

**KARAKTERISTIK AIR LIMBAH TAHU DENGAN PENAMBAHAN
AMPAS TAHU SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN PRODUKSI BIOGAS**

(Skripsi)

Oleh

**NABILA TARA ADIENTA
2114231007**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRACT

CHARACTERISTICS OF TOFU WASTEWATER WITH THE ADDITION OF TOFU DREGS TO INCREASE BIOGAS PRODUCTION

By

NABILA TARA ADIENTA

The utilization of tofu wastewater into biogas was one solution to reduce environmental pollution and had the potential to become an alternative energy source for the tofu industry. The increase in biogas production potential from tofu wastewater was optimized by adding organic material in the form of tofu dregs. This study aimed to determine the best characteristics and biogas production potential resulting from the addition of tofu dregs to tofu wastewater. The method used was a descriptive method with tofu dregs concentrations of 0%, 1%, 3%, and 5%, as well as retention times of 0, 1, 2, and 3 days. The results showed that the addition of 5% tofu dregs with a retention time of 3 days produced the best characteristics, including a pH value of 3.99, total volatile acid (TVA) of 3,576 mg/L, total solids (TS) of 1.7%, total suspended solids (TSS) of 13,428.8 mg/L, and soluble chemical oxygen demand (S-COD) of 14,211 mg/L. The potential for biogas production in a tofu industry that produced 3,065.4 L of tofu wastewater from processing 150 kg/day of soybean raw materials, or equivalent to 20.44 m³/ton of soybeans, was 129.86 Nm³/ton, with an increase in biogas percentage of 48.25% compared to conditions without the addition of tofu dregs. This study demonstrated that the addition of tofu dregs as an organic material could be utilized to increase biogas production.

Keywords: tofu dregs, tofu wastewater, biogas production, S-COD

ABSTRAK

KARAKTERISTIK AIR LIMBAH TAHU DENGAN PENAMBAHAN AMPAS TAHU SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN PRODUKSI BIOGAS

Oleh

NABILA TARA ADIENTA

Pengolahan air limbah tahu menjadi biogas merupakan salah satu solusi untuk mengurangi pencemaran lingkungan dan berpotensi sebagai sumber energi alternatif untuk industri tahu. Salah satu upaya untuk meningkatkan potensi produksi biogas air limbah tahu adalah dengan penambahan sumber bahan organik ampas tahu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik terbaik dan potensi peningkatan produksi biogas dari penambahan ampas tahu pada air limbah tahu. Metode yang digunakan adalah metode deskriptif dengan variasi konsentrasi ampas tahu sebesar 0%, 1%, 3%, dan 5%, serta waktu tunda selama 0, 1, 2, dan 3 hari. Hasil menunjukkan bahwa penambahan ampas tahu 5% dengan waktu tunda 3 hari menghasilkan karakteristik terbaik, ditunjukkan oleh nilai pH 3,99, *total volatile acid* (TVA) 3.576 mg/L, *total solid* (TS) 1,7%, *total suspended solid* (TSS) sebesar 13,4288 mg/L, dan *soluble chemical oxygen demand* (S-COD) sebesar 14.211 mg/L. Potensi produksi biogas pada industri tahu yang menghasilkan air limbah tahu 3065,4 L dari pengolahan bahan baku kedelai 150 kg/hari atau setara dengan 20,44 m³/ton kedelai adalah sebesar 129,86 Nm³/ton dan persentase peningkatan sebesar 48,25% dibandingkan dengan kondisi tanpa penambahan ampas tahu. Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan ampas tahu sebagai bahan organik tambahan berpotensi meningkatkan produksi biogas.

Kata kunci: ampas tahu, air limbah tahu, produksi biogas, S-COD

**KARAKTERISTIK AIR LIMBAH TAHU DENGAN PENAMBAHAN
AMPAS TAHU SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN PRODUKSI BIOGAS**

Oleh

NABILA TARA ADIENTA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

Pada

**Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Skripsi : **KARAKTERISTIK AIR LIMBAH TAHU
DENGAN PENAMBAHAN AMPAS
TAHU SEBAGAI UPAYA
PENINGKATAN PRODUKSI BIOGAS**

Nama Mahasiswa : **Nabila Tara Adienta**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2114231007

Program Studi : Teknologi Industri Pertanian

Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI

1. **Komisi Pembimbing**

 **Prof. Dr. Eng. Ir. Udin Hasanudin, M.T.**  **Lathifa Indraningtyas, S.TP., M.Sc.**
NIP. 19640106 198803 1 002 NIP. 19910918 201903 2 023

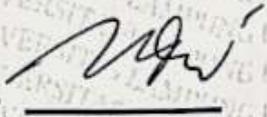
2. **Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian**


Dr. Erdi Suroso, S.TP., M.T.A., C.EIA
NIP. 19721006 199803 1 005

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

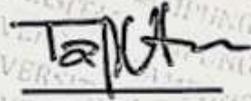
Ketua : Prof. Dr. Eng. Ir. Udin Hasanudin, M.T.



Sekretaris : Lathifa Indraningtyas, S.TP., M.Sc.



Anggota : Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. T. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.

NIP. 19641118 198902 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 10 Juni 2025

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nabila Tara Adienta

NPM : 2114231007

Dengan ini saya menyatakan bahwa seluruh isi dari karya ilmiah ini merupakan hasil pemikiran dan kerja saya sendiri, yang disusun berdasarkan pengetahuan serta informasi yang telah saya peroleh. Karya ilmiah ini tidak memuat isi yang telah dipublikasikan sebelumnya dan bukan merupakan hasil plagiarisme dari karya orang lain.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan sepenuhnya dapat saya pertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya tindakan kecurangan dalam penyusunan karya ini, saya bersedia untuk menerima segala konsekuensi yang berlaku.

Bandar Lampung, 25 Juni 2025
Yang membuat pernyataan



Nabila Tara Adienta
NPM. 2114231007

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Nabila Tara Adienta, lahir di Nambah Dadi pada 27 Mei 2003. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, putri dari pasangan bapak Gunadi dan ibu Istikomah. Penulis menyelesaikan Pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK Aisyiyah Bustanul Athfal (ABA) pada tahun 2009, sekolah dasar di SDN 3 Nambah Dadi Lampung Tengah pada tahun 2015, sekolah menengah pertama di SMPN 2 Seputih Mataram Lampung Tengah pada tahun 2018, sekolah menengah atas di SMAN 1 Terbanggi Besar Lampung Tengah pada tahun 2021. Penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi (SNMPTN) pada tahun 2021.

Penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada Januari-Februari 2024 di desa Jaya Sakti, Simpang Pematang, Mesuji. Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) pada Juli-Agustus 2024 di PT Great Giant Pineapple, Terbanggi Besar, Lampung Tengah dengan judul “Implementasi Pengendalian Kualitas Proses Produksi Kaleng Sebagai Pengemas Nanas di PT Great Giant Pineapple”. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi anggota kepengurusan Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung (HMJ THP FP UNILA) dan pernah menjabat sebagai Sekertaris Bidang Pendidikan dan Penalaran 2023. Penulis juga pernah mengikuti organisasi UKM Penelitian (UKMP) sebagai anggota departemen kaderisasi 2023. Selain itu, penulis dipercaya menjadi asisten dosen mata kuliah Mesin dan Peralatan Industri (2023) dan Teknologi Pengelolaan Limbah Agroindustri (2025).

SANWACANA

Alhamdulillah robbil aalamiin, puji syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, karunia, dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ **Karakteristik Air Limbah Tahu Dengan Penambahan Ampas Tahu Sebagai Upaya Peningkatan Produksi Biogas**” . Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan Program Sarjana (S1) di Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A., C.EIA., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Ibu Prof. Dr. Sri Hidayati, S.TP., M.P., selaku Koordinator Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Wisnu Satyajaya, S.T.P., M.M., M.Si.M.Phil., selaku Sekretaris Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
5. Prof. Dr. Eng. Ir. Udin Hasanudin, M.T., selaku pembimbing utama sekaligus pembimbing akademik (PA) penulis yang telah memberikan bimbingan, saran, dan dukungan kepada penulis selama menjalani perkuliahan hingga menyelesaikan skripsi ini.
6. Ibu Lathifa Indraningtyas, S.TP., M.Sc. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, dukungan, saran, dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

7. Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si., selaku dosen pembahas yang telah memberikan saran serta masukan terhadap skripsi ini.
8. Seluruh Bapak dan Ibu dosen pengajar, staf dan karyawan di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Lampung, yang telah mengajarkan, membimbing, dan membantu penulis dalam perkuliahan serta administrasi akademik.
9. Teristimewa untuk Ayahanda Gunadi, Ibunda Istikomah, dan kedua adik penulis, Viona Rosaning Tyas dan Hana Assyabya Afifa, terima kasih telah menjadi rumah ternyaman dengan kasih sayang yang tulus dan keluarga yang penuh kehangatan. Terima kasih telah menjadi pendengar yang baik, penghibur dengan segala canda tawa. Terima kasih atas doa baik yang selalu diberikan dan menjadi motivator utama bagi penulis untuk tetap kuat dengan penuh keyakinan dapat menyelesaikan skripsi ini serta dukungan untuk setiap langkah yang penulis tempuh untuk meraih mimpi di masa depan.
10. Teman penelitian tersayang Kukut Millyan Rizki yang telah berjuang bersama, menyemangati, membantu, memotivasi, mendengarkan segala keluh kesah dan menjadi teman kerja terbaik selama penelitian.
11. Kepada yang tidak kalah penting kehadirannya, Prayogi Ilhaq Primatama, terima kasih telah hadir sebagai tempat ternyaman untuk bercerita, berkeluh kesah, selalu ada dalam suka maupun duka, memberikan dukungan, doa baik, perhatian, kasih sayang, nasehat yang baik dan semangat untuk tidak pantang menyerah selama proses penyusunan skripsi.
12. Mba Siti Nurjanah, S.T.P., Bang Vico Regian Havib, S.T.P., dan teman seperjuangan di Laboratorium Pengelolaan Limbah Agroindustri, Alifudin Mubarok, M. Aqila Zhafran, Galuh Septa, Sabrina, dan Yosnita yang membantu, menemani, dan memberikan arahan kepada penulis selama penelitian.
13. Sahabat-sahabat terbaik Nandini Fita Loka, Hesti Elsa Widya, Eka Wulandari, Elvia Anggraini, Btari Vio Rinda, dan Diva Devalda yang telah menemani, membantu, mendukung, dan menjadi tempat keluh kesah penulis selama penyusunan skripsi ini serta telah kebersamai penulis dari awal hingga akhir perkuliahan.

14. Teman-teman THP dan TIP Angkatan 2021 yang telah memberikan dukungan, informasi, semangat, dan kebersamaannya selama perkuliahan.
15. Semua pihak yang telah membantu penulis selama penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan skripsi. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun serta dapat memberikan manfaat bagi penulis dan bagi pembaca.

Bandar Lampung, 25 Juni 2025
Yang membuat pernyataan

Nabila Tara Adienta
NPM. 2114231007

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang dan masalah.....	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Kerangka Pemikiran	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Air Limbah Tahu (ALT).....	7
2.2 Ampas Tahu	9
2.3 Biogas	10
2.4 Parameter Pengamatan.....	13
2.4.1 Derajat Keasaman (pH).....	13
2.4.2 <i>Total Volatil Acid</i> (TVA).....	14
2.4.3 <i>Total Solid</i> (TS)	14
2.4.4 <i>Total Suspended Solid</i> (TSS).....	15
2.4.5 <i>Soluble Chemical Oxygen Demand</i> (S-COD)	15
III. METODOLOGI	17
3.1 Waktu dan Tempat	17
3.2 Alat dan Bahan.....	17
3.3 Metode Penelitian	17
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	19
3.5 Pengamatan.....	20
3.5.1 Derajat Keasaman (pH) Metode Potensiometri	20

3.5.2 <i>Total Volatile Acid (TVA)</i> Metode Titrasi.....	20
3.5.3 <i>Total Solid (TS)</i> Metode Gravimetri	21
3.5.4 <i>Total Suspended Solid (TSS)</i> Metode Gravimetri	21
3.5.5 <i>Soluble Chemical Oxygen Demand (S-COD)</i>	22
3.5.6 Perhitungan Potensi Biogas.....	22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1 Karakteristik Air Limbah Tahu dengan Penambahan Ampas Tahu ...	24
4.1.1 Derajat Keasaman (pH).....	24
4.1.2 <i>Total Volatile Acid (TVA)</i>	26
4.1.3 <i>Total Solid (TS)</i>	28
4.1.4 <i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	30
4.1.5 <i>Soluble Chemical Oxygen Demand (S-COD)</i>	32
4.2 Potensi Peningkatan Produksi Biogas	34
V. KESIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA.....	38
LAMPIRAN	46

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Karakteristik Air Limbah Tahu	8
2. Komposisi Air Limbah Tahu (ALT) dan Ampas Tahu	18
3. Hasil Pengukuran pH Masing-Masing perlakuan.....	47
4. Hasil Pengukuran TS Masing-Masing Perlakuan	48
5. Hasil Pengukuran TSS Masing-Masing Perlakuan	49
6. Hasil Pengukuran S-COD Masing-Masing Perlakuan.....	50
7. Hasil Pengukuran TVA Masing-Masing Perlakuan	51
8. Hasil Perhitungan Potensi Biogas Berdasarkan S-COD	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir penelitian.....	6
2. Proses pembuatan tahu.....	8
3. Skema proses pembentukan biogas.....	11
4. Diagram alir pretreatment ampas tahu.....	19
5. Nilai pH penambahan ampas tahu pada air limbah tahu.....	25
6. Nilai TVA penambahan ampas tahu pada air limbah tahu.....	27
7. Nilai TS penambahan ampas tahu pada air limbah tahu.....	29
8. Nilai TSS penambahan ampas tahu pada air limbah tahu.....	31
9. Nilai S-COD penambahan ampas tahu pada air limbah.....	33
10. Potensi Produksi Biogas.....	36
11. Pengambilan sampel.....	56
12. Pengepresan ampas tahu.....	56
13. Penimbangan ampas tahu.....	56
14. Pencampuran ampas dan air limbah tahu.....	56
15. Botol sampel.....	56
16. Penimbangan tabung.....	56
17. Larutan disentrifuge 15 menit.....	57
18. Pemasukan sampel dalam reagen COD.....	57
19. Penghomogenan larutan.....	57
20. Pemanasan reagen COD.....	57
21. Pengukuran nilai COD.....	57
22. Pengukuran nilai pH.....	57
23. Pemanasan selama 3 menit.....	58
24. Titrasi sampel.....	58
25. Hasil titrasi.....	58
26. Pengovenan cawan kosong dan kertas saring.....	58
27. Penimbangan cawan kosong.....	58
28. Penimbangan larutan isi.....	58
29. Pengovenan selama 24 jam.....	59
30. Pendinginan sampel dalam desikator selama 15 menit.....	59
31. Penimbangan sampel TS.....	59
32. Penimbangan cawan kosong.....	59

33.	Penimbangan kertas saring.....	59
34.	Penyaringan sampel untuk mendapatkan TSS	59
35.	Peletakan sampel pada cawan	60
36.	Pengovenan sampel selama 2 jam.....	60
37.	Pendinginan dalam desikator	60
38.	Penimbangan sampel TSS.....	60

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Industri tahu di Lampung sebagai salah satu sektor penting yang sedang berkembang dalam produksi makanan berbasis kedelai. Tingginya permintaan tahu di Indonesia, yang tercermin dari peningkatan konsumsi tahunan, menjadi salah satu pendorong utama keberlanjutan industri ini. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2024), konsumsi tahu Indonesia pada tahun 2023 mencapai 0,152 kg per kapita per minggu, meningkat dari 0,148 kg per kapita per minggu pada tahun 2022. Industri tahu menghasilkan dua jenis limbah, yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah padat adalah ampas tahu yang dihasilkan dari proses penyaringan bubur kedelai. (Lolo dkk., 2021). Limbah cair disebut juga air limbah tahu yang dihasilkan dari proses pencucian, perendaman, dan pengepresan tahu (Pagoray dkk., 2021).

Air limbah tahu memiliki karakteristik kandungan organik seperti 0,1% karbohidrat, 0,42% protein, 0,13% lemak, 4,55% Fe, 1,74% fosfor dan 98,8% air (Amalia dkk., 2022). Air limbah tahu juga mengandung C-organik sebesar 5,803% dan N 1,24% (Farhana dan Wijaya, 2021). Kandungan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) berkisar (5.000-10.000 mg/l) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) berkisar (7.000-12.000 mg/l) (Anggara dkk., 2023). Menurut Setiawan dkk. (2021), *Total suspended solid* (TSS) mencapai sekitar 1.301 mg/L dan tingkat keasaman (pH) berkisar antara 5,5 hingga 5,6. Berdasarkan regulasi tersebut, standar TSS untuk air limbah tahu maksimal 200 mg/L, sementara pH harus berada dalam rentang 6 hingga 9. Selain itu, standar untuk *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) masing-masing ditetapkan sebesar 150 mg/L dan 300 mg/L. Konsentrasi bahan organik yang

tinggi pada air limbah tahu apabila dibuang ke perairan tanpa pengolahan berdampak pada ekosistem perairan (Muharrahi dkk., 2023).

Air limbah tahu dengan kandungan senyawa organiknya yang difermentasi secara anaerobik dapat menghasilkan gas metana (CH_4) yang dimanfaatkan sebagai sumber energi dalam bentuk biogas (Shitophyta dkk., 2019). Umumnya, biogas terdiri dari 50–80% metana, dengan kandungan CO_2 , H_2S , dan sedikit air sebagai komponen tambahan (Sumarno dkk., 2021). Berdasarkan penelitian Risyad (2018), air limbah tahu dapat dimanfaatkan menjadi biogas dan menghasilkan energi $30,16 \text{ m}^3$ atau setara dengan 40,6% dari total kebutuhan energi industry tahu sebesar $74,286 \text{ m}^3$. Pemanfaatan air limbah tahu sebagai bahan baku biogas belum optimal karena sumber bahan organik yang fluktuatif. Air limbah tahu memiliki kandungan air yang sangat tinggi dan konsentrasi bahan organik yang relatif rendah. Biogas dapat ditingkatkan dengan penambahan bahan organik berupa ampas tahu sebagai bahan organik tambahan dalam produksi biogas (Saputra dkk., 2023).

Ampas tahu mengandung bahan organik seperti kalsium 0,19%, protein 26,6%, lemak 18,3%, karbohidrat 41,3%, zat besi 0,04%, dan fosfor 0,29% (Masyhura dkk., 2019). Menurut Husin dkk., (2014), ampas tahu juga mengandung 34,86% hemisellulosa, 38,61% sellulosa, 5,64% lignin, dan 3,76% abu (basis kering). Pemanfaatan ampas tahu umumnya untuk bahan baku pembuatan tempe gembus dan pakan ternak (Pamujati dkk., 2021). Ampas tahu mengandung selulosa sebesar 30,4% (Sinaga dkk., 2019). Kandungan selulosa merupakan sumber karbon organik, sehingga berpotensi menjadi bahan baku dalam pembuatan biogas (Darnegsih, 2016). Ampas tahu memiliki C-organik sebesar 48,65% dan N-total 1,39% (Nismara dan Mirwan, 2023). Ampas tahu memiliki kandungan nutrisi yang tinggi sehingga dapat dimanfaatkan bahan tambahan substrat pembuatan biogas dari air limbah tahu.

Berdasarkan penelitian Saputra dkk. (2018), menyatakan bahwa ampas sebagai *co-digestion* dapat meningkatkan produksi senyawa antara hasil dekomposisi bahan organik yang mendukung produksi biogas. Namun, jumlah ampas tahu yang ditambahkan harus diperhatikan untuk mencapai hasil optimal. Menurut

Sinaga dkk. (2022) menunjukkan bahwa variasi konsentrasi campuran yang seimbang mempercepat proses fermentasi, sementara konsentrasi bahan padat yang terlalu tinggi memperlambat fermentasi. Selain konsentrasi, menurut Mago dkk., (2021) menyatakan bahwa salah satu faktor yang memengaruhi biogas dari hasil produksi dalam digester adalah waktu tunda bahan baku. Bahan baku lebih kompleks membutuhkan waktu lebih lama bagi bakteri anaerob untuk merombaknya. Waktu tunda media fermentasi dalam bioreaktor dipengaruhi oleh jumlah bahan organik yang ditambahkan (Kamal, 2019). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan penambahan ampas tahu dengan memberikan variasi konsentrasi ampas tahu sebagai bahan organik tambahan dan waktu tunda yang tepat terhadap karakteristik air limbah tahu dalam produksi biogas.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui karakteristik terbaik dari penambahan ampas tahu pada air limbah tahu sebagai bahan baku produksi biogas meliputi nilai pH, *total volatile acid* (TVA), *total solid* (TS), *total suspended solid* (TSS), dan *soluble chemical oxygen demand* (S-COD)
2. Mengetahui potensi produksi dan persentase peningkatan biogas pada penambahan ampas tahu dalam air limbah tahu

1.3 Kerangka Pemikiran

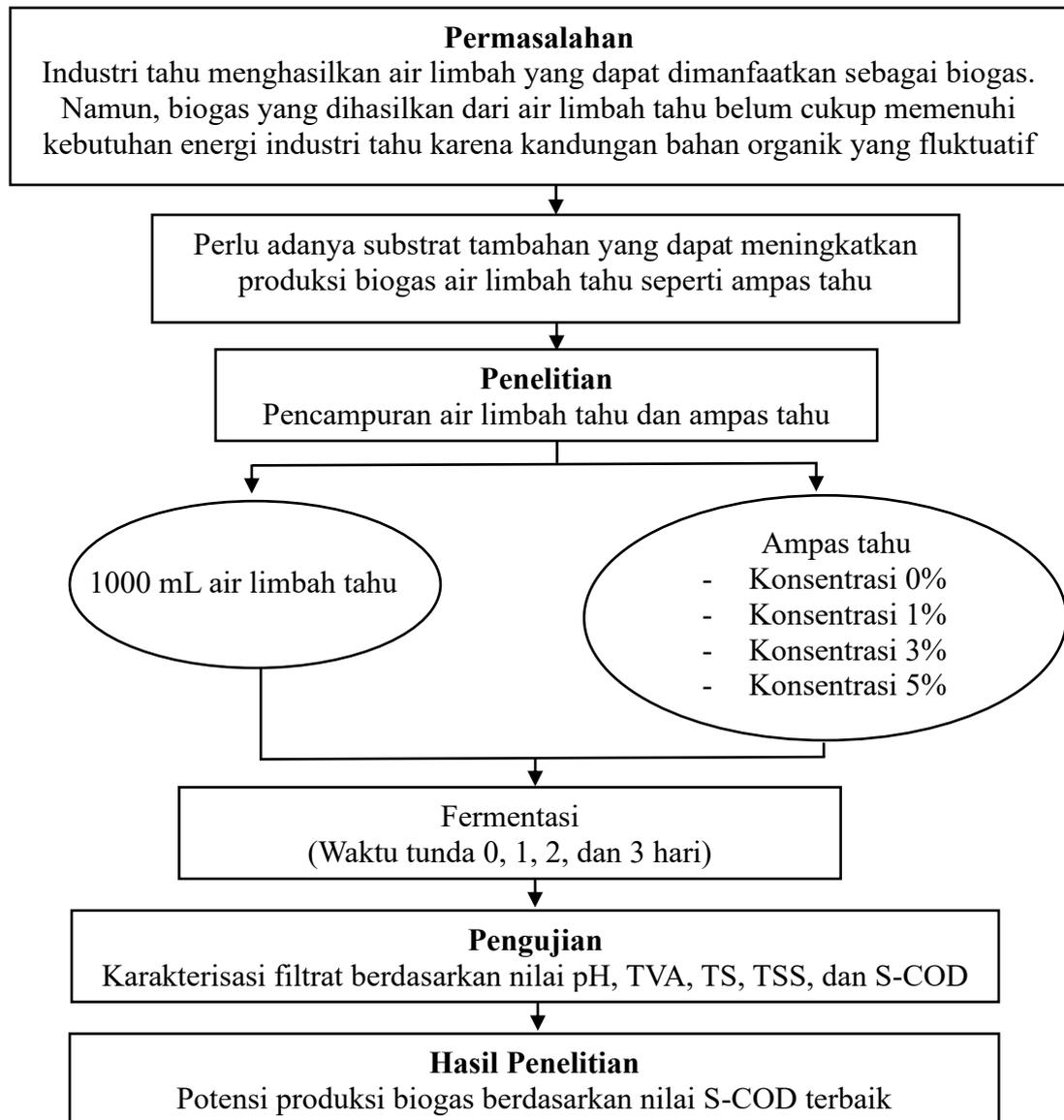
Industri tahu memiliki rangkaian produksi yang menggunakan air dalam jumlah besar, sehingga air limbah yang dihasilkan juga cukup banyak. Menurut Sjafruddin ddk. (2022) menyatakan bahwa dalam 150 kg kedelai produksi tahu menghasilkan limbah cair sekitar 3065,4 liter dan limbah padat sekitar 149,35 kg. Air limbah tahu apabila dibuang langsung ke badan air akan berdampak buruk pada lingkungan. Salah satu potensi pemanfaatan air limbah tahu dapat dijadikan biogas sebagai sumber energi industri tahu. Menurut Nisrina dan Andarani (2018), air limbah tahu dapat menghasilkan 50 % gas metana yang memungkinkan untuk menjadi bahan baku energi biogas. Hal ini karena air limbah tahu mengandung

komposisi bahan organik seperti air sebesar 82%, karbohidrat 13,71%, protein 2,42%, dan lemak 0.62% (Herianto, 2021).

Berdasarkan penelitian Risyad (2018) pemanfaatan limbah cair tahu menjadi biogas menghasilkan ketersediaan energi sebesar 30,16 m³ setiap harinya, sedangkan kebutuhan memasak industri sebesar 74,28 m³ sehingga belum mencukupi kebutuhan energi industri tahu. Ketersediaan bahan organik air limbah yang fluktuatif tergantung proses produksi. Menurut penelitian Nwokolo *et al.*, (2020) menyatakan pemanfaatan air limbah sebagai bahan baku biogas mengandung total padatan yang rendah (TS < 1%) sehingga perlu tambahan bahan organik untuk meningkatkan biodegradabilitasnya. Menurut Widarti dkk., (2023) bahan organik yang tersedia akan mempengaruhi jumlah biogas yang dihasilkan; semakin banyak bahan organik yang tersedia, semakin banyak biogas yang dihasilkan. Salah satu substrat yang dapat digunakan untuk meningkatkan sumber bahan organik pada air limbah tahu adalah ampas tahu. Menurut Saputra dkk. (2018) menyatakan ampas tahu yang digunakan sebagai substrat tambahan bersama feses sapi sebagai bahan baku biogas menghasilkan konsentrasi *volatile fatty acid* (VFA) yang tinggi, pencernaan protein rendah, dan total ammonia nitrogen (TAN) yang rendah sehingga dapat dijadikan sebagai substrat biogas. Hal ini karena kandungan ampas tahu yang cukup tinggi dengan karbohidrat 26,92%, lemak 5,54%, dan protein 23,55% (Sari dkk., 2023).

Pencampuran ampas tahu dan air limbah tahu dilakukan dengan tujuan meningkatkan kualitas bahan organik dalam memaksimalkan potensi biogas yang dihasilkan. Menurut Wagiman *et al.* (2020) penambahan limbah padat yang masih mengandung protein menyebabkan mikroorganisme yang tumbuh terbiasa mengubah protein menjadi produk sederhana seperti biogas. Menurut Sinaga dkk. (2022) menyatakan bahwa tingkat pembentukan biogas meningkat ketika campuran ampas tahu ditambahkan dengan konsentrasi yang seimbang. Penambahan ampas tahu dengan konsentrasi berbeda yang diberikan adalah 0%, 1%, 3%, dan 5% ampas tahu dari 1000 mL air limbah tahu yang digunakan. Waktu tunda (*retention time*) dalam fermentasi anaerob penting untuk menentukan seberapa lama mikroorganisme memiliki waktu untuk memecah bahan organik menjadi biogas. Menurut Nurhilal dkk., (2020) menyatakan bahwa hasil gas

metana meningkat dengan variasi waktu tunda dengan hasil gas methane tertinggi diperoleh pada waktu tunda 7 hari yang menghasilkan 2,806 %. Oleh karena itu, untuk mendapatkan hasil terbaik, variasi waktu penundaan juga diberikan dengan waktu retensi 0, 1, 2, dan 3 hari. Variabel yang akan diuji adalah variasi konsentrasi ampas tahu yang ditambahkan ke dalam air limbah tahu sebagai bahan organik tambahan dan waktu tunda. Parameter yang akan diuji yaitu nilai pH, TVA, TS, TSS, dan S-COD dalam produksi biogas. Selanjutnya, akan dilakukan perhitungan perkiraan potensi biogas yang dihasilkan berdasarkan nilai S-COD. Berdasarkan uraian tersebut, maka kerangka pikir peneliti disajikan pada Gambar 1.



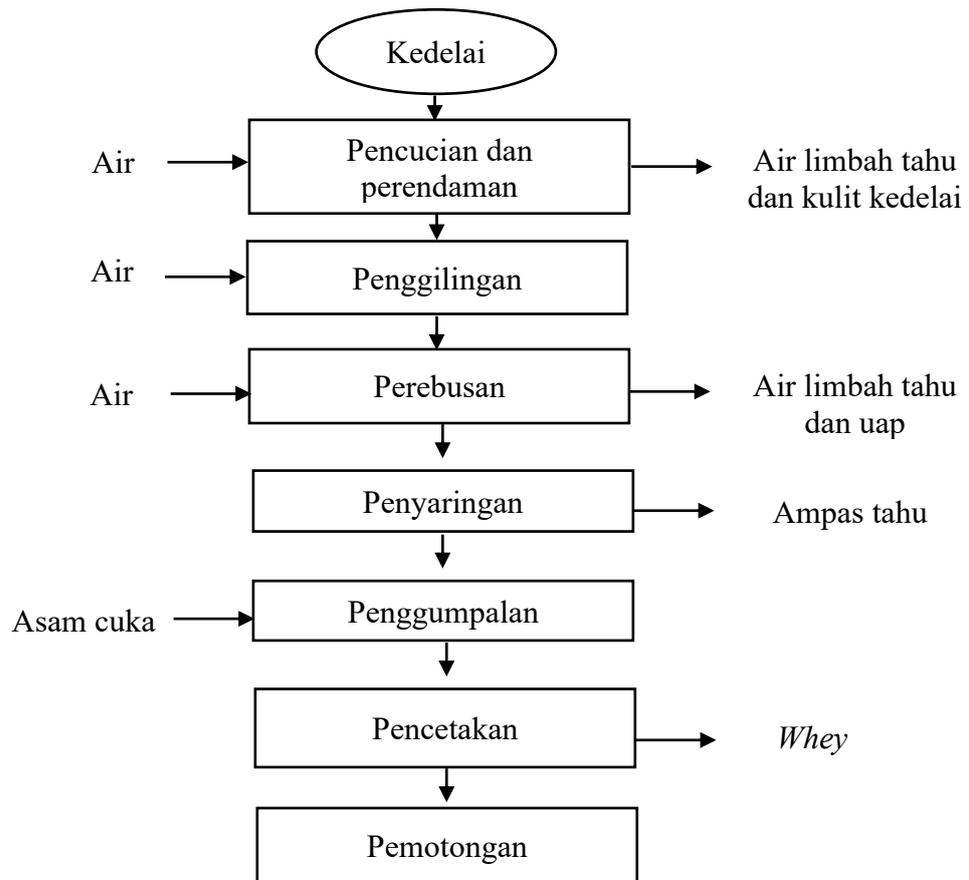
Gambar 1. Kerangka pikir penelitian.
Sumber: Modifikasi dari penelitian Aguzoen, 2024

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah Tahu (ALT)

Air limbah tahu adalah sisa air perendaman berwarna kuning muda keabu-abuan yang menjadi hitam dan berbau busuk saat dibiarkan. Karakteristik limbah cair sangat dipengaruhi oleh proses produksinya saat penambahan asam asetat (CH_3COOH) atau kalsium sulfat (CaSO_4) biasanya digunakan dalam proses pembuatan tahu untuk mengubah tahu yang kaya protein menjadi tahu padat (Yudhistira dkk., 2018). Air limbah tahu memiliki beban pencemar yang tinggi. Air limbah tahu apabila dibuang ke badan air penerima tanpa proses pengolahan, bahan organik yang mengandungnya akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap serta mengurangi jumlah oksigen yang terlarut dalam air (Agung dan Winata, 2017).

Air limbah tahu dihasilkan dari berbagai tahapan dalam proses produksi tahu. Tahapan tersebut meliputi pencucian biji kedelai, perendaman, pencetakan tahu, dan pembersihan alat. Setiap tahapan ini berkontribusi pada kandungan organik dan anorganik dalam limbah cair yang dihasilkan (Anggara dkk., 2023). Karakteristik fisika dan kimia air limbah tahu terdiri dari senyawa organik seperti karbohidrat, lemak, gas dan protein. Selain itu, air limbah tahu juga mengandung gas seperti hydrogen sulfida (H_2S), karbondioksida (CO_2), ammonia (NH_3), dan metana (CH_4) (Sally dkk., 2019). Rata-rata suhu air limbah tahu berkisar antara $40\text{-}60^\circ\text{C}$, yang menunjukkan suhu ini lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata suhu lingkungan sekitar. Air limbah tahu memiliki sifat asam karena proses aglutinasi sari kacang kedelai yang bersifat asam, sehingga mampu menghambat pertumbuhan mikroba (Amalia dkk., 2022). Air limbah tahu dihasilkan dalam proses pembuatan tahu disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses pembuatan tahu.
Sumber: (Nadya dkk., 2020)

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah pengolahan kedelai (tahu) Lampiran XVIII, baku mutu yang diperbolehkan meliputi BOD sebesar 150 mg/L, COD sebesar 200 mg/L, pH 7, dan TSS sebesar 300 mg/L. Karakteristik air limbah tahu disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Air Limbah Tahu

No.	Prameter	Nilai Parameter	Baku Mutu
1.	COD	4094 mg/L	150 mg/L
2.	BOD	2419 mg/L	150 mg/L
3.	TSS	4140mg/L	300 mg/L
4.	pH	4	7

Sumber: Pangestu dkk., 2021

Kadar BOD, COD, pH, dan TSS pada air limbah tahu sebelum diolah menunjukkan nilai yang jauh melebihi ambang batas baku mutu yang ditentukan. Hal ini berpotensi menimbulkan bau tidak sedap dan mengakibatkan kematian organisme air jika limbah tersebut dibuang langsung ke lingkungan atau dialirkan ke badan air tanpa pengolahan terlebih dahulu (Pangestu dkk., 2021). Air limbah tahu juga memiliki kandungan senyawa organik yang cukup tinggi dengan air sebesar 82%, karbohidrat 13,71%, protein 2,42%, dan lemak 0.62%. Senyawa organik yang terkandung dapat dimanfaatkan sebagai bahan organik tambahan dalam keadaan anaerobic yang berpotensi menghasilkan biogas (Herianto, 2021).

2.2 Ampas Tahu

Ampas tahu merupakan produk samping berbentuk padat yang dihasilkan dari proses pembuatan tahu, diperoleh melalui pemerasan bubur kedelai (Rahayu dkk., 2016). Ampas tahu juga dikenal sebagai limbah dari industri pangan yang telah melalui proses pengambilan pati (Simatupang, 2024). Proses pembentukan ampas tahu melibatkan beberapa tahap, yaitu perendaman, penggilingan, ekstraksi, pengambilan protein, penggumpalan, dan pencetakan. Jumlah air yang digunakan selama proses ekstraksi dan pengambilan protein memengaruhi tingkat ekstraksi dan jumlah hasil rendaman yang diperoleh. Tahap ekstraksi dilakukan dengan menambahkan sejumlah air tertentu dan memanaskan bubur kedelai hingga mendidih, diikuti dengan proses penyaringan dan penggumpalan. Proses ini menghasilkan limbah padat yang disebut ampas tahu (Yani dkk., 2023).

Ampas tahu adalah limbah yang dihasilkan dari proses produksi tahu dan memiliki keunggulan berupa kandungan protein yang relatif tinggi. Namun, kadar air yang tinggi pada ampas tahu menyebabkan daya simpannya menjadi singkat. Kandungan protein pada ampas tahu dapat mencapai 23,55%, atau setara dengan 26,6 gram per 100 gram. Selain itu, ampas tahu mengandung berbagai nutrisi lain, seperti serat kasar 16,53%, karbohidrat 26,92%, abu 17,03%, lemak 5,54%, dan air 17,03% (Putri dkk., 2022). Ampas tahu mengandung 34,86% hemisellulosa, 38,61% sellulosa, 5,64% lignin, dan 3,76% abu (basis kering) (Husin dkk., 2014). Ampas tahu juga mengandung N-organik sebesar 1,24%, P₂O₅ sebesar 5,54 mg/L,

dan K_2O sebesar 1,34 mg/L. Ampas tahu sebagian besar digunakan sebagai pakan ternak atau pupuk hayati tanaman (Budiyono dan Syaichurrozi, 2020). Selain itu, ampas tahu juga dapat dimanfaatkan sebagai substrat dalam proses anaerobik untuk menghasilkan biogas (Saputra dkk., 2018).

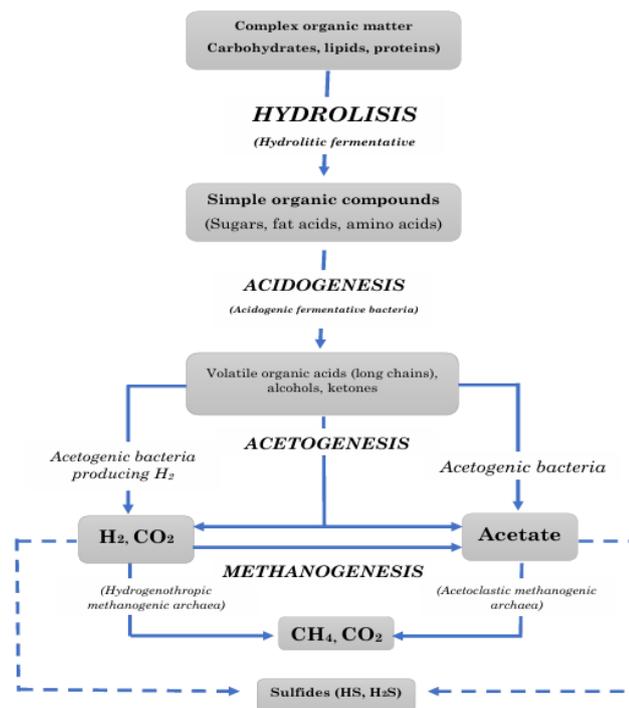
2.3 Biogas

Biogas merupakan campuran gas yang dihasilkan melalui proses penguraian bahan organik oleh bakteri dalam kondisi anaerob (tanpa oksigen), menghasilkan gas utama berupa metana (CH_4) (Sinaga dkk., 2022). Komposisi biogas terdiri dari metana (CH_4) antara 55-70%, karbon dioksida (CO_2) antara 25-50%, air (H_2O) antara 1-5%, H_2S antara 0-5%. Nitrogen (N_2) antara 0-5%, dan amonia (NH_3) antara 0-0,05% (Budiyono *et al.*, 2019). Proses pembentukan biogas berlangsung dalam biodigester, yang berfungsi sebagai wadah untuk mendukung pertumbuhan bakteri serta mencerna bahan organik. Biogas memiliki berat sekitar 20% lebih ringan dibandingkan udara, dengan suhu pembakaran berkisar antara 650-750°C. Gas ini tidak berbau, tidak berwarna, dan saat dibakar menghasilkan nyala api biru cerah (Pujiati dkk., 2015).

Menurut Sarwono *et al.* (2018), metana (CH_4) adalah komponen utama biogas yang berfungsi sebagai bahan bakar dengan nilai kalor yang tinggi. Kandungan energi dalam biogas bergantung pada kadar metana yang terkandung di dalamnya. Semakin tinggi konsentrasi metana, semakin besar energi atau nilai kalor yang dihasilkan, dan sebaliknya. Produktivitas serta komposisi biogas dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti pH, suhu, tekanan, dan kelembaban udara. Hal ini menunjukkan bahwa optimasi faktor-faktor tersebut sangat penting untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi energi biogas.

Menurut Nurhilal *et al.* (2020), faktor utama dalam memilih bahan organik untuk produksi biogas adalah kandungan karbon (C) dan nitrogen (N) dalam bahan tersebut. Rasio C/N yang seimbang menjadi kunci keberhasilan proses ini. Jika rasio C/N terlalu tinggi, artinya kandungan karbon lebih dominan, proses metabolisme menjadi kurang optimal, sehingga karbon dalam bahan organik tidak sepenuhnya terkonversi dan produksi gas metana menjadi rendah. Untuk

meningkatkan produksi biogas, bahan dengan kandungan karbon, seperti jerami padi, atau nitrogen, seperti urea, dapat ditambahkan untuk mencapai rasio ideal C/N sebesar 20. Menurut Megawati (2014), secara garis besar, reaksi kimia proses dekomposisi anaerobik pembentukan biogas dengan hasil utamanya adalah gas metana dapat dibagi menjadi empat tahap disajikan pada gambar 3.



Gambar 3. Skema proses pembentukan biogas
Sumber: (Budiyono and Syaichurrozi, 2020)

1. Tahap Hidrolisis

Hidrolisis adalah proses penguraian biomassa kompleks menjadi glukosa sederhana. Senyawa organik yang mudah larut dipecah, sementara bahan organik kompleks diubah menjadi bentuk yang lebih sederhana, yaitu dari polimer menjadi monomer (Hidayatullah *et al.*, 2019). Proses hidrolisis melibatkan dekomposisi bahan organik kompleks (polimer) menjadi unit-unit kecil seperti monomer dan oligomer. Senyawa organik kompleks seperti karbohidrat, lipid, dan protein terdegradasi menjadi senyawa organik sederhana seperti glukosa, asam lemak rantai Panjang, dan asam amino (Budiyono and Syaichurrozi, 2020). Mikroorganisme hidrolitik berperan dalam proses ini dengan mensekresikan

enzim-enzim hidrolitik untuk memecah polimer menjadi senyawa yang lebih sederhana.

2. Tahap Asidogenesis

Asidogenesis adalah tahap perombakan senyawa organik sederhana terdegradasi seperti glukosa, asam lemak rantai Panjang, asam amino menjadi asam lemak yang mudah menguap (asam asetat, asam butirat, asam propinat, hydrogen, karbondioksida, methanol, dan etanol) (Budiyono and Syaichurrozi, 2020). Menurut Mujdalipah dkk. (2014) menyatakan fase ini mengubah monomer dan oligomer diubah menjadi asam asetat, karbon dioksida (CO₂), asam lemak rantai pendek, serta alkohol. Proses ini hasil dari hidrolisis diolah oleh bakteri asidogenik menjadi substrat yang akan digunakan oleh bakteri metanogen. Gula sederhana, asam amino, dan asam lemak dipecah menjadi asetat, karbon dioksida, dan hidrogen (70%), serta sebagian lainnya diubah menjadi *volatil fatty acid* (VFA) dan alkohol (30%).

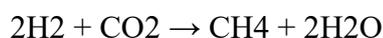
3. Tahap Astogenesis

Asetogenesis merupakan tahapan perubahan asam propionate, asam butirat, dan etanol diubah menjadi asam asetat (Budiyono and Syaichurrozi, 2020). Selama tahap asetogenesis, produk dari asidogenesis yang tidak dapat langsung diubah menjadi metana oleh bakteri metanogen akan diubah menjadi substrat yang bisa digunakan oleh bakteri metanogen (Dwityaningsih dkk., 2024). *Volatil fatty acid* (VFA) dan alkohol mengalami oksidasi menjadi makanan bagi metanogen, seperti asetat, hidrogen, dan karbon dioksida. Peningkatan kadar hidrogen dalam proses ini dapat meningkatkan tekanan parsial hidrogen, yang dianggap sebagai produk sampingan dari asetogenesis dan dapat menghambat metabolisme bakteri asetogenik. Beberapa hasil dari asidogenesis, seperti asetat, hidrogen, dan karbon dioksida, dapat langsung dimanfaatkan oleh metanogen, sementara asam lemak volatil dan alkohol akan diubah oleh bakteri asetogenik menjadi asetat (Shitophyta dkk., 2021).

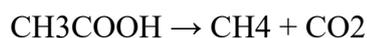
4. Tahap Methanogenesis

Methanogenesis adalah proses konversi senyawa menjadi gas metana yang dilakukan oleh bakteri metanogen (Mujdalipah dkk., 2014). Tahap pembentukan gas metana, bakteri metanogen seperti *Methanobacterium*, *Methanobacillus*, *Methanosarcus*, dan *Methanococcus* memainkan peran penting. Proses ini melibatkan simbiosis antara bakteri metanogen dengan bakteri asidogenik, di mana hidrogen, CO₂, dan asam asetat digunakan untuk menghasilkan metana dan CO₂. Pembentukan biogas dalam digester bergantung pada peran bakteri untuk memecah senyawa polimer seperti karbohidrat, lemak, dan protein. Metanogen yang menghasilkan metana dari asetat disebut metanogen asetat, sedangkan yang menggunakan hidrogen dan CO₂ untuk menghasilkan metana dikenal sebagai ashydrogenotrophs (Shitophyta dkk., 2021). Menurut (Budiyono and Syaichurrozi, 2020), tahapan metanogenesis terdiri dari tiga mekanisme sebagai berikut.

- a. Metanogenesis hidrogenotropik merupakan reaksi antara karbon dioksida dan hydrogen menghasilkan metana dan air dengan persamaan berikut.



- b. Metanogenesis asetoklastik merupakan proses asam asetat diubah menjadi metana dan karbondioksida dengan persamaan berikut.



- c. Metanogenesis metiltropik merupakan proses perubahan methanol menjadi metana, karbon dioksida, dan air dengan persamaan berikut.



2.4 Parameter Pengamatan

2.4.1 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) adalah ukuran yang digunakan untuk menentukan sifat asam atau basa suatu zat. Perubahan pH dalam air memiliki dampak signifikan terhadap proses fisik, kimia, dan biologis yang terjadi pada organisme yang ada di dalamnya. Skala pH berkisar antara 1 hingga 14, di mana pH 1 hingga 7 menunjukkan kondisi asam, pH 7 hingga 14 menunjukkan kondisi basa, dan pH 7

dianggap netral. Derajat keasaman ini penting untuk menilai kebutuhan pengolahan awal (*pretreatment*) guna mencegah gangguan dalam proses pengolahan limbah cair secara konvensional. Secara umum, pH limbah cair domestik cenderung mendekati angka netral (Harmawan, 2022). pH dapat mencerminkan kondisi yang ada dalam sistem karena dapat mengindikasikan dominasi asidogenik/asetogenik pada tahap pertama dengan pH asam dan dominasi metanogenik pada tahap kedua dengan pH netral (Damayanti *et al.*, 2019).

2.4.2 Total Volatil Acid (TVA)

Total Volatile Acids (TVA) merupakan produk antara dalam pembentukan biogas. TVA merujuk pada konsentrasi asam lemak volatil, seperti asam asetat, propionat, dan butirat, yang terbentuk selama proses dekomposisi anaerobik bahan organik. TVA adalah parameter penting dalam produksi biogas yang digunakan untuk mengukur konsentrasi senyawa organik terlarut yang mudah terurai (*biodegradable*) (Nurjanah, 2022). TVA termasuk senyawa perantara (asetat, propionat, butirat, laktat), yang dihasilkan selama proses asidogenesis, dengan rantai karbon hingga enam atom. Kadar TVA yang tinggi menunjukkan aktivitas fermentasi berjalan, namun jika tidak diikuti dengan stabilisasi pH atau penyerapan oleh metanogen, dapat menyebabkan penurunan pH dan mengganggu proses lanjutan. Umumnya, ketidakstabilan dalam proses pencernaan dapat menyebabkan penumpukan TVA dalam digester, yang dapat menurunkan pH (Friatnanto, 2022). Semakin banyak TVA yang terkandung dalam sistem, maka semakin banyak biogas yang dihasilkan (Budiyono *et al.*, 2021).

2.4.3 Total Solid (TS)

Total Solid (TS) atau padatan total mencakup jumlah zat padat terlarut dan tersuspensi, baik yang bersifat organik maupun anorganik. Nilai TS menentukan semua materi yang tersisa sebagai residu setelah diuapkan melalui proses pemanasan pada suhu 105° C, materi yang memiliki tekanan uap yang signifikan pada suhu ini hilang selama penguapan dan tidak didefinisikan sebagai padatan (Metcalf and Eddy, 1991). Zat padat terlarut terdiri dari mineral, garam, logam,

serta kation dan anion yang terlarut dalam air, yang diukur dalam mg/l. Limbah yang berbahaya dan beracun biasanya memiliki kadar *Total Solid* (TS) yang melebihi batas maksimum yang diperbolehkan, seperti yang ditemukan pada analisis air limbah tahu (Rohmah dan Sugiarto, 2014). *Total Solid* juga mencerminkan persentase bahan kering dari bahan baku yang digunakan untuk menghasilkan biogas (Baskara dkk., 2020).

2.4.4 *Total Suspended Solid* (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) merujuk pada padatan yang tidak dapat melewati saringan dengan ukuran partikel lebih kecil dari 2 μ m atau lebih besar dari partikel koloid. TSS adalah parameter yang digunakan untuk menghitung dan menganalisis kualitas air (Zuhrita, 2019). TSS atau Total Suspended Solid diklasifikasikan menjadi solid melayang yang bersifat organik dan solid terendap yang dapat bersifat organik dan anorganik (Nury dkk., 2023). Nilai TSS menunjukkan jumlah padatan yang tersuspensi dalam air limbah yang berupa padatan yang berperan sebagai bahan pembentuk endapan awal, secara fisik ditunjukkan bahwa banyak endapan terbentuk ketika limbah dibiarkan untuk sementara waktu (Hardyanti *et al.*, 2023). Padatan ini mengandung bahan organik yang berpotensi dikonversi menjadi biogas. Jika jumlah TSS cukup atau seimbang, maka partikel-partikel padat tersebut justru bermanfaat karena mengandung nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk memecah bahan organik dan menghasilkan biogas (Toma *et al.*, 2016).

2.4.5 *Soluble Chemical Oxygen Demand* (S-COD)

Soluble Chemical Oxygen Demand (S-COD) adalah indikator yang mengukur jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik yang larut dalam air. Menurut Hasanudin *et al.* (2019), SCOD adalah bahan yang mudah terurai secara hayati yang mudah diubah menjadi pencernaan anaerobik yang dianggap biogas. Berbeda dengan *Total Chemical Oxygen Demand* (T-COD) yang mencakup semua bahan organik, baik yang larut maupun yang tersuspensi, S-COD hanya mengukur senyawa organik yang larut dalam air. Nilai COD mencerminkan jumlah polutan organik dalam air yang dapat teroksidasi secara

alami melalui proses biologis, yang mengurangi kadar oksigen terlarut (Hardyanti *et al.*, 2023). Peningkatan COD dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen yang terlarut dalam air. Kadar S-COD yang tinggi di awal proses menunjukkan ketersediaan bahan organik yang cukup, dan penurunan nilainya selama proses menandakan bahwa mikroba telah memanfaatkannya untuk menghasilkan biogas. S-COD yang lebih tinggi menunjukkan ketersediaan bahan organik yang lebih mudah dicerna oleh mikroorganisme untuk menghasilkan biogas, menjadikannya parameter yang berguna dalam mengevaluasi potensi produksi biogas (Saputri dkk., 2023).

III. METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2025 di Laboratorium Pengelolaan Limbah Agroindustri Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan adalah bak kotak, timbangan, gelas ukur, pengaduk, botol sampel, corong plastik, beaker glass, labu ukur, tabung COD, rak tabung reaksi, pipet volumetrik, rubber bulb, batang pengaduk, botol semprot, pH meter HI 2550 pH/ORP dan EC/TDS/NaCl Meter Hanna Instruments, COD reactor DRB 200, HACH spektrofotometer DR4000, vortex, erlenmeyer, buret, statif dan klem, corong kaca, gelas ukur, tabung centrifuge, centrifuge, cawan porselen, timbangan digital, penjepit, desikator, oven, furnace, hotplate magnetic stirrer, kulkas, kertas label, dan tisu.

Bahan-bahan yang digunakan adalah air limbah tahu dan ampas tahu yang didapatkan dari pabrik tahu di Bandar Lampung, Provinsi Lampung. Selain itu, dibutuhkan bahan-bahan kimia penunjang penelitian yaitu reagen COD, asam sulfat (H_2SO_4) 0,1 N, aquades, NaOH 0,1 N, indikator pp.

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif dengan menyajikan hasil pengamatan dalam bentuk grafik dan kemudian dilakukan analisis secara deskriptif. Penelitian ini dilakukan dengan perlakuan perbedaan konsentrasi dan

waktu tunda. Konsentrasi yang digunakan yaitu 0%, 1%, 3%, dan 5% ampas tahu yang dihitung berdasarkan volume air limbah tahu sebanyak 1000 mL. Waktu tunda yang diberikan 0 hari, 1 hari, 2 hari, dan 3 hari. Penelitian ini dilakukan dengan 2 kali ulangan dengan hasil pengamatan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Adapun komposisi air limbah tahu dan ampas tahu disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Air Limbah Tahu (ALT) dan Ampas Tahu

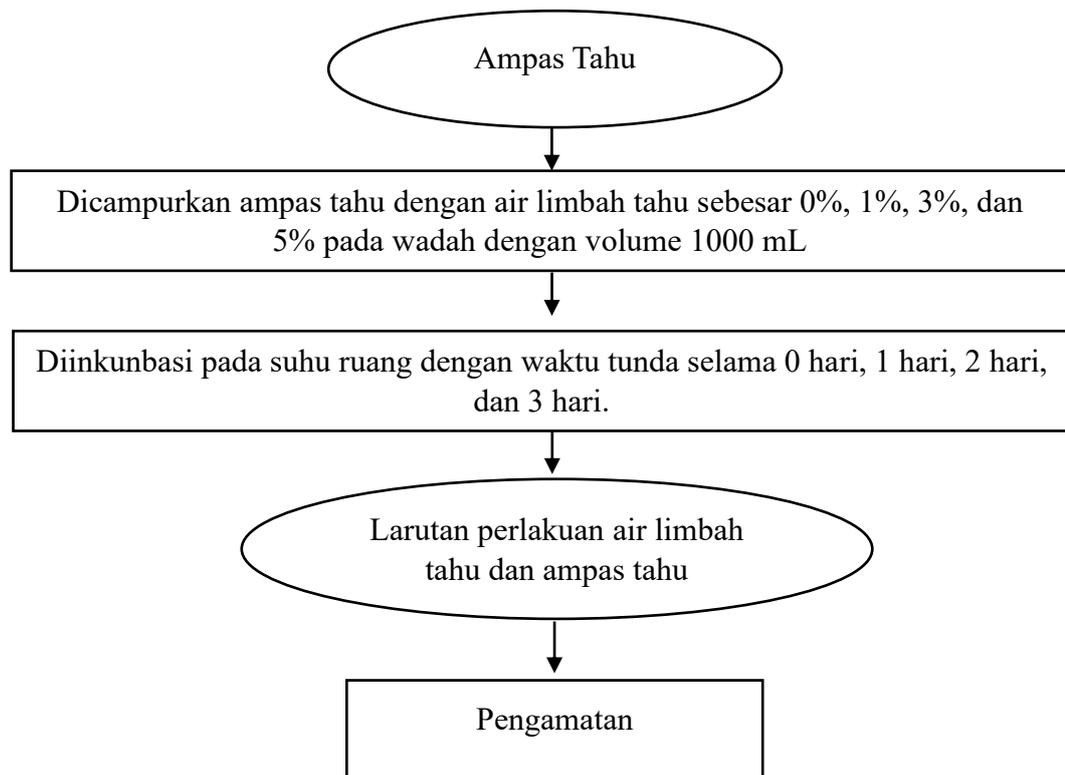
Waktu Tinggal	Perlakuan Ampas Tahu				Ulangan	
	0%	1%	3%	5%		
0 hari	1000 mL	990 mL	970 mL	950 mL	1	
	ALT	ALT + 10 gr ampas tahu	ALT + 30 gr ampas tahu	ALT + 50 gr ampas tahu		
1 hari	1000 mL	990 mL	970 mL	950 mL		
	ALT	ALT + 10 gr ampas tahu	ALT + 30 gr ampas tahu	ALT + 50 gr ampas tahu		
2 hari	1000 mL	990 mL	970 mL	950 mL		
	ALT	ALT + 10 gr ampas tahu	ALT + 30 gr ampas tahu	ALT + 50 gr ampas tahu		
3 hari	1000 mL	990 mL	970 mL	950 mL		
	ALT	ALT + 10 gr ampas tahu	ALT + 30 gr ampas tahu	ALT + 50 gr ampas tahu		
0 hari	1000 mL	990 mL	970 mL	950 mL		2
	ALT	ALT + 10 gr ampas tahu	ALT + 30 gr ampas tahu	ALT + 50 gr ampas tahu		
1 hari	1000 mL	990 mL	970 mL	950 mL		
	ALT	ALT + 10 gr ampas tahu	ALT + 30 gr ampas tahu	ALT + 50 gr ampas tahu		
2 hari	1000 mL	990 mL	970 mL	950 mL		
	ALT	ALT + 10 gr ampas tahu	ALT + 30 gr ampas tahu	ALT + 50 gr ampas tahu		
3 hari	1000 mL	990 mL	970 mL	950 mL		
	ALT	ALT + 10 gr ampas tahu	ALT + 30 gr ampas tahu	ALT + 50 gr ampas tahu		

Tabel diatas merupakan kombinasi perlakuan penambahan Ampas tahu ke dalam 1000 mL air limbah tahu. Pengamatan dilakukan terhadap nilai pH metode

potensiometri, *total volatile acid* (TVA) metode titrasi, *total solid* (TS) metode gravimetri, *total suspended solid* (TSS), dan *soluble chemical oxygen demand* (S-COD)

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini menggunakan sampel air limbah tahu tapioka dan ampas tahu yang diperoleh dari industri tahu yang terdapat di Bandar Lampung. Perlakuan awal dilakukan dengan menambahkan ampas tahu dengan air limbah tahu seperti Tabel 2. Setelah itu, dilakukan pengambilan sampel untuk dilakukan analisa terhadap berbagai perlakuan awal.



Gambar 4. Diagram alir pretreatment ampas tahu.
Sumber: Modifikasi dari penelitian Nurjanah, 2022

3.5 Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan adalah pengukuran nilai pH, *total volatile acid* (TVA), *total solid* (TS), *total suspended solid* (TSS), dan *soluble chemical oxygen demand* (S-COD)

3.5.1 Derajat Keasaman (pH) Metode Potensiometri

Pengukuran sampel menggunakan alata pH meter. Sampel ampas tahu diperas hingga mendapatkan air perasan ampas tahu. Langkah-langkah dalam prosedur pengukuran pH meliputi beberapa tahap, yaitu pertama, bilas elektroda menggunakan air aquades. Kedua, keringkan elektroda dengan kertas tisu. Ketiga, celupkan elektroda ke dalam sampel uji hingga pH meter menunjukkan nilai yang stabil. Keempat, catat hasil yang tertera pada tampilan pH meter. Terakhir, setelah pengukuran selesai, bilas kembali elektroda dengan air aquades dan keringkan dengan kertas tisu (SNI 06-6989.11-2004).

3.5.2 *Total Volatile Acid* (TVA) Metode Titrasi

Analissi *total volatile acid* dilakukan untuk mengetahui jumlah total asam yang dihasilkan. Tahapan awal analisis TVA dengan mempersiapkan bahan pengasaman dan basa. Bahan pengasaman yang digunakan adalah H₂SO₄ 0,1N. Bahan tersebut dilakukan pembuatan H₂SO₄ 0,1N dengan mengambil 2,77 mL H₂SO₄ menggunakan pipet volumetric dan dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL. Selanjutnya, pengenceran dengan menambahkan aquades sampai batas tanda tera. Bahan basa yang digunakan adalah NaOH 0,1 N. Bahan tersebut dilakukan pembuatan NaOH 0,1 N dengan memasukan 40 gram NaOH kedalam labu ukur 1000 mL. Kemudian, larutan diencerkan dengan menambah aquades sampai batas tera.

Tahapan analisis TVA dilakukan dengan memasukan 50 mL sampel ke dalam Erlenmeyer 250 mL. Selanjutnya, menetapkan pH sampel tersebut menutju pH 4 dengan menambahkan H₂SO₄ 0,1N. Kemudian, larutan sampel dipanaskan hingga mendidih selama ± 3 menit menggunakan *hot plate*. Sampel didinginkan

sampai suhu ruang. Selanjutnya, menambahkan 3 tetes indikator PP dan kemudian titrasi dengan NaOH 0,1 N sampai menunjukkan perubahan warna yaitu merah muda. Terakhir, catat volume NaOH terpakai pada lembar pengamat. Adapun perhitungan TVA sebagai berikut.

$$TVA = \frac{\Sigma \text{titar NaOH } 0,1N \times 0,1 \times 60 \text{ mol/g}}{50} \times 1000$$

(Nurjanah, 2022)

3.5.3 *Total Solid (TS) Metode Gravimetri*

Analisis *total solid* (TS) berupa pengukuran jumlah padatan yang terdapat pada air limbah tahu yang larut maupun tidak larut. Tahapan analisis TS pada sampel diawali dengan memanaskan dan menimbang cawan kosong. Selanjutnya sampel dituangkan kedalam cawan untuk ditimbang dan dipanaskan menggunakan oven memmert pada suhu 103°C-105°C selama 24 jam. Selanjutnya, cawan didinginkan dalam desikator selama 15 menit. Terakhir, menimbang cawan berisi sampel dan memperhitungkan TS dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$TS = \frac{\text{Berat cawan setelah di oven (g)} - \text{Berat cawan kosong (g)}}{\text{volume larutan (g)}} \times 100\%$$

(SNI 06-6989.26-2005)

3.5.4 *Total Suspended Solid (TSS) Metode Gravimetri*

Analisis *total suspended solid* (TSS) dilakukan untuk mengetahui jumlah total padatan yang tersuspensi atau mengambang dalam air limbah tahu yang tertahan pada filter setelah sampel air limbah tahu disaring. Proses analisis dimulai dengan mengoven cawan petri dan kertas saring ke dalam oven selama 1 jam pada suhu 105 °C, kemudian dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang untuk diketahui berat keringnya. Selanjutnya, memasukan sampel 50 mL ke dalam tabung sentrifuge, kemudian disentrifugasi selama 15 menit pada kecepatan 3000 rpm. Endapan yang terbentuk kemudian disaring menggunakan kertas saring. Kertas saring dipindahkan ke dalam cawan petri. Setelah itu, cawan berisi

endapan sampel dipanaskan kembali di dalam oven selama 2 jam pada suhu 105 °C. Setelah proses pengovenan selesai, cawan didinginkan dalam desikator selama 15 menit dan kemudian ditimbang. Bobot tetap yang diperoleh digunakan untuk menghitung TSS dengan rumus yang sesuai (SNI 06-6989.3-2019).

$$\text{TSS} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{Volume sampel (mL)}}$$

Keterangan:

A = Berat cawan + sampel setelah dioven (mg)

B = Berat cawan + kertas saring kering setelah dioven (mg)

3.5.5 *Soluble Chemical Oxygen Demand (S-COD)*

Pengukuran *Soluble Chemical Oxygen Demand (S-COD)* dilakukan untuk menentukan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik yang terlarut dalam larutan secara kimia. Proses dimulai dengan memasukkan sekitar 50 mL larutan sampel ke dalam centrifuge, kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 3500 rpm selama 10 menit untuk memisahkan padatan terlarut dari larutan. Selanjutnya, 0,2 mL sampel diambil menggunakan pipet volumetric dan dimasukkan ke dalam vial yang berisi reagent COD. Reagent COD dihomogenkan menggunakan vortex selama 20 detik. lalu dipanaskan dalam reaktor DRB 200 selama 2 jam pada suhu 150°C. Setelah pemanasan, sampel didinginkan hingga suhu ruang dan dihomogenkan kembali menggunakan vortex selama 20 detik. Kemudian, sampel didiamkan selama 10 menit lalu pengukuran COD dilakukan menggunakan multiparameter photometer HI83399, dengan hasil dicatat pada lembar pengamatan (Aguzean, 2024).

3.5.6 *Perhitungan Potensi Biogas*

Perhitungan potensi biogas merupakan perhitungan untuk memperkirakan jumlah biogas yang dihasilkan dari sumber bahan organik. Perhitungan didasar dengan mengetahui bahan baku produksi tahu dan air limbah yang dihasilkan. Asumsi produksi air limbah tahu yang didapat dari 150 kg kedelai per hari yaitu sebesar

3065,4 L atau setara dengan 20,4 m³/ ton setiap harinya. Asumsi 1 kg COD adalah 0,35 Nm³/kg COD dan COD removal 80%. Asumsi kadar metana dalam biogas sebesar 60%. Perhitungan potensi biogas diawali dengan mengonversi nilai nilai T-COD lalu dikonversi ke nilai metana (CH₄), kemudian mengkonversi nilai metana (CH₄) ke biogas. Perhitungan dilakukan berdasarkan persamaan yang tercantum dalam metodologi AMS-III.H (UNFCCC, 2019).

$$\text{CH}_4 = Q \times \text{COD} \times \eta \times \text{MCF} \times \text{B}_{\text{O}_{\text{ww}}} \times \text{UF}_{\text{BL}}$$

$$\text{Nilai Biogas} = \frac{\text{Gas Metana (CH}_4\text{)}}{\text{Kadar (CH}_4\text{)}}$$

Keterangan:

Q = Jumlah air limbah (m³/ton)

COD = Nilai COD (kg COD/m³)

η = Efisiensi degradasi COD (*removal efficiency*)

MCF = *Methane correction factor* yaitu efisiensi pembentukan CH₄ dalam kondisi anaerob (0,8)

B_{O_{ww}} = Potensi maksimum produksi CH₄ dari COD (Nm³/kg COD)

UF_{BL} = Faktor ketidakpastian (0,89)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Karakteristik terbaik meliputi nilai pH 3,99, *total volatile acid* (TVA) 3.576 mg/L, *total solid* (TS) 1,7%, *total suspended solid* (TSS) sebesar 13,4288 mg/L, dan *soluble chemical oxygen demand* (S-COD) sebesar 14.211 mg/L diperoleh dari penambahan ampas tahu 5% dengan waktu tunda 3 hari
2. Potensi produksi biogas pada industri tahu yang menghasilkan air limbah tahu 3065,4 L dari pengolahan bahan baku kedelai 150 kg/hari atau setara dengan 20,44 m³/ton kedelai adalah sebesar 129,86 Nm³/ton kedelai dan persentase peningkatan biogas sekitar 48,25% berdasarkan perhitungan nilai S-COD terbaik pada penambahan ampas tahu 5% dengan waktu tunda 3 hari

5.2 Saran

Saran pada penelitian ini adalah dalam upaya meningkatkan potensi produksi biogas, penambahan ampas tahu sebesar 5% ke dalam air limbah tahu perlu dipertimbangkan karena menunjukkan karakteristik air limbah yang lebih mendukung untuk produksi biogas. Namun, mengingat peningkatan produksi biogas hanya 48,25% masih belum optimal, maka disarankan untuk mempertimbangkan penambahan bahan organik lain (misalnya penambahan onggok). Selain itu, air limbah hasil keluaran dari reaktor biogas perlu diteliti lebih lanjut untuk dimanfaatkan sebagai pupuk organik cair karena kandungan unsur hara di dalamnya yang dapat memberikan nilai tambah serta mendukung konsep pengolahan limbah berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung R, T., dan Winata, H. S. 2017. Pengolahan Air Limbah Industri Tahu Dengan Menggunakan Teknologi Plasma. *Jurnal Imiah Teknik Lingkungan*, 2 (2): 19–28.
- Aguzoen, A.A. 2024. Peningkatan Potensi Produksi Biogas Melalui Pre-treatment Perendaman Tandan Kosong Sawir Dalam Air Limbah Pabrik Kelapa Sawit. [Skripsi]. Lampung: Universitas Lampung. 1-47.
- Ali, M., dan Samanhudi, D. 2023. Penurunan Kadar Limbah COD dan TSS Pada Limbah Kedelai. *Ilmu Lingkungan*, 26(1): 40–52.
- Al-Sulaimi, I. N., Nayak, J. K., Alhimali, H., Sana, A., and Al-Mamun, A. (2022). Effect of Volatile Fatty Acids Accumulation on Biogas Production by Sludge-Feeding Thermophilic Anaerobic Digester and Predicting Process Parameters. *Fermentation*. 8(4): 1-18.
- Amalia, R. N., Shalaho, D., Angga, S., Nur, H., Elisa, D. S., Dira A. A., Ratnawati, Febry M. F., Nur A. S., dan Guntur A. A. 2022. Potensi Limbah Cair Tahu sebagai Pupuk Organik Cair di RT. 31 Kelurahan Lempake Kota Samarinda. *ABDIKU: Jurnal Pengabdian Masyarakat Universitas Mulawarman*. 1 (1): 36–41.
- Anggara, O. C., Asyrofi, A. A. A., Roni, D. R. S., dan Putro, A. B. P. 2023. Pengujian Kualitas Air Limbah Industri Tahu di Desa Kuncen Kecamatan Padangan. *Aptekmas: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 6 (3): 150–156.
- Anwar, H., Widjaja, T., and Prajitno, D. H. (2021). Produksi Biogas dari Jerami Padi Menggunakan Cairan Rumen dan Kotoran Sapi. *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles*. 4(1): 1-10.
- Aye, W. W., Aye, H. H., Yossapol, C., and Pyae, H. A. (2019). Effect of alkaline pre-treatment on cassava pulp for optimum biogas production. *International Journal of Recent Technology and Engineering*. 8(2): 5919–5923.
- Baskara, F. . M. ., Suprpta, N. . I. . P., dan Tenaya, P. . N. . G. . I. 2020. Pengaruh Total Solid Terhadap Akumulasi Tekanan Biogas Termofilik. *Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika*. 9 (1): 816–819.

- Beschkov, V. N., dan Angelov, I. K. 2025. Volatile Fatty Acid Production vs . Methane and Hydrogen in Anaerobic Digestion. *Fermentation*. 11(4): 1-18
- Budiyono, B., Sumardiono, S., Fofana, F. F. M., Fauzi, I., and Hadiyanto, A. 2019. The Effect of Solid-State Anaerobic Disgestion (Ss-Ad) and Liquid Anaerobic Disgestion (L-Ad) Method in Biogas Production of Rice Husk. *Journal of Vocational Studies on Applied Research*. 1(1): 5–17.
- Budiyono, B., and Syaichurrozi, I. (2020). A review: Biogas production from tofu liquid waste. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 845(1): 1-13.
- Budiyono, B., Syaichurrozi, I., Suhirman, S., Hidayat, T., and Jayanudin, J. 2021. Experiment and modeling to evaluate the effect of total solid on biogas production from the anaerobic co-digestion of Tofu liquid waste and rice straw. *Polish Journal of Environmental Studies*. 30(4): 3489–3496.
- Damayanti, S. I., Astiti, D. F., and Budhijanto, W. (2019). Inoculum Selection and Micro-Aeration for Biogas Production in Two-Stage Anaerobic Digestion of Palm Oil Mill Effluent (POME). *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. 8(1): 14-21.
- Darnegsih, D. 2016. Pengaruh Perbandingan Bahan Baku Terhadap Konsentrasi Biogas Dari Eceng Gondok Dengan Menggunakan Starter Kotoran Sapi. *Journal Of Chemical Process Engineering*. 1 (1): 9-15.
- Dwityaningsih, R., Rahayu, T. E. P. S., Handayani, M., dan Mardiyana, M. 2024. Analisis Proses Pembentukan Biogas dari Campuran Limbah Ikan, Kotoran Sapi dan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*). *ACROPORA: Jurnal Ilmu Kelautan Dan Perikanan Papua*. 7 (1): 44–51.
- Farhana, D., dan Wijaya, Y. R. P. 2021. Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Sebagai Pupuk Organik Cair Untuk Berbagai Tanaman Di Kampung Lengkong, Kota Langsa. [*Pros. SemNas*]. *Peningkatan Mutu Pendidikan*. 2 (1): 83–87.
- Friatnanto, M. 2022. Peningkatan *Biodegradability* Campuran Onggok Pada Limbah Cair *Effluent* Anaerobik Land Digester Untuk Meningkatkan Potensi Biogas Di Industri Tapioka. [*Skripsi*]. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. 1-50.
- Hardyanti, N., Susanto, H., Budihardjo, M. A., Purwono, and Saputra, A. T. 2023. Characteristics of Tofu Wastewater From Different Soybeans and Wastewater at Each Stage of Tofu Production. *Ecological Engineering and Environmental Technology*. 24(8): 54–63.
- Harmawan, T. 2022. Analisis Kandungan Minyak dan Lemak pada Limbah Outlet Pabrik Kelapa Sawit di Aceh Tamiang. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*. 4 (1): 15–19.

- Hasanudin, U., Hasyanto, A., Saputra, M.T.A. 2022. Peningkatan Produksi Biogas dari Air Limbah Industri Tapioka Menggunakan Onggok. LPPM. Universitas Lampung. Lampung. 4-6.
- Hasanudin, U, Kustyawati, M.E., Iryani D.A., Haryanto, A., and Triyono, S. 2019. Estimation of energy and organic fertilizer generation from small scale tapioca industrial waste Estimation of energy and organic fertilizer generation from small scale tapioca industrial waste. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 230: 1-7.
- Herianto. 2021. Penggunaan Cairan Limbah Pembuatan Tahu Untuk Kompor Biogas Industri Rumah Tangga Skala Kecil: Studi Kasus Di Kabupaten Bantul. . *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*. 1 (2): 48–53
- Hidayatullah, M. I. S., Tira, H. S., dan Padang, Y. A. 2019. Pengaruh Variasi C/N Ratio terhadap Volume Produksi Biogas Kotoran Ternak Ayam Petelur. *Dinamika Teknik Mesin*. 6 (2): 1–19
- Husin, A., Sarto, S., Syamsiah, S., and Prasetyo, I. (2014). Produksi Biohidrogen Dari Hidrolisat Ampas Tahu Secara Fermentasi Anaerob Menggunakan Kultur Campuran. *Reaktor*. 15(2): 87-96.
- IPCC. 2019. Guidelines for national greenhouse gas inventories: Volume 5 Waste - Chapter 6 Wastewater Treatment and Discharge. *Ippc*. 6.1-6.28
- Kahar, A., Aisyah, I., dan Sari, W.W. 2014. Penambahan Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Meningkatkan Produksi Biogas pada pengolahan Air Limbah Secara Anaerobik. *Jurnal Purifikasi*. 14(1):11-20
- Kakar, F. L., El Sayed, A., Purohit, N., dan Elbeshbishy, E. 2020. Volatile fatty acids and biomethane recovery from thickened waste activated sludge: Hydrothermal pretreatment's retention time impact. *Processes*. 8(12). 1–22.
- Kamal, N. 2019. Kajian Pengaruh Media Penghambat Pada Reaktor Biogas *Fluidized Bed*. *Jurnal Teknik*. 20(1). 12-33
- Kawaroe, M., Augustine, D., Sunuddin, A., and Sofyan, F. 2015. Anaerobic biodegradation using macroalgae *Eucheuma cottonii* to produce bio-methane. *International Journal of Applied Engineering Research*. 10(15): 35559–35565.
- Lolo, E. U., Gunawan, R. I., Krismani, A. Y., dan Pambudi, Y. S. 2021. Penilaian Dampak Lingkungan Industri Tahu Menggunakan *Life Cycle Assessment* (Studi Kasus: Pabrik Tahu Sari Murni Kampung Krajan, Surakarta). *Jurnal Serambi Engineering*. 6 (4): 2337–2347.

- Mago, O. Y. T., Nirmalasari, M. A. Y., Kuki, A. D., Bunga, Y. N., dan Misa, A. 2021. Pengaruh Jenis Limbah Organik dan Waktu Retensi terhadap Produksi Biogas dari Kotoran Sapi. *Biota : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*. 5(3): 155–162
- Masyhura, M.D., Rangkuti, K., dan Fuadi, M. 2019. Pemanfaatan Limbah Ampas Tahu Dalam Upaya Diversifikasi Pangan. *Agritech: Jurnal Teknologi Pangan Dan Hasil Pertanian*. 2 (2): 52–54
- Megawati, M. 2014. Pengaruh Penambahan Em4 (*Effective Microorganism-4*) Pada Pembuatan Biogas Dari Eceng Gondok Dan Rumen Sapi. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. 3 (2): 42–49.
- Metcalf and Eddy, 1991. *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal and Reuse*. 3th Edition. Singapore: McGraw-Hill Book Company Inc.1-1334.
- Montalvo, S., Vielma, S., and Borja, R. 2018. Increase in biogas production in anaerobic sludge digestion by combining aerobic hydrolysis and addition of metallic wastes. *Renewable Energy*. 123(3): 541-548.
- Muharraimi, F., Aldani, M., Indriani, N., dan Hasibuan, A. (2023). Analisis Dampak Limbah Cair Pada Pabrik Tahu Terhadap Pencemaran Lingkungan Di Kecamatan Tanjung Morawa Kab. Deli Serdang. *Journal Of Health and Medical Research*. 3 (3): 1–23.
- Mujdalipah, S., Dohong, S., Suryani, A., dan Fitria, A. 2014. Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Produksi Biogas Menggunakan Digester Dua Tahap Pada Berbagai Konsentrasi *Palm Oil-Mill Effluent* dan Lumpur Aktif. *Jurnal AGRITECH*. 34 (1): 56–64.
- Nadya, Y., Yusnawati, dan Handayani, N. 2020. Analisis Produksi Bersih di UKM Pengolahan Tahu di Gampong Alue Nyamok Kec. Birem Bayeun Kab. Aceh Timur. *Jurnal Teknologi*. 12 (2): 133–140.
- Nuengjamnong, C., dan Rachdawong, P. 2016. Performance analysis of the combined plug-flow anaerobic digester (PFAD) and upflow anaerobic sludge blanket (UASB) for treating swine wastewater in Thailand. *Thai Journal of Veterinary Medicine*. 46(3): 435–442.
- Nismara, G., dan Mirwan, M. 2023. Pemanfaatan Ampas Tahu dan Ampas Tebu untuk Pembuatan Pupuk Kompos dengan Penambahan Rumen sebagai Bioaktivator dengan Metode Dual Tray. *Envirovs*. 3 (2): 20–24.
- Nisrina, H., dan Andarani, P. 2018. Pemanfaatan Limbah Tahu Skala Rumah Tangga Menjadi Biogas Sebagai Upaya Teknologi Bersih Di Laboratorium Pusat Teknologi Lingkungan – Bppt. *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*. 15 (2): 139-140.

- Ningsih, L. M., Hasanudin, U., and Roubik, H. (2024). Acclimatisation process of biogas production from tofu industrial wastewater using biofilter in anaerobic baffled reactor (ABR). *Renewable Energy*. 236 : 1-9.
- Ni'mah, L. 2014. Biogas From Solid Waste of Tofu Production and Cow Manure Mixture: Composition Effect. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*. 1(1): 1-8.
- Nurhilal, M., Purwiyanto, P., dan Aji, G. M. 2020. Pengaruh Komposisi Dan Waktu Fermentasi Campuran Limbah Industri Tahu Dan Kotoran Sapi Terhadap Kandungan Gas Methane Pada Pembangkit Biogas. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*. 6 (1): 47-54.
- Nurjanah, S. 2022. Peningkatan *Biodegradability* Campuran Onggok Pada Air Limbah Segar Tapioka. [Skripsi]. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. 1-42.
- Nury, D. F., Luthfi, M. Z., Farohi, A. R., dan Widjaja, T. (2023). Pengaruh Pre-Treatment Kimia dan Biologi Terhadap Produksi Biogas dari Kulit Kopi. *REACTOR: Journal of Research on Chemistry and Engineering*. 4(2): 47-53.
- Nwokolo, N., Mukumba, P., Obileke, K., and Enebe, M. (2020). Waste to Energy : A Focus on the Impact of Substrate Type in Biogas Production. *Processes* 8(1): 1–21.
- Oktaria, W. 2023. Pre-treatment Ampas Tahu Menggunakan Ragi Tempe Untuk Meningkatkan Biodegradability Ampas Tahu. [Skripsi]. Fakultas Pertanian Universitas Lampung. 1-50.
- Pacitra, S., Abdullah, S. H., dan Dewi, E. S. (2024). Pengaruh Variasi Penambahan Volume Limbah Tahu Pada Jerami Padi Terhadap Pembentukan Biogas. *Protech Biosystems Journal*. 4(1): 18–27.
- Pagoray, H., Sulistyawati, S., dan Fitriyani, F. 2021. Limbah Cair Industri Tahu dan Dampaknya Terhadap Kualitas Air dan Biota Perairan. *Jurnal Pertanian Terpadu*. 9 (1): 53–65
- Pamujiati, A. D., Mariyono, M., dan Trisna, N. P. R. 2021. Pelatihan Pengolahan Ampas Tahu menjadi Bahan Pangan di Desa Nglebeng Kecamatan Panggul Kabupaten Trenggalek. *JATIMAS : Jurnal Pertanian Dan Pengabdian Masyarakat*. 1 (2): 177-180.
- Pangestu, W. P., Sadida, H., dan Vitasari, D. 2021. Pengaruh Kadar BOD, COD, pH dan TSS Pada Limbah Cair Industri Tahu dengan Metode Media Filter Adsorben Alam dan Elektrokoagulasi. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*. 6 (2): 74–80.
- Pujiati, Dewi, N.K., dan Setiawan, D., 2015. *Produksi Biogas Berbasis Biomassa*. Madiun: UNIPMA Press. 1-68.

- Putri, Y.K.D., Sudrajat, H., Susanti, A. Susilowati, Dan Batutuh. Pemanfaatan Limbah Ampas Tahu Dalam Pembuatan Tepung Berserat Pangan Tinggi Dan Rendah Lemak Sebagai Alternatif Bahan Pangan Fungsional. *Jurnal Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Jember*. 1(1): 27-35.
- Rahayu, L. H., Sudrajat, R. W., dan Rinihapsari, E. 2016. Teknologi Pembuatan Tepung Ampas Tahu Untuk Produksi Aneka Makanan Bagi Ibu-Ibu Rumah Tangga Di Kelurahan Gunungpati, Semarang. *E-Dimas*. 7 (1): 68-75.
- Risyad. 2018. Pemanfaatan Limbah Cair Tahu menjadi Biogas di Desa Beji Kecamatan Junrejo. [*Skripsi*]. Universitas Brawijaya. 1-86.
- Rohmah, N., dan Sugiarto, A. T. 2014. Penurunan TS (*Total Solid*) pada limbah cair industri perminyakan dengan teknologi AOP. [*Prosiding Seminar Nasional*]. *Bidang Teknik Kimia Dan Tekstil*. 2(1): 44-48
- Safira, D. N. 2022. Penambahan Onggok Untuk Meningkatkan Produksi Biogas di Industri Tapioka. [*Skripsi*]. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. 1-53.
- Sally, Budianto, Y. P., Hakim, M. W. K., dan Warsono El Kiyat. 2019. Potensi Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Menjadi Biogas Untuk Skala Industri Rumah Tangga Di Provinsi Banten. *Journal of Agrotek*. 13(1): 43-53.
- Saputra, F., Sutaryo, S., dan Purnomoadi, A. 2018. Pemanfaatan Limbah Padat Industri Tahu sebagai Co-Subtrat untuk Produksi Biogas. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 7(3): 117-121.
- Saputra, N. T., Kalsum, L., dan Junaidi, R. 2023. Pemurnian Biogas dari Co-Digestion Limbah Cair Industri Tahu dengan Kotoran Sapi Menggunakan Absorben MEA Pada Kolom Isian. *Jurnal Serambi Engineering*. 8 (3): 6608-6614.
- Saputri, I., Fatimatuzzahra, F., dan Lestari, Y. 2023. Analisa Kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) Pada Limbah Cair Disekitar Kawasan Penambangan Batubara Kabupaten Bengkulu Utara. *Organisms: Journal of Biosciences*. 3 (2): 9-13.
- Sari, A. M., Yustinah, Fauza, R., Sri, A. Y., Asyraf, N., Latifah, A., dan Hendra, P. U. 2023. Pelatihan Pengolahan Ampas Tahu Menjadi Produk Makanan. [*Prosiding Seminar Nasional*]. LPPM UMJ. 1-10
- Sarwono, E., Subekti, F., dan Widiarti, B. N. 2018. Potensi Pengembangan Biogas Dari Sampah Pasar Segiri Kota Samarinda Kalimantan Timur. *Environmental Technology Journal*. 6 (1): 1-10
- Sensih, D. G., dan Prayitno, P. 2023. Limbah Tapioka Untuk Produksi Biogas: Alternatif Pengolahan Dan Pengaruh Konsentrasi Substrat. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*. 6(2): 457-467.

- Setiawan, A., Jati, D. R., dan Saziati, O. 2021. Penerapan Produksi Bersih Industri Kecil Tahu Di Jalan Parit Pangeran. *Jurnal Teknik Industri*. 1 (1): 1–10.
- Sembiring, S. D., Irvan, Trisakti, B., dan Sihombing, D. N. S. 2019. Stabilitas Reaktor Upflow Anaerobic Sludge Blanket-Hollow Centered Packed Bed. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 8(2): 67–71.
- Shitophyta, L. M., Kaisupy, S., dan Sari, I. P. 2021. Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Menjadi Biogas. *Konversi*. 10 (1): 1–6.
- Shitophyta, L. M., Purwanti, S., dan Maryudi, M. 2019. Pemanfaatan Limbah Cair Tahu menjadi Biogas di Industri Tahu Murni Pak Min Jomblangan, Banguntapan, Yogyakarta. *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*. 4 (4): 541–546.
- Simatupang, R. 2024. Pengaruh Cookies Tepung Ampas Tahu Substitusi Tepung Beras Merah Serta Nilai Gizinya Sebagai Mp-Asi Untuk Meningkatkan Berat Badan Bayi Di Desa Bonandolok Kabupaten Tapanuli Tengah Tahun 2023. *Journal of Innovation Research and Knowledge*. 3 (8): 1805–1812.
- Sinaga E. M., Supartiningsih, Elly Sitorus, S. 2019. Pembuatan Kertas Ramah Lingkungan Kombinasi Limbah Ampas Tahu Dan Limbah Kulit Pisang Kepok Dengan Metode Pemisahan. *FARMANESIA*. 6 (2): 76–87.
- Sinaga, P. V. H., Suanggana, D., dan 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): 61-76.
- Sjafruddin, R., Agustang, A., dan Pertiwi, N. 2022. Estimasi Limbah Industri Tahu Dan Kajian Penerapan Sistem Produksi Bersih. *Jurnal Ilmiah Mandala Education*. 8 (2): 1229–1237.
- Standar Nasional Indonesia. 2004. 06-6989.11-2004. *Air dan Air Limbah-Bagian 11: Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH Meter*. Banten: Badan Standar Nasional. 1-7.
- Standar Nasional Indonesia. 2004. 06-6989.26-2005. *Air dan Air Limbah-Bagian 26: Cara Uji Kadar Padatan Total Secara Gravimetri*. Banten: Badan Standar Nasional. 1-8.
- Standar Nasional Indonesia. 2004. 06-6989.3-2019. *Air dan Air Limbah-Bagian 3: Cara Uji Kadar Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solid/TSS) Secara Gravimetri*. Jakarta: Badan Standar Nasional. 1-8.
- Sulistyo, S., dan Yanti, Y. 2024. Perbandingan Penambahan Air pada Proses Pembuatan Biogas dari Kotoran Sapi pada Praktikum Pengolahan Limbah Peternakan. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*. 6(1): 34–40.

- Sumarno, S., Buchori, A., dan Carsoni, C. 2021. Diseminasi Teknologi Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Menjadi Biogas untuk Skala Industri Rumah Tangga Desa Adiwerna. *COMVICE: Journal Of Community Service*. 5(2): 65–70.
- Supriadi. 2017. Pengaruh Variasi Kadar Keasaman (pH) Substrat yang Ditambahkan Larutan Kapur dan Asam Asetat Terhadap Produksi Biogas. *FIC*. 1(1): 5–7.
- Toma, L., Voicu, G., Ferdes, M., and Dinca, M. 2016. Animal manure as substrate for biogas production. *Engineering for Rural Development*. 25(5): 629–634.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). 2019. *AMS-III.H: Methane recovery in wastewater treatment (Version 19.0)*. CDM Methodology Panel (CDM-MP78-A14). Retrieved from. 1-42
- Wagiman, W., Ardaniswari, I. R., and Nugravianto, W. P. 2020. Biogas Production from Tofu Waste to Improve the Environmental Performance of Tofu Industry. *Agroindustrial Journal*. 7(1): 459-464.
- Widarti, B. N., Dwijayanti, D., dan Sarwono, E. 2023. Variasi Optimum Biogas Dari Limbah Cair Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik*. 24 (1): 129–136.
- Yani, H., Pagala, M. A. Y. P., dan Siadina, S. 2023. Analisis pendapatan Ampas tahu Didesa sugihwaras kecamatan wonomulyo kabupaten polewali mandar. *Jurnal Agroterpadu*. 2 (1): 54-60.
- Yudhistira, B., Andriani, M., dan Utami, R. 2018. Karakterisasi: Limbah Cair Industri Tahu Dengan Koagulan Yang Berbeda (Asam Asetat Dan Kalsium Sulfat). *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*. 31 (2): 137-140
- Yuliastini, S. M., Hasanudin, U., dan Suroso, E. 2014. Kajian seleksi sumber mikroorganisme pembentuk biogas dari air limbah industri sagu. *Jurnal Teknologi Industri Dan Hasil Pertanian*, 19(2): 149–160.
- Zheng, Y., Zhao, J., Xu, F., and Li, Y. 2014. Pretreatment of lignocellulosic biomass for enhanced biogas production. *Progress in Energy and Combustion Science*. 42(1): 35–53.
- Zuhrita, A. 2019. Pemanfaatan Citra Landsat 8 Untuk Identifikasi Konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) Di Perairan Teluk Lambeuso. *Jurnal Spasial*. 6 (1): 37–42.