokelat pekat, lebih kering, dan berukuran partikel kecil. Dari segi bau, limbah segar memiliki aroma yang sangat busuk dan menyengat karena masih bercampur dengan urine. Sementara itu, pada limbah yang berumur satu minggu dan satu bulan, urine dan bahan volatil lainnya telah menguap, sehingga baunya lebih disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme pengurai. Limbah yang dihasilkan dari kotoran sapi terdiri atas limbah padat berupa feses, limbah cair berupa urine, serta

limbah semi padat berupa manure (Gusvita et al., 2017). Sapi memiliki sistem pencernaan khusus yang melibatkan mikroorganisme untuk mencerna selulosa dan lignin dari rumput berserat tinggi. Karena proses ini, kotoran sapi mengandung selulosa dalam jumlah yang tinggi. Secara kimiawi, kotoran sapi terdiri dari berbagai zat dan nutrisi. Kandungan utamanya adalah air sekitar 70-80%, dengan kadar yang tinggi karena sapi mengonsumsi banyak air. Serat yang tidak tercerna, seperti selulosa dan hemiselulosa, mencapai 15-20%. Selain itu, kotoran sapi juga mengandung nitrogen sebesar 1-2% yang berasal dari protein dan asam amino, fosfor sekitar 0,5-1% yang berasal dari tulang dan jaringan tubuh sapi, serta kalium dalam kisaran yang sama, yaitu 0,5-1%, yang juga berasal dari jaringan tubuh sapi. Unsur lainnya yang terdapat dalam kotoran sapi meliputi karbon, hidrogen, oksigen, sulfur, kalsium, magnesium, serta berbagai mikroelemen.

Seekor sapi dapat menghasilkan limbah sebanyak 18-20 kg per hari, yang berpotensi menghasilkan sekitar 600 liter gas metana setiap harinya (Gusvita et al., 2017). Feses sapi mengandung hemiselulosa sebesar 18,6%, selulosa 25,2%, lignin 20,2%, nitrogen 1,67%, fosfat 1,11% dan kalium sebesar 0,56% (Siswanto & Susanto, 2018). Selain itu, kotoran sapi juga terdapat bakteri dan mikroorganisme seperti *Clostridium*, *Bacteroides*, *Bifidobacterium*, *Enterobacteriaceae* (*E. Coli*), dan *Ruminococcus* (Alfa et al., 2014). Bakteri-bakteri ini dapat mencerna bahan organik dalam kotoran sapi dan menghasilkan biogas. Sebagai bahan utama dalam produksi biogas, kotoran sapi memiliki kandungan gas metana (CH_4) yang cukup tinggi, yaitu 65,7%. Dengan tingginya kandungan gas metana dalam biogas, kotoran sapi memiliki potensi besar sebagai bahan baku energi alternatif yang ramah lingkungan (Sinaga et al., 2022). Namun selain dimanfaatkan menjadi biogas, limbah kotoran sapi juga dapat dijadikan sebagai pupuk organik, karena kandungan unsur hara yang tinggi.

E. Penelitian Relavan

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian mengenai penerapan PjBL-STEM dan efektivitasnya terhadap peningkatan keterampilan berpikir kreatif. Berikut ini

adalah beberapa hasil penelitian yang relevan dengan penelitian ini disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Penelitian relavan mengenai pembelajaran model PjBL-STEM

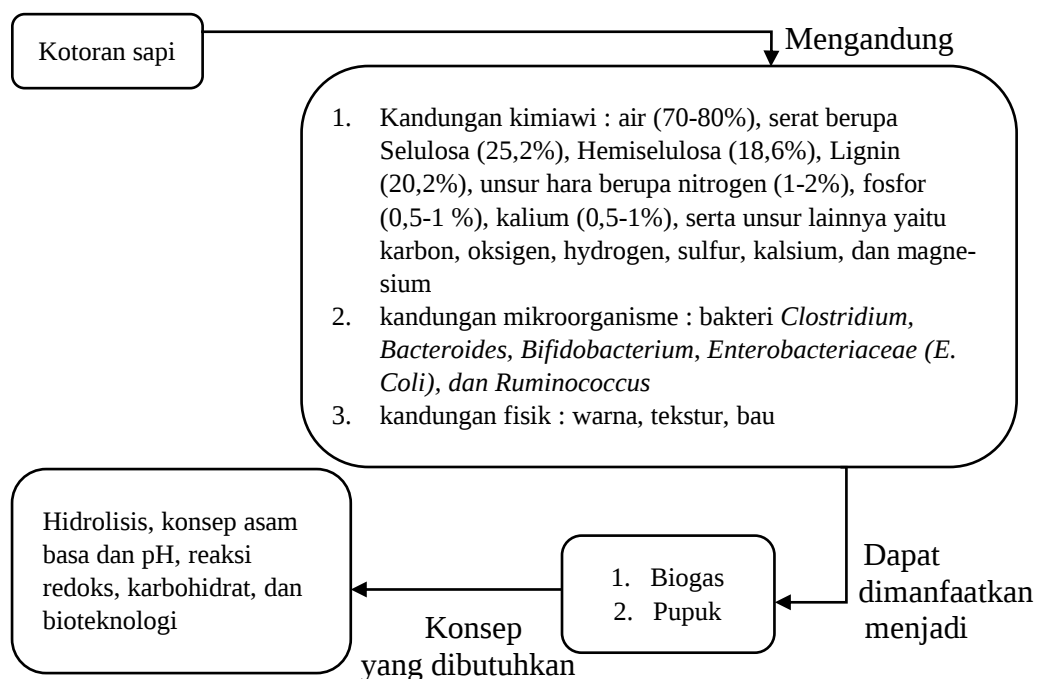
No. (1)	Peneliti (2)	Judul (3)	Metode (4)	Hasil (5)
1.	Saefullah et al., (2021)	Implementation of PjBL-STEM to Improve Students' Creative Thinking Skills On Static Fluid Topic	Penelitian ini menggunakan desain non-equivalent control group design pretest-posttest	Hasil menunjukkan bahwa model PjBL-STEM dapat meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa pada materi fluida statis (hukum Pascal)
2.	Prajoko et al., (2023)	Approach On Students' Conceptual Understanding And Creativity	kuasi tipe post-test-only control	dengan pendekatan STEM berpengaruh terhadap pemahaman konsep dan kreativitas siswa pada materi sistem gerak manusia.
3.	Setiatun et al., (2022)	Development of Integrated Science Worksheet with Immersed Model Based on Corncob Utilization Project to Improve Students' Creative Thinking Skills	Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan model ADDIE	Hasil penelitian menunjukkan bahwa lembar kerja siswa IPA terpadu berbasis model imersi dari proyek pengolahan limbah tongkol jagung telah terbukti valid, layak digunakan, dan efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa
4.	Alvionita et al., (2021)	Development Of Student Worksheet Oriented On Steam With PjBL-Model On Environmental Pollution Matter To Improve Creative Thinking Skill	Penelitian ini menggunakan metode tipe re-search and development (R&D)	Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan Lembar Kerja Siswa (LKS) berorientasi STEAM dengan model PjBL pada materi pencemaran lingkungan efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa
5.	Saputri et al., (2022)	Analysis of momentum and impulse on students' creative thinking skill through project based learning integrated STEM (science,technology, engineering, mathematics)	Penelitian ini menggunakan metode quasi-experimental dengan pendekatan STEM-PjBL	Hasil menunjukkan bahawa penerapan Project Based Learning terintegrasi STEM memberikan dampak positif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa
6.	Babalola & Keku, (2024)	Ethno-STEM Integrated Project-Based Learning to Improve Students' Creative Thinking Skills	Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah quasi-experimental design	Integrasi Etno-STEM dengan pembelajaran berbasis proyek (PjBL) yang mengusung konteks budaya dan lingkungan berhasil meningkatkan

Tabel 2. (lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
				kemampuan siswa dalam berpikir kreatif dan berinovasi secara signifikan.
7.	Widyasmah et al., (2020)	Implementation of STEM Approach Based on Project-based Learning to Improve Creative Thinking Skills of High School Students in Physics	Penelitian ini menggunakan metode penelitian <i>quasi-Experimental</i> dengan desain penelitian yang diterapkan yaitu One Group pretest Post-test Design.	Penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan STEM dapat meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa dan meningkatkan indikator keterampilan berpikir kreatif.
8.	Triastuti, (2020)	Model Pembelajaran Stem Pjbl Pada Pembuatan Ice Cream Melatih Keterampilan Berfikir Kreatif Dan Wirausaha	Penelitian ini menggunakan metode <i>pre-Experimen desain</i> yaitu One-Group Pretest-Posttest Design	Model pembelajaran STEM-PjBL pada topik materi peranan penurunan titik beku larutan pada pembuatan ice cream dapat meningkatkan keterampilan berfikir kreatif melalui lima tahapan belajar yaitu refleksion, reseach, discovery, aplication, dan communication
9.	Aini et al., (2025)	Implementasi Project Based Learning Dengan Pendekatan Stem Untuk Meningkatkan Kreativitas Berpikir Santri Pada Materi Termodinamika	Penelitian ini menggunakan metode metode Kuantitatif yaitu <i>quasy eksperimen</i> (eksperimen semu)	Penelitian ini menunjukkan bahwa model PjBL dengan pendekatan STEM terbukti dapat meningkatkan kemampuan berpikir kreatif santri pada materi hukum termodinamika
10.	Andrew Mamahit et al., (2020)	Efektivitas Model Project-Based Learning Terintegrasi STEM (PjBL-STEM) terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa Kelas X	Penelitian ini menggunakan metode <i>quasi experiment</i> semu dengan desain penelitian yang diambil yaitu Pretest-Posttest Nonequivalent Control Group Design	Penelitian ini menunjukkan bahwa model <i>project-based learning</i> terintegrasi STEM efektif terhadap keterampilan berpikir kreatif siswa

F. Kerangka Pemecahan Masalah Berkaitan dengan Pengolahan Kotoran Sapi

Adapun kerangka pemecahan masalah berkaitan dengan pengolahan kotoran sapi disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kerangka pemecahan masalah

G. Kerangka Pemikiran

Model Pembelajaran PjBL terintegrasi STEM menurut Laboy Rush (2010) terdiri dari 5 tahap yang perlu dilakukan untuk mengimplementasikan pembelajaran yaitu *reflection*, *research*, *discovery*, *application*, dan *communication*. Tahap pertama dimulai dengan *reflection*. Pada tahap ini, pembelajaran diawali dengan penyajian masalah nyata berupa wacana kelangkaan energi. Selanjutnya, siswa diminta untuk mengidentifikasi pengetahuan yang telah mereka miliki terkait topik tersebut, serta menuliskan pengetahuan tambahan yang masih dibutuhkan untuk memahami dan mengatasi permasalahan tersebut. Setelah itu, siswa diajak untuk mengajukan berbagai solusi yang dapat dilakukan untuk mengatasi kelangkaan energi. Kegiatan ini melatih indikator berpikir kreatif berupa *fluency*, yaitu kemampuan siswa dalam menghasilkan sebanyak mungkin ide atau alternatif solusi secara lancar dan bebas. Sebagai tindak lanjut, siswa diminta menjawab pertanyaan ya atau tidak terkait pengetahuan mereka mengenai produksi biogas. Pertanyaan mencakup kandungan zat dalam kotoran sapi, mikroorganisme yang berperan dalam fermentasi, proses penguraian kotoran sapi menjadi

biogas, reaksi-reaksi kimia yang terjadi, serta faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam pembuatan biogas.

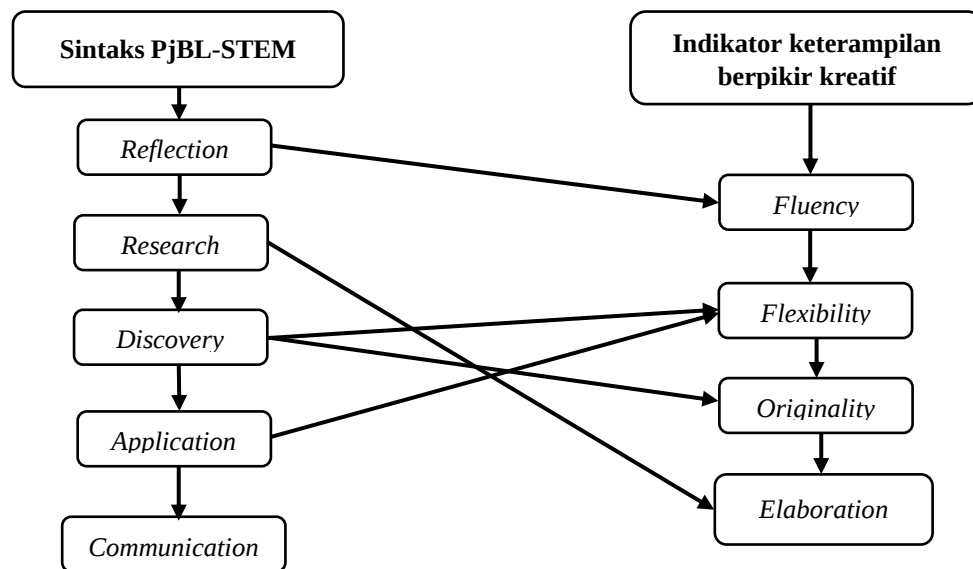
Tahap kedua *research*, yaitu siswa mulai menggali informasi dari bahan ajar yang telah disediakan. Mereka mencari jawaban atas berbagai pertanyaan yang berkaitan dengan produksi biogas. Pertanyaan-pertanyaan tersebut mencakup: apa saja kandungan zat yang terdapat dalam kotoran sapi, jenis zat apa yang dapat difermentasi menjadi biogas, serta mikroorganisme apa yang berperan dalam proses fermentasi. Selain itu, siswa juga mempelajari bagaimana proses penguraian kotoran sapi menghasilkan biogas, termasuk reaksi-reaksi kimia yang terjadi selama fermentasi. Pada pertanyaan inilah siswa ditantang untuk melatih indikator keterampilan berpikir kreatif elaborasi, yaitu kemampuan untuk menguraikan informasi secara rinci dan menyeluruh, menghubungkan konsep-konsep ilmiah, serta menggambarkan tahapan proses secara logis dan mendalam. Hal ini mencerminkan proses berpikir kreatif yang tidak hanya menuntut pemahaman konsep, tetapi juga kemampuan untuk mengembangkannya dalam konteks nyata. Setelah itu, siswa juga mempelajari faktor-faktor penting yang harus diperhatikan dalam pembuatan biogas sebagai bagian dari pemahaman komprehensif terhadap topik.

Tahap ketiga yaitu *discovery*, yang dimulai dengan kegiatan membaca panduan mengenai pembuatan biogas dari kotoran sapi yang telah dikembangkan oleh orang lain. Dari panduan tersebut, siswa diminta untuk mengidentifikasi variabel-variabel yang memengaruhi hasil produksi biogas. Selanjutnya, mereka menentukan komposisi bahan yang ingin divariasikan dari komposisi yang sudah ada. Pertanyaan ini melatih indikator berpikir kreatif *flexibility*, yaitu kemampuan memikirkan ide yang beragam dari bahan-bahan yang telah digunakan sebelumnya. Kemudian, siswa juga diminta untuk menentukan variabel-variabel yang akan digunakan dalam pembuatan biogas versi mereka. Pertanyaan ini pun melatih indikator *flexibility*, karena mendorong siswa untuk menjelajahi berbagai kemungkinan pilihan dalam eksperimen. Setelah bahan dan variabel ditentukan, siswa memodifikasi prosedur percobaan pembuatan biogas. Pada bagian ini, indikator keterampilan berpikir kreatif yang dilatihkan adalah indikator

originality, yaitu kemampuan untuk menghasilkan ide atau gagasan yang unik dan tidak biasa. Dengan memodifikasi prosedur, siswa tidak hanya meniru panduan yang sudah ada, tetapi juga mengembangkan pendekatan orisinal dalam perancangan percobaan mereka.

Tahap keempat adalah *application*, yaitu tahap di mana siswa mulai menerapkan rancangan yang telah mereka buat. Pada tahap ini, setiap anggota kelompok membagi tugas secara adil untuk mengerjakan proyek. Mereka kemudian menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan untuk proses pembuatan biogas. Setelah semua persiapan selesai, siswa melaksanakan percobaan pembuatan biogas dari kotoran sapi sesuai dengan prosedur yang telah mereka modifikasi sebelumnya. Dalam proses pelaksanaan ini, siswa tidak hanya mengikuti langkah-langkah yang telah dirancang, tetapi juga dituntut untuk bersikap *fleksibel* dan menyesuaikan tindakan mereka dengan situasi di lapangan, seperti ketika menghadapi kendala teknis atau kondisi bahan yang tidak sesuai dengan perkiraan. Hal ini mencerminkan keterampilan berpikir *flexibility*, karena siswa mampu menghasilkan berbagai alternatif solusi atau penyesuaian terhadap permasalahan yang muncul selama percobaan berlangsung. Sebagai tahap akhir, hasil percobaan didokumentasikan dan diunggah ke dalam google drive sesuai dengan arahan guru, sebagai bentuk pelaporan dan refleksi dari kegiatan yang telah dilakukan.

Tahap terakhir adalah *communication*, yaitu saat di mana siswa mempresentasikan hasil produk biogas yang telah mereka buat kepada teman-teman sekelas dan guru. Melalui presentasi ini, mereka menjelaskan proses, temuan, serta tantangan yang dihadapi selama pelaksanaan proyek. Setelah sesi presentasi dan diskusi berlangsung, kegiatan ditutup dengan siswa menuliskan kesimpulan berdasarkan hasil diskusi dan masukan yang mereka terima. Model PjBL-STEM ini diyakini dapat meningkatkan keterampilan berpikir kreatif mereka sesuai dengan indikator yaitu *fluency*, *flexibility*, *originality*, dan *elaboration*. Kerangka pemikiran mengenai model pembelajaran PjBL terintegrasi STEM disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kerangka pemikiran

H. Hipotesis Penelitian

Hipotesis dalam penelitian ini adalah pembelajaran menggunakan model *project based learning* yang terintegrasi dengan STEM dalam pembuatan biogas dari kotoran sapi efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa SMA.

III. METODE PENELITIAN

A. Populasi dan Sampel Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di SMAN 13 Bandar Lampung dengan populasi yang meliputi seluruh siswa kelas XI. F pada tahun ajaran 2024/2025, dengan total sebanyak 142 siswa. Kelas XI. F di sekolah tersebut terbagi ke dalam 4 kelas, terdiri dari 51 siswa laki-laki dan 91 siswa perempuan. Dari 4 kelas yang ada, dipilih satu kelas sebagai sampel dalam penelitian ini.

Sampel dalam penelitian ini dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu metode pemilihan sampel berdasarkan kriteria tertentu, yakni kesamaan kemampuan kognitif serta kondisi kelas yang kondusif (Fraenkel et al., 2011). Berdasarkan pertimbangan tersebut, peneliti menetapkan kelas eksperimen sebagai kelas sampel. Kelas yang terpilih sebagai sampel adalah kelas XI. F4 yang berperan sebagai kelas eksperimen.

B. Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data utama dan data pendukung. Data utama meliputi hasil jawaban LKPD dan hasil jawaban pretes dan postes terkait keterampilan berpikir kreatif dengan indikator keterampilan berpikir kreatif yaitu *fluency*, *flexibility*, *originality*, dan *elaboration* pada siswa di kelas eksperimen. Sementara itu, data pendukung mencakup data hasil kinerja produk, data hasil angket respon siswa terhadap proses pembelajaran model PjBL-STEM dan data hasil lembar keterlaksanaan pembelajaran model PjBL-STEM. Seluruh siswa di kelas eksperimen menjadi sumber data dalam penelitian ini.

C. Metode dan Desain Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode *weak experimental design* dengan desain penelitian *One Group Pretest-Posttest* (Fraenkel et al., 2011). Desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini, disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Desain penelitian One Group Pretest-posttest

Kelas	Pretest	Perlakuan	Posttest
Kelas eksperimen	O	X	O

Keterangan :

O : Observasi (pretest dan posttest).

X : Pembelajaran berbasis proyek.

Sebelum diberikan perlakuan, siswa di kelas eksperimen terlebih dahulu mengikuti pretest (O). Selanjutnya, dilakukan penerapan pembelajaran berbasis PjBL-STEM (X). Setelah pembelajaran selesai, dilakukan posttest (O) untuk mengukur hasil belajar siswa setelah mendapatkan perlakuan tersebut.

D. Variabel Penelitian

Penelitian ini terdiri dari variabel terikat, variabel bebas, dan variabel kontrol. Variabel terikatnya yaitu keterampilan berpikir kreatif siswa kelas XI. F4 SMAN 13 Bandar Lampung Tahun Ajaran 2024/2025. Variabel bebas pada penelitian ini berupa model pembelajaran yang diterapkan, yaitu model PjBL-STEM dengan tema pembuatan biogas dari kotoran sapi pada kelas eksperimen. Sementara itu, variabel kontrol mencakup materi energi terbarukan yang dipelajari dan guru yang mengajar di kelas tersebut.

E. Instrumen penelitian dan Validitas Instrumen

Instrumen penelitian beserta validasi instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Instrumen penelitian

Adapun instrumen penelitian yang digunakan pada penelitian ini, yaitu:

a. Soal pretes dan postes

Soal pretes dan postes digunakan bertujuan untuk mengukur keterampilan berpikir kreatif, yang mencakup empat indikator yaitu *fluency*, *flexibility*, *originality*, dan *elaboration*. Bentuk soal yang diberikan berupa soal uraian sebanyak empat butir, dimana masing-masing mewakili satu indikator. Setiap indikator diukur melalui satu soal, yakni satu soal untuk *fluency*, satu untuk *flexibility*, satu untuk *originality*, dan satu untuk *elaboration*. Penilaian terhadap jawaban siswa didasarkan pada rubrik penilaian dengan rentang skor dari 1 (terendah) hingga 3 (tertinggi).

b. Lembar observasi angket respon siswa terhadap proses pembelajaran

Lembar observasi angket respon siswa terhadap proses pembelajaran digunakan untuk menilai tanggapan siswa terhadap proses pembelajaran PjBL-STEM dengan tema pembuatan biogas dari kotoran sapi, khususnya dalam kaitannya dengan pengembangan keterampilan berpikir kreatif, yang meliputi *fluency*, *flexibility*, *originality*, dan *elaboration*. Angket ini dirancang untuk mengukur sejauh mana pembelajaran yang diterapkan memengaruhi kemampuan siswa dalam mengemukakan berbagai ide (*fluency*), berpikir secara fleksibel dalam menyelesaikan masalah (*flexibility*), menghasilkan gagasan yang unik dan orisinal (*originality*), serta mengembangkan ide secara lebih rinci dan mendalam (*elaboration*). Angket respon siswa diukur menggunakan angket tertutup dengan 10 pernyataan positif, di mana mereka memberikan tanda checklist (✓) pada pilihan yang sesuai dengan pengalaman mereka selama pembelajaran. Skor diberikan berdasarkan kategori penskoran, yaitu 4 untuk sangat setuju, 3 untuk setuju, 2 untuk tidak setuju, dan 1 untuk sangat tidak setuju.

c. Lembar observasi penilaian kinerja produk

Lembar observasi penilaian kinerja produk digunakan untuk menilai hasil produk yang dihasilkan siswa selama proses pembelajaran PjBL-STEM dengan tema pemanfaatan kotoran sapi. Penilaian dilakukan terhadap masing-masing produk didasarkan pada 2 aspek yang dinilai, yaitu nyala api dan warna nyala api yang

dihasilkan. Penilaian produk ini mengacu pada rubrik penilaian dengan rentang skor, di mana skor tertinggi adalah 8 dan skor terendah adalah 6.

d. Lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran model PjBL-STEM

Lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran model PjBL-STEM digunakan untuk menilai tingkat penerapan setiap tahapan dalam model pembelajaran tersebut selama proses belajar mengajar berlangsung. Observasi dilakukan mengacu pada lima tahapan PjBL-STEM yang dijadikan sebagai aspek penilaian. Proses pengamatan dilakukan oleh guru sebagai observer. Instrumen ini disusun dalam bentuk angket tertutup berisi pernyataan positif, observer memberikan penilaian dengan membubuhkan tanda checklist (✓) pada kategori yang sesuai. Setiap pernyataan memiliki rentang skor, dengan skor tertinggi 4 untuk sangat setuju, skor 3 untuk setuju, skor 2 untuk tidak setuju, dan skor 1 untuk sangat tidak setuju.

e. Lembar kerja peserta didik (LKPD)

Lembar kerja peserta didik digunakan sebagai instrumen untuk menilai kinerja produk berpikir siswa dalam menyelesaikan permasalahan melalui jawaban tertulis selama pelaksanaan pembelajaran PjBL-STEM dengan tema pembuatan biogas dari kotoran sapi. Terdapat 14 item pertanyaan pada LKPD yang dinilai menggunakan rubrik penilaian dengan skor tertinggi 3 dan terendah 1.

2. Validitas Instrumen

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini perlu divalidasi agar data yang dihasilkan akurat, terpercaya, dan mampu berfungsi optimal dalam proses pengumpulan data. Pada penelitian ini, uji validitas instrumen dilakukan melalui validitas isi, yaitu melalui penilaian (*judgment*) oleh dosen pembimbing. Pengujian dilakukan dengan menguji kesesuaian antara indikator keterampilan berpikir kreatif telah sesuai dengan aspek yang akan diukur.

F. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui empat tahapan, yaitu observasi, penyusunan instrumen penelitian, pengumpulan data, analisis data, serta penyusunan laporan. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Observasi

Pada tahap ini, dilakukan wawancara dengan guru mata pelajaran untuk memperoleh informasi mengenai kurikulum yang diterapkan, metode dan model pembelajaran yang biasa digunakan, ketersediaan sarana dan prasarana, karakteristik siswa, serta jadwal pembelajaran. Selain itu, dilakukan pula observasi untuk melihat langsung bagaimana proses pembelajaran kimia berlangsung. Selanjutnya, dilakukan diskusi dengan guru terkait jadwal pelaksanaan penelitian serta teknis yang akan diterapkan selama penelitian berlangsung. Setelah seluruh informasi yang diperlukan diperoleh, kelas yang akan dijadikan sampel penelitian ditentukan dengan mempertimbangkan masukan dan rekomendasi dari guru.

2. Menyusun Instrumen Penelitian

Pada tahap ini, peneliti menyusun instrumen penelitian. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini mencakup soal pretes dan postes dalam bentuk soal uraian beserta rubrik penilaiannya, yang digunakan untuk mengumpulkan data kuantitatif mengenai keterampilan berpikir kreatif sebelum dan sesudah pembelajaran, LKPD, lembar observasi kinerja produk berpikir, lembar observasi angket respon siswa terhadap proses pembelajaran, serta lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran PjBL-STEM pembuatan biogas dari kotoran sapi.

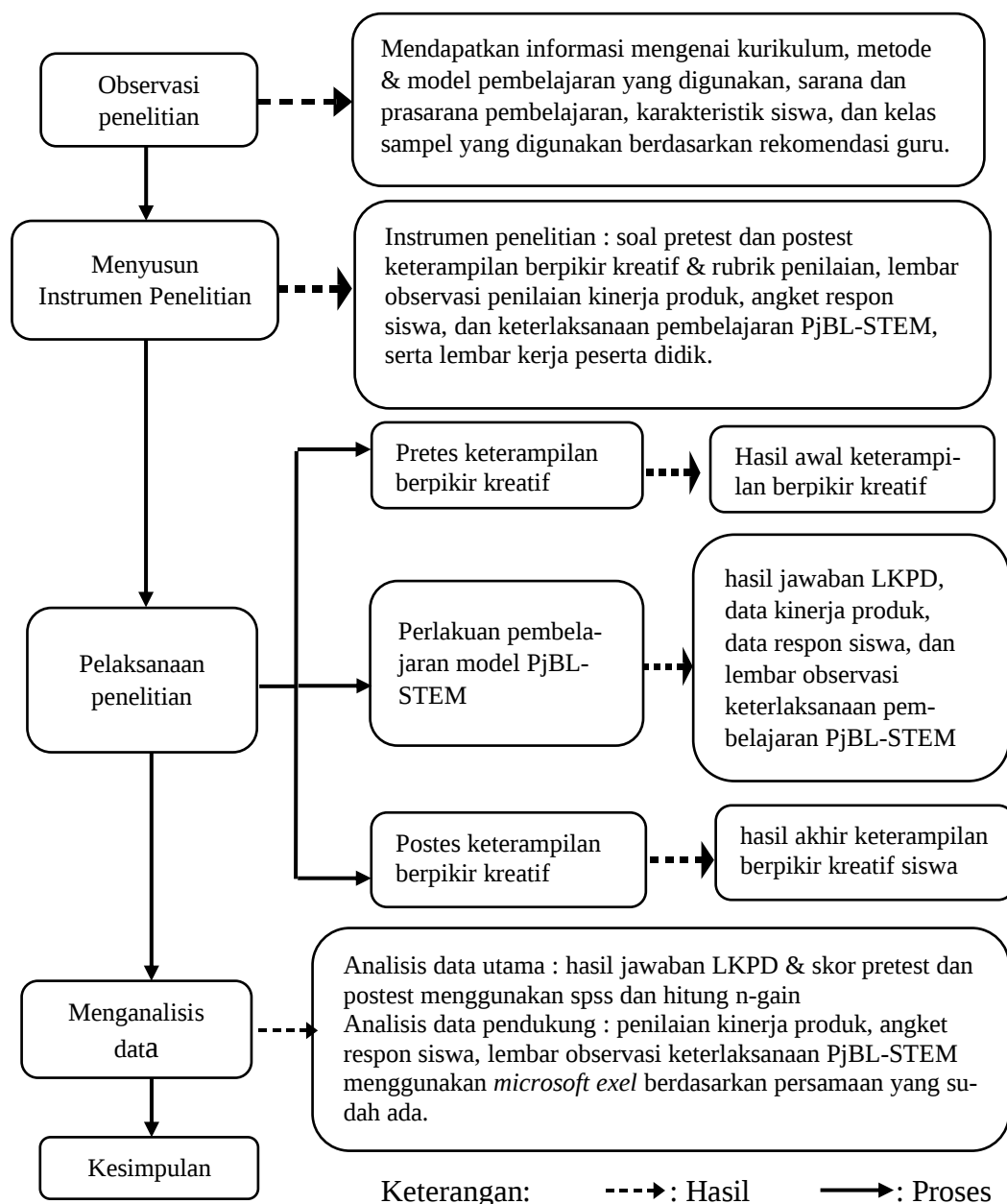
3. Mengumpulkan Data

Pada tahap ini, proses pengumpulan data dilakukan melalui beberapa kegiatan, yaitu: (a) melaksanakan pretes di kelas eksperimen; (b) melaksanakan pembelajaran menggunakan model PjBL-STEM di kelas eksperimen; (c) melakukan observasi untuk menilai kinerja produk yang dihasilkan siswa; (d) melaksanakan postes guna mengukur keterampilan berpikir kreatif siswa di kelas eksperimen; (e) mengumpulkan data melalui angket respon siswa; serta (f) melakukan observasi keterlaksanaan model pembelajaran PjBL-STEM, di mana penilaian diisi oleh guru mata pelajaran kimia.

4. Menganalisis Data

Pada tahap ini, dilakukan analisis terhadap data utama dan data pendukung. Data utama berupa skor pretes dan postes keterampilan berpikir kreatif siswa, yang

kemudian dianalisis menggunakan uji perbedaan dua rata-rata dengan bantuan software SPSS versi 26, serta dihitung nilai gainnya. Sementara itu, data pendukung meliputi hasil kinerja produk siswa, angket respon siswa, dan keterlaksanaan pembelajaran PjBL-STEM. Data pendukung dianalisis menggunakan rumus atau persamaan yang telah tersedia menggunakan *microsoft excel* 2013. Hasil analisis data tersebut dijadikan dasar dalam menarik kesimpulan penelitian. Adapun langkah-langkah penelitian tersebut dapat dilihat pada diagram alir yang disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir penelitian

G. Teknik Analisis Data dan Pengujian Hipotesis

1. Teknik analisis data

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan data kuantitatif. Proses analisis dilakukan pada data utama dan data pendukung yang diperoleh selama pelaksanaan penelitian.

a. Analisis data utama

Data utama dalam penelitian ini berupa skor tes keterampilan berpikir kreatif yang diperoleh sebelum penerapan pembelajaran (pretes) dan skor tes keterampilan berpikir kreatif setelah pembelajaran diterapkan (posttes). Skor pretes dan posttes pada penilaian keterampilan berpikir kreatif di rumuskan sebagai berikut :

$$\text{Rata - rata skor pretes/postes siswa} = \frac{\text{jumlah skor yang benar}}{\text{jumlah skor maksimal}}$$

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

$$\text{skor rata - rata indikator ke - i} = \frac{\text{jumlah skor soal untuk indikator ke - i}}{\text{jumlah seluruh siswa}}$$

Data yang telah diperoleh selanjutnya digunakan untuk mengetahui peningkatan keterampilan berpikir kreatif siswa yang ditunjukkan melalui nilai n-gain yang diperoleh dari hasil tes. Adapun rumus n-gain (Hake, 1998) adalah sebagai berikut :

$$n - \text{gain} = \frac{\text{skor postes} - \text{skor pretest}}{100 - \text{skor pretest}}$$

Setelah perhitungan n-gain, dilakukan perhitungan persentase jumlah siswa berdasarkan kategori dengan n-gain tinggi, sedang, dan rendah menggunakan rumus berikut :

$$\text{Persentase siswa dengan } n\text{-gain (i)} = \frac{\text{jumlah siswa dengan } n\text{-gain (i)}}{\text{jumlah seluruh siswa}}$$

Adapun perhitungan n-gain dari setiap indikator keterampilan berpikir kreatif dihitung menggunakan microsoft excel dengan rumus berikut :

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

setelah diperoleh n-gain masing-masing indikator selanjutnya menghitung n-gain rata-rata keterampilan berpikir kreatif siswa dengan rumus berikut :

$$n\text{-gain rata-rata} = \frac{\text{skor sigma } n\text{-gain seluruh siswa}}{\text{jumlah seluruh siswa}}$$

Hasil perhitungan *n-gain* rata rata kemudian di interpretasikan dengan menggunakan kriteria dari (Hake, 1998). Kriteria pengklasifikasikan *n-gain* menurut Hake disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Klasifikasi *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

b. Analisis data pendukung

Data pendukung yang dianalisis dalam penelitian ini meliputi hasil penilaian produk siswa, respon siswa terhadap pembelajaran, serta analisis tingkat keterlaksanaan pembelajaran menggunakan model PjBL-STEM

1) Analisis data kinerja produk

Indikator *task* yang diukur dalam kinerja produk adalah hasil produk (warna nyala api dan nyala api). Skor produk pada indikator *task* yang diukur dirumuskan sebagai berikut

$$\text{rata - rata skor} = \frac{\text{jumlah skor seluruh item}}{\text{jumlah item}}$$

2) Analisis data kinerja produk berpikir

Inkator *task* yang diukur dalam kinerja produk berpikir mencakup jawaban siswa pada LKPD. Perolehan skor untuk setiap pertanyaan pada jawaban LKPD siswa ditentukan berdasarkan ketentuan berikut.:

$$\text{Nilai LKPD pertanyaan ke - i} = \frac{\Sigma \text{skor pertanyaan ke - i}}{\text{skor maksimal}} \times 100$$

3) Analisis data respon siswa terhadap proses pembelajaran

Menghitung total hasil angket respon siswa terhadap proses pemnelajaran PjBL-STEM dengan tema pemanfaatan kotoran sapi, di mana siswa memberikan tanda

ceklis (✓) pada kategori yang sesuai dengan pilihan mereka. Kategori penilaian pada angket respon siswa disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kategori respon siswa

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

Berikut adalah langkah-langkah analisis data respon siswa terhadap penerapan STEM-PjBL dengan tema pemanfaatan kotoran sapi:

- Menghitung jumlah skor tiap item dari seluruh siswa
- Menghitung persentase rata-rata tiap item menggunakan rumus berikut :

$$\bar{x} \text{ persentase skor tiap item} = \frac{\text{rata-rata skor siswa tiap item}}{n \times \text{skor maksimal}} \times 100\%$$

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

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

- Hasil perhitungan persentase rata-rata skor respon siswa seluruh item kemudian diinterpretasikan dengan menggunakan kriteria (Sugiyono, 2019) yang disajikan 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%	Kurang Baik
25% – 43,75%	Tidak Baik

4) Analisis data keterlaksanaan pembelajaran model PjBL-STEM

Keterlaksanaan pembelajaran PjBL dengan tema pemanfaatan limbah kotoran sapi diukur melalui penilaian terhadap pelaksanaan pembelajaran yang mencakup tahapan-tahapan dalam model STEM-PjBL pemanfaatan kotoran sapi. Penilaian keterlaksanaan pembelajaran ini menggunakan skala *likert* yang terdiri dari 4

kategori penilaian, yaitu kurang baik, cukup baik, baik, dan sangat baik.

Instrumen penilaian disusun dalam bentuk angket tertutup dengan pernyataan positif, di mana observer memberikan tanda ceklis (✓) pada kategori yang sesuai. Adapun langkah-langkah analisis keterlaksanaan PjBL pemanfaatan kotoran sapi adalah sebagai berikut:

- a. Menjumlahkan skor yang diberikan oleh observer untuk setiap aspek pengamatan, kemudian menghitung persentase ketercapaian menggunakan rumus berikut::

$${}_{0/0}J_i = \frac{\Sigma J_i}{N} \times 100$$

Keterangan

$\%J_i$ = Persentase ketercapaian dari skor yang didapat

ΣJ_i = Jumlah skor setiap aspek pengamatan yang diberikan oleh pengamat

N = skor maksimum (Sudjana, 2005)

- b. Menghitung rata-rata persentase ketercapaian untuk setiap aspek pengamatan
- c. Menginterpretasikan data keterlaksanaan pembelajaran PjBL dengan tema pemanfaatan limbah kotoran sapi berdasarkan persentase ketercapaian pelaksanaan pembelajaran (Arkunto, 2002) yang telah diperoleh disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. kriteria tingkat ketercapaian pelaksanaan pembelajaran

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

2. Pengujian Statistik

Uji statistik pada penelitian ini dilakukan melalui dua tahapan sebagai berikut:

- a. Uji prasyarat

1) Uji normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui data dari sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal dengan uji statistic parametrik. Maka dilakukan uji

normalitas terhadap data skor keterampilan berpikir kreatif. Uji normalitas yang digunakan yaitu uji *Saphiro wilk* dengan taraf signifikansi 5% (Sugiyono, 2019)

Hipotesis untuk uji normalitas :

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) Nilai signifikan atau nilai probabilitas $< 0,05$ maka H_0 ditolak, H_1 diterima (data berdistribusi tidak normal).
- 2) Nilai signifikan atau nilai probabilitas $> 0,05$ maka H_0 diterima, H_1 ditolak (data berdistribusi normal) (Misbahudin & Iqbal, 2013)

b. Uji hipotesis

Berdasarkan hasil uji normalitas, sampel penelitian berasal dari populasi yang berdistribusi normal, maka uji hipotesis dilakukan dengan metode statistic parametrik yaitu uji *Dependent Sample t-Test*.

1) Uji perbedaan dua rata-rata (*Dependent sampel t-test*)

Dependent Sample t-Test adalah uji yang digunakan untuk melihat perbedaan antara dua sampel berpasangan. Sampel berpasangan adalah sampel yang terdiri dari subjek yang sama, tetapi mengalami kondisi atau perlakuan yang berbeda. Dalam penelitian ini, uji perbedaan dua rata-rata dilakukan untuk mengukur tingkat efektivitas penerapan model PjBL-STEM pembuatan biogas dari kotoran sapi terhadap keterampilan berpikir kreatif siswa..

Rumusan hipotesis untuk uji ini :

$H_a : \mu_1 \leq \mu_2$: skor rata-rata postes keterampilan berpikir kreatif siswa lebih kecil atau sama dengan skor rata-rata pretes keterampilan berpikir kreatif setelah ditetapkan model PjBL-STEM pembuatan biogas dari kotoran sapi

$H_o : \mu_1 > \mu_2$: skor rata-rata postes keterampilan berpikir kreatif siswa lebih besar dari skor rata-rata pretes keterampilan berpikir kreatif setelah ditetapkan model PjBL-STEM pembuatan biogas dari kotoran sapi.

Keterangan :

μ_1 = skor rata-rata postes keterampilan berpikir kreatif siswa

μ_2 = skor rata-rata pretes keterampilan berpikir kreatif siswa

dasar pengambilan keputusan uji ini yaitu:

1. Jika nilai signifikan $> 0,05$ maka H_0 diterima atau H_1 ditolak (tidak perbedaan nilai yang tidak signifikan).
2. Jika nilai signifikan < 0.05 maka H_0 ditolak atau H_1 diterima (terdapat perbedaan nilai yang signifikan).

Setelah didapat nilai t hitung selanjutnya dibandingkan dengan nilai t tabel dengan tingkat signifikansi 95%. Kriteria pengambilan keputusan :

t tabel $>$ t hitung : H_0 diterima atau H_1 ditolak

t tabel $<$ t hitung : H_0 ditolak atau H_1 diterima

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil data penelitian dan pembahasan diperoleh kesimpulan bahwa model PjBL-STEM pembuatan biogas dari kotoran sapi efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa. Hal tersebut dibuktikan dengan n-gain rata-rata keterampilan berpikir kreatif siswa mencapai angka 0,46 berkategori sedang dan terdapat perbedaan yang signifikan antara skor rata-rata pretes dengan skor rata-rata postes.

B. Saran

1. Bagi guru maupun calon peneliti yang tertarik untuk mengembangkan penelitian dengan model PjBL-STEM pembuatan biogas dari kotoran sapi disarankan untuk lebih memperhatikan alokasi waktu yang tepat, terutama pada tahap *research* dan *discovery*. Keterbatasan waktu pada tahap ini dapat berdampak pada kurang optimalnya hasil kerja siswa. Oleh karena itu, perencanaan waktu yang matang sangat diperlukan agar kegiatan eksplorasi dan penggalan informasi dapat dilakukan secara lebih mendalam dan menyeluruh.
2. Bagi calon peneliti yang juga tertarik dalam penilain terhadap keterampilan berpikir kreatif dengan pembelajaran berbasis proyek, sebaiknya memperhatikan jarak antara lokasi praktikum dengan sekolah untuk menghindari hal-hal diluar prediksi.
3. Bagi sekolah sebaiknya lebih memperhatikan fasilitas-fasilitas belajar bagi siswa seperti alat-alat laboratorium agar mempermudah siswa dalam melaksanakan pembelajaran salah satunya pembelajaran berbasis proyek ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abanades, S., Abbaspour, H., Ahmadi, A., Das, B., Ehyaei, M. A., Esmaeilion, F., El Haj Assad, M., Hajilounezhad, T., Hmida, A., Rosen, M. A., Safari, S., Shabi, M. A., & Silveira, J. L. 2022. A conceptual review of sustainable electrical power generation from biogas. In *Energy Science and Engineering*, 10(2), 630–655.
- Adannou, H. A., N’Gambainan, N., & Richard, D. 2024. Biogas Refining for Better Physicochemical Characteristics and Good Yield. *Natural Resources*, 15(10), 255–272.
- Afriana, J. 2022. Pengaruh PjBL STEM terhadap Literasi Sains dan Problem Solving Siswa SMP. *Jurnal Didaktika Pendidikan Dasar*, 6(2), 627–638.
- Aini, Q., Saefullah, A., Rostikawati, D. A., Sma, P., & Assa’adah, I. 2025. Implementasi Project Based Learning Dengan Pendekatan Stem Untuk Meningkatkan Kreativitas Berpikir Santri Pada Materi Termodinamika. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika*, 3(1), 9–17
- Albab, U., Budiyono, & Indriati, D. 2021. Creative Thinking Process on High Order Thinking Skills for Junior High School Students with Cognitive Style Field Independent. *International Conference of Mathematics and Mathematics Education*, 2(5), 268–273.
- Alfa, I. M. , Dahunsi, S. O. , Iorhemen, O. T. , Okafor, C. C. , & Ajayi, S. A. 2014. Comparative evaluation of biogas production from Poultry droppings, Cow dung and Lemon grass. *Bioresource Technology*, 157(7), 270–277.
- Alvionita, D., Sudomo, J., & Widhy, P. 2021. Development of student Worksheet Oriented on Steam With PjBL Model On Environmental Pollution Matter To Improve Creative Thinking Skill. *Jurnal Pendidikan MIPA Pancasakti*, 5(2), 2021–2111.
- Andrew, Mamahit, J., Corebima Aloysius, D., Suwono, H. 2020. Efektivitas Model Project-Based Learning Terintegrasi STEM (PjBL-STEM) terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa Kelas X. *Jurnal Pendidikan*, 5(9), 1284–1289.

- Annisa, R., Effendi, M. H., & Damris, D. 2019. Peningkatan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Dengan Menggunakan Model *Project Based Learning* Berbasis Steam (*Science, Technology, Engineering, Arts* dan *Mathematic*) pada Materi Asam Dan Basa di SMAN 11 Kota Jambi. *Journal of The Indonesian Society of Integrated Chemistry*, 10(2), 14–22.
- Anwari, I., Yamada, S., Unno, M., Saito, T., Rahma Suwarma, I., Mutakinati, L., & Kumano, Y. 2015. Implementation of Authentic Learning and Assessment through STEM Education Approach to Improve Students' Metacognitive Skills. *Education*, 1(3), 123–136.
- Arkunto, S. 2002. *Metodologi Penelitian*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Atchike, D. W., Irfan, M., Ahmad, M., & Rehman, M. A. 2022. Waste-to-Renewable Energy Transition: Biogas Generation for Sustainable Development. *Frontiers in Environmental Science*, 10(2), 1–6.
- Babalola, E. O., & Keku, E. 2024. Ethno-STEM Integrated Project-Based Learning to Improve Students' Creative Thinking Skills. *International Journal of Ethnoscience and Technology in Education*, 1(2), 116–130.
- Baran, M., Baran, M., Karakoyun, F., & Maskan, A. 2021. The Influence of Project-Based STEM (PjbL-STEM) Applications on the Development of 21st-Century Skills. *Journal of Turkish Science Education*, 18(4), 798–815.
- Biazus, M. de O., & Mahtari, S. 2022. The Impact of Project-Based Learning (PjBL) Model on Secondary Students' Creative Thinking Skills. *International Journal of Essential Competencies in Education*, 1(1), 38–48.
- Dewi, C. A., & Mashami, R. A. 2019. The effect of chemo-entrepreneurship oriented inquiry module on improving students' creative thinking ability. *Journal of Turkish Science Education*, 16(2), 253–263.
- Erlinawati, C. E., Bektiarso, S., & Maryani. 2019. Model Pembelajaran Project Based Learning Berbasis STEM pada Pembelajaran Fisika. *Jurnal Nasional Pendidikan Fisika*, 4(1), 1–3.
- Fitriyah, A., & Ramadani, S. D. (2021). Pengaruh pembelajaran STEAM berbasis PjBL (Project-Based Learning) terhadap keterampilan berpikir kreatif dan berpikir kritis. *Inspiratif Pendidikan*, 10(1), 209–226.
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. 2011. *How To Design and Evaluate Research in Education*. The McGraw : Hill Companies.

- Gusvita, R., Fajarika, D., Margareta, M., & Gahana, D. 2017. Analisis Potensi Energi dan Pengurangan Emisi CO₂ dengan Pengelolaan Limbah Peternakan Sapi Rakyat di Kecamatan Jati Agung Kabupaten Lampung Selatan. *Journal of Science and Applicative Technology*, 1(2), 106-113.
- 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), 64-67.
- Haryati, T. 2006. Limbah Peternakan Yang Menjadi Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Wartazoa*, 16(3), 160-169.
- Heiker, M., Kraume, M., Mertins, A., Wawer, T., & Rosenberger, S. 2021. Biogas plants in renewable energy systems-a systematic review of modeling approaches of biogas production. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(8), 1-27.
- Hilda, L., Lubis, R., & Replita. 2021. Biogas : Renewable Energy. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1156(1), 012-013.
- Ilbas, M., Antari, L. O. A., & Sahin, M. 2022. Biogas Production From Domestic Resources As An Alternative Energy Source: A Comprehensive Feasibility Study. In *International Journal of Energy for a Clean Environment*, 23(1), 97-107.
- Jafari-Sejahrood, A., Najafi, B., Faizollahzadeh Ardabili, S., Shamshirband, S., Mosavi, A., & Chau, K. wing. 2019. Limiting factors for biogas production from cow manure: energo-environmental approach. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 13(1), 954–966.
- Kabeyi, M. J. B., & Olanrewaju, O. A. 2022. Biogas Production and Applications in the Sustainable Energy Transition. *Journal of Energy*, 2022,(1), 1–43.
- Laboy-Rush, D. 2010. Integrated STEM education through Project-Based Learning. *Learning. Com*, 12(4), 1-12.
- Lou, S. J., Chou, Y. C., Shih, R. C., & Chung, C. C. 2017. A study of creativity in CaC₂ steamship-derived STEM project-based learning. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(6), 2387–2404.
- Madyani, I., Yamtinah, S., Utomo, S. B., Saputro, S., & Mahardiani, L. 2020. Profile of Students' Creative Thinking Skills in Science Learning. In *3D International Conference on learning innovation and quality education*, 397, 957-963.

- Misbahudin, & Iqbal, H. 2013. *Analisis Data Penelitian Dengan Statistik*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Mulyadi, E., Yusuf, Y., & Yuliawati, L. 2024. Analisis Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Smp Pada Materi Relasi Dan Fungsi. *Jurnal Theorems (The Original Reasearch Of Mathematics)*, 8(2), 371-382.
- Niswah, K., Eksaktika, T., Ramadhanti, L. R., & Mahersa, A. O. 2024. Studi Literatur: Kemampuan Berpikir Kreatif dalam Model Pembelajaran Project Based Learning dengan Bantuan Aplikasi Geogebra. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 7, 388–395.
- OECD. 2024. *Results Volume III: Creative Minds, Creative Schools, Factsheets*, Indonesia.
- Oliveira, E., Almeida, L., Ferrandiz, C., Ferrando, M., & Prieto, M. S. Y. M. D. 2009. Tests de pensamiento creativo de Torrance (TTCT):elementos para la validez de constructo en adolescentes portugueses. *Psicothema*, 21, 562-567.
- Perdana, R., Rudibyani, R. B., Budiyono, Sajidan, & Sukarmin. 2020. The effectiveness of inquiry social complexity to improving critical and creative thinking skills of senior high school students. *International Journal of Instruction*, 13(4), 477–490.
- Poonsin, T., & Jansoon, N. 2023. *The Effect of Integration STEM Education with Project-Based Learning on Creative and Critical Thinking Skills Development of Pre-service Chemistry Teachers Tanchanok Poonsin*, 34(3), 165-181.
- Prajoko, S., Sukmawati, I., Maris, A. F., & Wulanjani, A. N. 2023. Project Based Learning (Pjbl) Model With Stem Approach On Students' Conceptual Understanding And Creativity. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 12(3), 401–409.
- Rahman, M. K., Suharto, B., & Iriani, R. 2019. Improving Creative Thinking And Learning Results Using Steam-Based Pjbl Models In The Study Of Electrolyte And Non-Electrolyte. *In Journal of Chemistry And Education*, 3(1), 10-22.
- Riyasni, S., Purnama, Yani, I., Kemala, Sari, W., Negeri Padang, U., Hamka, J., Tawar Bar, A., Padang Utara, K., & Padang, K. 2023. Analisis Kebutuhan Pengembangan Bahan Ajar Digital Fisika Berbasis Project Based Learning Terintegrasi Pendekatan STEM. *Journal on Education*, 06(01), 5849–5858.

- Saefullah, A., Suherman, A., Utami, R. T., Antarnusa, G., Rostikawati, D. A., & Zidny, R. 2021. Implementation of PjBL-STEM to Improve Students' Creative Thinking Skills On Static Fluid Topic. *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, 6(2), 149-157.
- Salim, I., & Kafiari, F. 2017. Pembuatan Alat Penghasil Biogas Sederhana Di Kampung Hawaii Kabupaten Jayapura. *Sains*, 10(2), 41–42.
- Salma, R., Nilam Cahya, A., Rifqoh, S. M., Guru, P., Dasar, S., & Yogyakarta, U. N. 2024. *STEAM Approach to Project Based Learning to Increase Student Creativity Pendekatan STEAM pada Project Based Learning untuk meningkatkan Kreativitas Siswa*, 10(1), 1–12.
- Saputri, M., Syukri, M., & Elisa. 2022. Analysis of momentum and impulse on students' creative thinking skill through project based learning integrated STEM (science, technology, engineering, mathematics). *Journal of Physics: Conference Series*, 2193(1), 1-4.
- Setiatun, S. N., Diawati, C., & Fadiawati, N. 2022. *Development of Integrated Science Worksheet with Immersed Model Based on Corncob Utilization Project to Improve Students' Creative Thinking Skills*, 23(1), 294–303.
- Simamora, S., Salundik, Wahyuni, S., & Surajudin. 2006. *Membuat Biogas; Pengganti Bahan Bakar Minyak dan Gas dari kotoran ternak*. AgroMedia
- Sinaga, P. V. H., Suanggana, D., & Haryono, H. D. 2022. Analisis Produksi Biogas Sebagai Energi Alternatif Pada Kompor Biogas Menggunakan Campuran Kotoran Sapi Dan Ampas Tahu. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 8(1), 61.
- Siswanto, J. E., & Susanto, A. 2018. Analisa Biogas Berbahan Baku Enceng Gondok dan Kotoran Sapi. *Chempublish Journal*, 3(1), 11–20.
- Srivastava, A. 2024. A Review On Biogas: Sustainable Energy Source For India. *International Journal of Creative research thoughts*, 12(1), 639-648.
- Sudjana. 2005. *Metode Statistika*. Bandung: Tarsito.
- Sugiyono. 2019. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabet.
- Thornhill-Miller, B., Camarda, A., Mercier, M., Burkhardt, J. M., Morisseau, T., Bourgeois-Bougrine, S., Vinchon, F., El Hayek, S., Augereau-Landais, M., Mourey, F., Feybesse, C., Sundquist, D., & Lubart, T. 2023. Creativity, Critical Thinking, Communication, and Collaboration: Assessment,

- Certification, and Promotion of 21st Century Skills for the Future of Work and Education. In *Journal of Intelligence*, 11(3), 1-32.
- Torrance, E. P. 1974. *Torrance Tests of Creative Thinking*. Bensenville, IL : Scholastic Test Service.
- Triastuti, E. 2020. *Model Pembelajaran Stem Pjbl Pada Pembuatan Ice Creammelatih Keterampilan Berfikir Kreatif Dan Wirausaha*. Jurnal Karya Ilmiah Guru, 5(2), 67-74.
- Werkneh, A. A. 2022. Biogas impurities: environmental and health implications, removal technologies and future perspectives. In *Heliyon*, 8(10), 1-15.
- Widyasmah, M., Abdurrahman, & Herlina, K. 2020. Implementation of STEM Approach Based on Project-based Learning to Improve Creative Thinking Skills of High School Students in Physics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1467(1), 012-072.
- Wijayati, N., Sumarni, W., & Supanti, S. 2019. Improving Student Creative Thinking Skills Through Project Based Learning. *KnE Social Sciences*, 20(19), 408-421.
- Yulianto, B., Maarif, S., Wijaya, C., & Hardjomidjojo, H. 2019. Energy Security Scenario based on Renewable Resources: A Case Study of East Sumba, East Nusa Tenggara, Indonesia. *Bisnis & Birokrasi Journal*, 26(1), 1-19