

**PEMBERDAYAAN INDUSTRI TEMPE MAHER DALAM  
PEMANFAATAN LIMBAH CAIR TEMPE DENGAN PENAMBAHAN  
STARTER KOTORAN SAPI DAN SUBSTRAT JERAMI PADI (*ORYZA  
SATIVA*) SEBAGAI ENERGI BIOGAS MELALUI PENDEKATAN *ASSET-  
BASED COMMUNITY DEVELOPMENT* (ABCD)**

**PENELITIAN BERBASIS PENGABDIAN**

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
Mencapai derajat sarjana S-1  
Program Studi Kimia**



**oleh:  
Muhammad Rofiq Rista Al Hazza  
21106030074**

**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA  
2026**

## HALAMAN PENGESAHAN PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

### PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-549/Un.02/DST/PP.00.9/03/2026

Tugas Akhir dengan judul : Pemberdayaan Industri Tempe Maher dalam Pemanfaatan Limbah Cair Tempe dengan Penambahan Starter Kotoran Sapi dan Substrat Jerami Padi (*Oryza sativa*) Sebagai Energi Biogas Melalui Pendekatan Asset-Based Community Development (ABCD)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : M. ROFIQ RISTA AL HAZZA  
Nomor Induk Mahasiswa : 21106030074  
Telah diujikan pada : Kamis, 29 Januari 2026  
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

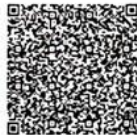
### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Sudarlin, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 69afc6ad4b247



Penguji I

Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc  
SIGNED

Valid ID: 69af7c54531f1



Penguji II

Priyagung Dhemi Widiakongko, M.Sc.  
SIGNED

Valid ID: 69afc3128c716



Yogyakarta, 29 Januari 2026

UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 69afd18c56571

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

### SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : M. Rofiq Rista Al Hazza  
NIM : 21106030074  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Pemberdayaan Industri Tempe Maher dalam Pemanfaatan Limbah Cair Tempe dengan Penambahan Starter Kotoran Sapi dan Substrat Jerami Padi (*Oryza sativa*) Sebagai Energi Biogas Melalui Pendekatan *Asset-Based Community Development (ABCD)*” merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjana di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 22 Januari 2026



M. Rofiq Rista Al Hazza  
NIM 21106030074

## SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

### SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir

Lamp :

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : M. Rofiq Rista Al Hazza  
NIM : 21106030074  
Judul Skripsi : Pemberdayaan Industri Tempe Maher dalam Pemanfaatan Limbah Cair Tempe dengan Penambahan Starter Kotoran Sapi dan Substrat Jerami Padi (*Oryza sativa*) Sebagai Energi Biogas Melalui Pendekatan *Asset-Based Community Development* (ABCD)

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Kimia.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 22 Januari 2026

Pembimbing

Sudarlin, M. Si

NIP: 19850611 201503 1 002

## **HALAMAN MOTTO**

“Jalanmu kan sepanjang niatmu”  
“Selalu percaya akan senantiasa ada tangan-tangan tak kasat mata yang bersedia membantumu”

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Karya tulis ini penulis persembahkan dan didedikasikan untuk almamater Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Assalamu 'alaikum Wr. Wb*

Segala puji bagi Allah SWT, Sang Pemilik cahaya dan kehidupan, yang tak henti melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya kepada setiap insan. Atas izin dan ridha-Nya, langkah ini terus terjaga, asa ini tetap menyala. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, sang pembawa risalah agung, yang telah menuntun umat manusia dari gelapnya kebodohan menuju terang benderangnya peradaban. Semoga kelak kita semua beroleh syafaat beliau di hari yang tiada ampunan selain dari-Nya, aamiin ya Rabbal 'alamin. Alhamdulillah, dengan segala kerendahan hati dan rasa syukur yang dalam, penulis telah menyelesaikan tugas akhir berjudul “Pemberdayaan Industri Tempe Maher dalam Pemanfaatan Limbah Cair Tempe dengan Penambahan Starter Kotoran Sapi dan Substrat Jerami Padi (*Oryza sativa*) Sebagai Energi Biogas Melalui Pendekatan *Asset-Based Community Development (ABCD)*” dengan sebaik-baiknya sebagai bentuk ikhtiar menuju gerbang ilmu yang lebih bermakna.

Penulis menyadari, bahwa perjalanan dalam menyusun karya ilmiah ini bukanlah tanpa rintangan, ada letih yang menyapa, ada keraguan yang menggoda, dan ada hari-hari yang terasa begitu sunyi tanpa arah. Namun, setiap langkah yang tertatih menjadi tegap kembali berkat kehadiran mereka yang senantiasa menyemangati dalam doa yang diam-diam dipanjatkan, dalam kata yang lembut namun menguatkan, dalam kehadiran yang sederhana namun meneduhkan. Atas segala doa, dukungan, dan motivasi yang mengalir tiada henti, penulis menghaturkan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada semua pihak yang telah menjadi cahaya di sepanjang perjalanan ini. Maka dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa syukur, izinkan penulis menyampaikan terima kasih tak terhingga kepada:

1. Bapak Prof. Noorhaidi Hasan, S.Ag., M.A., M.Phil., Ph.D. selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga.
2. Ibu Prof. Dr. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga.
3. Ibu Prof. Dr. Maya Rahmayanti, M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga.
4. Bapak Sudarlin, M. Si selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang penuh dedikasi dan keteladanan. Beliau senantiasa meluangkan waktu di tengah kesibukan, memberikan bimbingan dengan ketelatenan, menyampaikan arahan dengan kejernihan, menyalurkan nasihat yang menenangkan, serta menguatkan dengan dukungan dan motivasi yang tak ternilai. Dukungan, motivasi, serta pemantauan yang beliau berikan secara berkelanjutan sangat membantu dalam menjaga kualitas dan ketepatan arah dari tugas akhir ini hingga dapat diselesaikan dengan baik.
5. Segenap PLP Laboratorium Kimia Terpadu UIN Sunan Kalijaga yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian, serta selalu memberikan semangat kepada penulis.

6. Seluruh Dosen Kimia UIN Sunan Kalijaga yang telah memberikan ilmunya selama bangku perkuliahan.
7. Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya dan setulus-tulusnya kepada kedua orang tua tercinta, Bapak Riswanto dan Ibu Nurzetlin Juita, atas segala bentuk pengorbanan, kerja keras, dan dedikasi yang tiada henti dalam mendukung setiap langkah penulis. Setiap usaha yang dilakukan demi memenuhi kebutuhan, memberikan pendidikan, membimbing dengan penuh kasih, serta menyemangati dalam berbagai keadaan, menjadi fondasi utama yang menguatkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Tertulis jelas namaku di setiap harap malammu tentang “masa depan dan masa terang”.
8. Keempat saudara tersayang, Muhammad Popi Rista, Riki Rista Jaya Purnama, Dian Jakariato Rista dan Dinda Rista Anis Mufida yang selalu memberikan hiburan, dukungan, doa, dan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi.
9. Keluarga besar Chaniago yang selalu memberikan doa dan dukungan secara materi maupun motivasi.
10. Teman-teman Alumnus Queen Al Falah Shilatul Arham Yogyakarta yang selalu ada di kkondisi apapun, selalu menemani, menghibur, dan membantu penulis, serta selalu memberikan semangat kepada penulis.
11. Segenap teman-teman bocah prik, pondok kolam dan jagal squad yang selalu memberi dukungan, doa, dan hiburan kepada penulis.
12. Teman-teman scandium, kimia 21 yang telah berjuang bersama-sama, terima kasih atas kenangan selama kuliah.
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan dalam bentuk apapun kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.

Besar harapan, dengan disusunnya skripsi ini semoga dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi banyak orang. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini dan masih jauh dari kata sempurna. Semoga Allah SWT. senantiasa memberikan kemudahan kepada kita semua, Aamiin...

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Penulis,

Muhammad Rofiq Rista Al Hazza

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN .....	iii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR .....	iv
HALAMAN MOTTO .....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
ABSTRAK .....	xiv
ABSTRACT.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	16
A. Latar Belakang .....	16
B. Batasan Masalah.....	21
C. Rumusan Masalah .....	22
D. Tujuan Penelitian .....	22
E. Manfaat Penelitian .....	22
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....	23
A. Tinjauan Pustaka .....	23
B. Landasan Teori.....	23
1. Metode <i>Asset-Based Community Development</i> (ABCD).....	23
2. Skala Likert .....	23
3. Biogas.....	23
4. Limbah Cair Tempe .....	23
5. Kotoran Sapi .....	23
6. Jerami Padi .....	23
7. Digester Biogas .....	23
8. Nilai Kalor.....	23
9. Kromatografi Gas.....	23
C. Hipotesis Penelitian.....	23

BAB III METODE PELAKSANAAN PENGABDIAN .....	23
A. Jenis Kegiatan, Tempat dan Mitra Pengabdian.....	23
B. Tahapan <i>Asset-Based Community Development</i> (ABCD).....	23
1. Tahap <i>Discovery</i> (identifikasi aset).....	23
2. Tahap <i>Dream</i> (harapan) .....	23
3. Tahap <i>Design</i> (perancangan program) .....	23
4. Tahap <i>Define</i> (fokus dan strategi) .....	23
5. Tahap <i>Destiny</i> (implementasi dan evaluasi) .....	23
C. Teknik Analisis Kimia .....	23
1. Rancangan Alat Digester.....	23
2. Prosedur Penelitian.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	23
A. Hasil Tahapan <i>Asset-Based Community Development</i> (ABCD).....	23
a. Hasil Tahap <i>Discovery</i> .....	23
b. Hasil Tahap <i>Dream</i> .....	23
c. Hasil Tahap <i>Design</i> .....	23
d. Hasil Tahap <i>Define</i> dan <i>Destiny</i> .....	23
B. Hasil Analisis Kimia .....	23
1. Hasil Pengukuran Suhu dan Derajat Keasaman (pH) .....	23
a. Hasil Analisis Warna Nyala Api .....	23
b. Hasil Analisis Kadar Gas Metana .....	23
c. Hasil Analisis Nilai Kalor .....	23
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	23
A. Kesimpulan .....	23
DAFTAR PUSTAKA .....	25
LAMPIRAN.....	34
DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....	35

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1. 1</b> Perendaman dan perebusan kedelai .....	16
<b>Gambar 1. 2</b> Limbah cair tempe hasil perebusan .....	17
<b>Gambar 2. 1</b> Bagan instrumen kromatografi gas (Harvey, 2000) .....	23
<b>Gambar 4. 1.</b> Gambar Grafik Mean Hasil Kuisisioner.....	23
<b>Gambar 4. 2</b> Hasil Uji Nyala Api P <sub>0</sub> dan P <sub>1</sub> .....	23
<b>Gambar 4. 3</b> Kromatogram GC-FID Substrat P <sub>0</sub> dan P <sub>1</sub> .....	23
<b>Gambar 4. 4</b> Kromatografi GC-TCD Substrat P <sub>0</sub> dan P <sub>1</sub> .....	23

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Komponen-komponen biogas (Taufiq, 2021) .....	23
<b>Tabel 2. 2</b> Rasio C/N beberapa bahan organik (Taufiq, 2021).....	23
<b>Tabel 2. 3</b> Hasil Analisa Kandungan Limbah Cair Tempe Air Rebusan dan Air Rendaman Kedelai (Rahmawati, 2020) .....	23
<b>Tabel 2. 4</b> Nilai Kalor Dari Berbagai Jenis Gas .....	23
<b>Tabel 3. 1</b> Variasi komposisi Bahan Baku Biogas .....	23
<b>Tabel 4. 1</b> Tabel Interval .....	23
<b>Tabel 4. 2</b> Hasil Analisis Suhu Fermentasi .....	23
<b>Tabel 4. 3</b> Hasil analisis kromatogram substrat P <sub>0</sub> .....	23
<b>Tabel 4. 4</b> Hasil analisis kromatogram substrat P <sub>1</sub> .....	23
<b>Tabel 4. 5</b> Perbandingan hasil masing-masing variasi .....	23
<b>Tabel 4. 6</b> Hasil Perhitungan Nilai Kalor .....	23

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b> Perhitungan .....	35
<b>Lampiran 2</b> Dokumentasi Penelitian .....	35
<b>Lampiran 3</b> Data Pengujian.....	35

## ABSTRAK

### **Pemberdayaan Industri Tempe Maher dalam Pemanfaatan Limbah Cair Tempe dengan Penambahan Starter Kotoran Sapi dan Substrat Jerami Padi (*Oryza sativa*) Sebagai Energi Biogas Melalui Pendekatan *Asset-Based Community Development* (ABCD)**

Oleh:

**Muhammad Rofiq Rista Al Hazza**  
21106030074

**Pembimbing:**  
**Sudarlin, M.Si**

---

Penelitian berbasis pengabdian ini dilaksanakan pada Industri Tempe Maher Bantul dengan tujuan mengidentifikasi aset lokal, memberdayakan mitra dalam pemanfaatan limbah cair tempe menjadi biogas, serta menganalisis kualitas biogas sebagai validasi ilmiah program pengabdian melalui pendekatan *Asset-Based Community Development* (ABCD). Limbah cair tempe, kotoran sapi, dan jerami padi merupakan limbah organik yang berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik, namun memiliki kandungan bahan organik yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku energi terbarukan.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental melalui proses fermentasi anaerob dalam digester tipe batch dengan waktu retensi 60 hari. Variasi substrat yang digunakan terdiri dari P<sub>0</sub> (limbah cair tempe dan kotoran sapi) serta P<sub>1</sub> (limbah cair tempe, kotoran sapi, dan jerami padi). Parameter yang dianalisis meliputi suhu dan pH fermentasi, kadar gas metana menggunakan *Gas Chromatography-Flame Ionization Detector* (GC-FID), serta nilai kalor biogas menggunakan *Gas Chromatography-Thermal Conductivity Detector* (GC-TCD). Evaluasi sosial dilakukan menggunakan kuesioner skala Likert untuk mengetahui tanggapan mitra terhadap implementasi program.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses fermentasi berlangsung pada rentang suhu 29–30°C dengan kondisi mesofilik. Nilai pH akhir fermentasi sebesar 7,08 pada substrat P<sub>0</sub> dan 6,99 pada substrat P<sub>1</sub>. Hasil analisis GC-FID menunjukkan bahwa komponen gas mudah terbakar didominasi oleh metana (CH<sub>4</sub>) sebesar 99,247% pada P<sub>0</sub> dan 99,995% pada P<sub>1</sub>. Nilai kalor biogas yang diperoleh sebesar 14,31 MJ/Nm<sup>3</sup> pada P<sub>0</sub> dan 23,45 MJ/Nm<sup>3</sup> pada P<sub>1</sub>. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan jerami padi sebagai sumber karbon meningkatkan kualitas energi biogas yang dihasilkan.

Dengan demikian, pemanfaatan limbah cair tempe melalui kombinasi kotoran sapi dan jerami padi dengan waktu retensi 60 hari mampu menghasilkan biogas dengan kandungan metana tinggi dan nilai kalor yang baik, serta mendukung pemberdayaan mitra berbasis potensi aset lokal.

---

**Kata kunci:** biogas, limbah cair tempe, kotoran sapi, jerami padi, metode ABCD

## ABSTRACT

### **Empowerment of the Maher Tempe Industry in Utilizing Tempe Liquid Waste by Adding Cow Dung Starter and Rice Straw (*Oryza sativa*) Substrate as Biogas Energy Through the *Asset-Based* Community Development (ABCD) Approach**

By:

**Muhammad Rofiq Rista Al Hazza**

**21106030074**

Adviser:

**Sudarlin, M.Si**

---

This community-based research was conducted at the Maher Tempe Industry in Bantul with the objectives of identifying local assets, empowering partners in utilizing tempe liquid waste into biogas, and analyzing biogas quality as scientific validation of the community service program through the *Asset-Based* Community Development (ABCD) approach. Tempe liquid waste, cow dung, and rice straw are organic wastes that have the potential to cause environmental pollution if not properly managed; however, they contain organic matter that can be utilized as renewable energy feedstock.

This study employed an experimental method through anaerobic fermentation in a batch-type digester with a 60-day retention time. Two substrate variations were used: P0 (tempe liquid waste and cow dung) and P1 (tempe liquid waste, cow dung, and rice straw). The analyzed parameters included fermentation temperature and pH, methane gas content using Gas Chromatography–Flame Ionization Detector (GC-FID), and calorific value using Gas Chromatography–Thermal Conductivity Detector (GC-TCD). Social evaluation was conducted using a Likert-scale questionnaire to assess the partner’s response to program implementation.

The results showed that the fermentation process occurred within a temperature range of 29–30°C under mesophilic conditions. The final pH values were 7.08 for substrate P0 and 6.99 for substrate P1. GC-FID analysis indicated that the combustible gas component was predominantly methane (CH<sub>4</sub>), reaching 99.247% in P0 and 99.995% in P1. The calorific values obtained were 14.31 MJ/Nm<sup>3</sup> for P0 and 23.45 MJ/Nm<sup>3</sup> for P1. These results indicate that the addition of rice straw as a carbon source improved the energy quality of the produced biogas.

Therefore, the utilization of tempe liquid waste combined with cow dung and rice straw with a 60-day retention time is capable of producing biogas with high methane content and good calorific value, while supporting asset-based community empowerment.

---

**Kata kunci:** biogas, tempeh liquid waste, cow dung, rice straw, ABCD method

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Tempe merupakan makanan tradisional yang sangat familiar di Indonesia, kedelai sebagai bahan untuk pembuatan tempe di Indonesia sendiri dimanfaatkan sebanyak 50% untuk produksi tempe, 40% produksi tahu, dan 10% dalam bentuk produk lain (seperti tauco, kecap, dan lain-lain) (Muttalib, 2020). Tingginya produksi tempe berasal dari banyaknya pabrik pengolahan kedelai menjadi tempe, efek sampingnya adalah banyaknya limbah cair tempe yang tidak dikelola dengan baik. Salah satu pabrik pembuatan tempe yaitu Pabrik Tempe Maher yang berada di Desa Kempul, Mintoragan, Potorono, Banguntapan, Bantul.



**Gambar 1. 1** Perendaman dan perebusan kedelai

Diperkirakan Industri Pabrik Tempe Maher di Bantul menghasilkan limbah cair sebesar 300-400 liter per hari dengan produksi tempe mencapai 50-70 kg. Sampai saat ini limbah tersebut dibuang ke lingkungan sehingga akan menimbulkan pencemaran. Limbah cair tempe yang dihasilkan dari proses produksi tempe, mengandung bahan organik yang tinggi, seperti protein, lemak, karbohidrat, kalsium, fosfor, dan besi sehingga berpotensi mencemari lingkungan apabila dibuang langsung ke saluran air tanpa pengolahan terlebih dahulu (Mardhia, 2018).



**Gambar 1. 2** Limbah cair tempe hasil perebusan

Limbah cair tempe kaya akan nutrisi seperti protein sebesar 40-60%, karbohidrat sebesar 25-50%, dan bahan-bahan lain yang dapat dimanfaatkan dan diolah sebagai bahan energi (Nur Hikma, 2014). Kandungan pada limbah cair tempe menyumbang bahan organik yang cukup besar karena kadar BOD, COD, dan  $\text{NH}_3$  pada limbah tersebut masih sangat tinggi (Ika Lia Novenda, 2017). Jika limbah cair tempe dari industri dibuang langsung ke area perairan tanpa proses pengolahan akan menimbulkan pengendapan bahan organik pada dasar perairan, proses pembusukan dan berkembangnya mikroorganisme patogen. Kondisi ini menimbulkan bau busuk dan sumber penyakit (Pipin Supinah, 2020). Salah satu solusi untuk pengelolaan limbah cair tempe adalah dengan menjadikannya sebagai substrat pembuatan biogas. Limbah cair tempe mengandung bahan organik yang cukup untuk mengaktifkan mikroorganisme sehingga bahan organik dapat diurai dan menghasilkan gas  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ , dan  $\text{H}_2\text{S}$  (Djawarti, 2000).

Jerami padi merupakan salah satu limbah pertanian yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran dalam memproduksi biogas. Jerami padi yang kaya akan kandungan lignoselulosa dapat dikonversi melalui fermentasi mikroba baik secara aerob maupun anaerob. Hasil akhir dari kedua macam fermentasi tersebut berbeda, tergantung dari proses maupun mekanisme yang digunakan. Fermentasi secara aerob akan menghasilkan kompos dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Sementara itu proses fermentasi secara anaerob akan menghasilkan silase, biogas dan *sludge* (Karimia, 2008). Selain itu, limbah jerami padi sendiri memiliki kadar C/N 50-70 (Yuwono, 2007). Kadar C/N yang tinggi pada jerami padi berfungsi sebagai sumber karbon dalam fermentasi biogas dari bahan organik. Kandungan karbon pada jerami padi yang masih tinggi perlunya penambahan

nitrogen dengan proses amoniasi menggunakan limbah cair tempe yang kaya akan  $\text{NH}_3$  (Yeni, 2012).

Kotoran sapi berpotensi untuk digunakan sebagai starter produksi biogas. Kotoran sapi mengandung nitrogen, fosfor dan kalium yang merupakan kandungan nutrient utama untuk bahan pengisi biogas (Widodo, 2006). Kotoran sapi merupakan pilihan yang tepat sebagai bahan baku pembuatan biogas, karena di dalam kotoran sapi telah mengandung bakteri metanogenik yang dapat menghasilkan gas metana pada fermentasi anaerobik (Kurniawan, 2022). Mikroorganisme anaerobik membutuhkan unsur karbon (C) sebagai sumber utama energi dan pembentukan karbon sel, untuk menghasilkan asam lemak volatil, gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan  $\text{CO}_2$ . Mikroorganisme anaerobik juga membutuhkan unsur nitrogen (N) yang diperlukan untuk hidup dan pembelahan sel. Limbah pertanian umumnya kaya akan komponen C, tetapi kekurangan N (Trisno Saputra, 2010). Sebaliknya limbah peternakan umumnya kaya akan N tetapi kekurangan C, sehingga perlu disinergiskan antara limbah pertanian dan peternakan. Feses sapi sebagai bahan isian utama mempunyai rasio C/N sebesar 22,12 (Damayanti, 2008), maka perlu ditambah sumber C agar rasio C/N menjadi ideal yaitu 30:1 (Samiadi, 1987). Jerami padi dengan kandungan karbon yang tinggi, limbah cair tempe dengan kandungan nitrogen yang tinggi, sedangkan kotoran sapi sebagai sumber mikroorganisme yang berperan penting dalam proses fermentasi anaerobik. Kombinasi bahan menggunakan limbah cair tempe, jerami padi dan kotoran sapi dalam produksi biogas diharapkan dapat memberikan efek sinergis dalam meningkatkan tekanan dan kalor pembakaran biogas.

Proses produksi biogas melalui fermentasi anaerobik melibatkan sejumlah faktor penting, antara lain komposisi substrat, suhu, pH, serta waktu retensi atau waktu tinggal material dalam reaktor. Waktu retensi menjadi salah satu faktor kunci yang memengaruhi volume dan kualitas biogas yang dihasilkan. Pada penelitian ini, waktu retensi yang digunakan adalah 60 hari, yaitu durasi yang dianggap cukup untuk memastikan seluruh komponen organik dalam substrat dapat terfermentasi secara maksimal (Haryanto, 2019). Dalam durasi tersebut, diharapkan metana yang dihasilkan mencapai konsentrasi optimal.

Pengukuran kualitas biogas yang dihasilkan dapat ditentukan menggunakan beberapa metode pengujian, seperti kromatografi gas untuk mendeteksi kadar kandungan metana dalam biogas yang akan digunakan pada penelitian ini. Cara kerja kromatografi gas adalah dengan pemisahan fisik, dimana proses pemisahan didasarkan pada perbedaan kemampuan distribusi analit antara fase gerak dan fase diam dalam kolom pada percepatan dan waktu yang berbeda. Pada analisis gas metana, gas pembawa yang digunakan jenis  $N_2$  atau He dengan tekanan  $7 \text{ kg/cm}^2$ . Suhu injektor harus lebih tinggi dari titik didih gas yang diteliti (gas metana), biasanya  $15\text{-}50^\circ\text{C}$  di atas suhu kolom yakni  $\pm 90^\circ\text{C}$ , suhu kolom  $\pm 70^\circ\text{C}$ , detektor jenis FID (*Flame Ionization Detector*) (Sumantri, 2012). Metode lainnya adalah metode pembakaran sederhana (*flame test*) dengan pengujian sederhana untuk memastikan keberadaan metana dalam biogas dengan cara gas dibakar dan ada gas metana ditandai dengan warna biru dalam nyala api (Harahap, 2007). Pengukuran nilai kalor pada penelitian ini menggunakan kromatografi gas dengan detektor konduktivitas termal (GC-TCD) yang merupakan salah satu instrumen analitik yang paling banyak digunakan untuk menganalisis komposisi gas, terutama pada sampel yang mengandung metana dan karbon dioksida seperti biogas. Teknik ini bekerja berdasarkan perbedaan konduktivitas termal antar molekul gas sehingga mampu memberikan pengukuran kuantitatif yang akurat terhadap komponen utama biogas (Wahyudi, 2018). Pengukuran komposisi ini sangat penting karena nilai kalor biogas terutama ditentukan oleh fraksi mol metana sebagai komponen penyumbang energi terbesar. Semakin tinggi kandungan metana, semakin tinggi pula nilai kalor yang dihasilkan sehingga kualitas biogas dapat ditingkatkan melalui optimasi proses dan pemurnian (Fahriansyah, 2019).

Aspek pengabdian masyarakat pada penelitian ini bertujuan untuk mengatasi permasalahan lingkungan, tetapi juga untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat melalui pemberdayaan dan kemandirian energi. Dengan menggunakan pendekatan *Asset-Based Community Development* (ABCD), pengabdian ini berusaha melibatkan masyarakat secara aktif dalam setiap tahap proses, dari identifikasi masalah hingga implementasi solusi. Metode *Asset-Based Community Development* (ABCD) merupakan metode pemberdayaan berkelanjutan yang

dilandaskan pada aset, kekuatan, dan potensi masyarakat (Wawan Herry Setyawan, 2022). Metode ABCD didasarkan pada prinsip bahwa pengakuan berdasarkan potensi, kekuatan, bakat, dan aset individu, serta aset masyarakat umum, dapat menginspirasi perubahan positif dengan berfokus pada kebutuhan dan masalah (Ansori, 2021). *Asset* dalam konteks ini bermakna potensi yang dimiliki oleh masyarakat sendiri, dengan menggunakan potensi atau kekayaan yang dimiliki masyarakat dapat digunakan sebagai alat untuk melakukan program pemberdayaan. Potensi yang dimaksud dapat berupa kekayaan yang dimiliki dalam diri (kecerdasan, kepedulian, gotong royong, kebersamaan, dan lain-lain) atau dapat berupa sumber daya alam (SDA). Pendekatan ABCD yang berbasis pada kekuatan dan aset masyarakat, diharapkan dapat meningkatkan rasa memiliki dan keberlanjutan dari program yang dijalankan, sehingga masyarakat dapat terus mengelola dan memanfaatkan biogas secara mandiri di masa depan (Nurhasanah, 2021).

Sebagai bagian dari pendekatan pemberdayaan berbasis *Asset-Based Community Development* (ABCD), penelitian tidak hanya melakukan analisis kimia terhadap kualitas biogas yang dihasilkan, tetapi juga mengevaluasi aspek sosial berupa tingkat pemahaman, persepsi, dan minat mitra terhadap program pemanfaatan limbah cair tempe menjadi biogas. Pengumpulan data sosial dilakukan melalui kuesioner dan wawancara kepada mitra yang terlibat langsung dalam kegiatan pengabdian. Instrumen kuesioner disusun menggunakan skala *Likert* empat tingkat, dengan rentang skor 1 (Sangat Tidak Setuju) hingga 4 (Sangat Setuju). Penggunaan skala genap tanpa pilihan netral bertujuan untuk menghindari jawaban ambigu dan mendorong responden menentukan kecenderungan sikap secara lebih jelas. Penggunaan skala *Likert* memungkinkan peneliti untuk mengkonversi data kualitatif berupa opini menjadi data numerik yang dapat dianalisis secara statistik deskriptif (Subhaktiyasa, 2025). Kemudahan penggunaan skala Likert menyebabkan skala ini lebih banyak digunakan oleh peneliti. Kelly and Tincani (2013)), misalnya, menggunakan skala Likert untuk mengukur perilaku kerjasama individu yaitu dengan mengukur variabel ideologi, perspektif, pelatihan pribadi, dan pelatihan orang lain. Di bidang pertanian, skala Likert juga sering

digunakan untuk mengukur preferensi individu seperti pada preferensi konsumen terhadap penerimaan produk makanan yang telah dimodifikasi Herath et al. (2013) dan preferensi petani terhadap karakteristik tanaman gandum yang ingin diusahakan (Nelson, 2013).

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pembentukan biogas dari kombinasi kotoran sapi sebagai starter dan substrat yang menggunakan bahan dari limbah cair tempe dan jerami padi dalam digester selama 60 hari, kadar metana dan nilai kalor dalam biogas menggunakan kromatografi gas dan berpotensi menjadi sektor usaha yang menguntungkan dengan pendekatan metode *Asset-Based Community Development* (ABCD).

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pemanfaatan aset lokal yang melimpah, yaitu limbah cair tempe, jerami padi, dan kotoran sapi, sebagai bahan baku energi terbarukan dan dikembangkan sebagai kegiatan ekonomi yang menguntungkan. Selain itu, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi praktis dalam pengelolaan limbah industri tempe peternakan dan pertanian di Indonesia, serta memberikan dampak positif dalam pengurangan emisi gas rumah kaca melalui produksi energi bersih yang lebih berkelanjutan.

## **B. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian yang dilakukan sebagai berikut:

1. Kegiatan pengabdian dilaksanakan pada Industri Tempe Maher Bantul yang selanjutnya disebut sebagai mitra.
2. Pendekatan yang digunakan terbatas pada metode *Asset-Based Community Development* (ABCD) dengan tahapan: *Discovery*, *Dream*, *Design* dan *Destiny*.
3. Waktu yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi maksimal 60 hari dalam skala digester sederhana. Waktu retensi atau waktu tinggal bahan dalam digester merupakan faktor penting pada tahap produksi biogas. Perlunya waktu agar bahan-bahan terdekomposisi agar mikroorganisme bekerja secara optimal. Waktu tinggal yang optimum untuk produksi biogas dari kotoran sapi adalah 30-60 hari (Mago, 2020).

### **C. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana identifikasi aset lokal dalam pengelolaan limbah cair tempe?
2. Bagaimana implementasi teknologi biogas berbasis pendekatan ABCD?
3. Bagaimana kualitas biogas yang dihasilkan berdasarkan analisis kimia?

### **D. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi aset lokal mitra.
2. Memberdayakan mitra dalam pemanfaatan limbah cair tempe menjadi biogas.
3. Menganalisis kualitas biogas sebagai validasi ilmiah program pengabdian.

### **E. Manfaat Penelitian**

1. Memberikan solusi untuk memanfaatkan limbah cair tempe sebagai alternatif pembuatan energi terbarukan berupa biogas dan menjadikan biogas sebagai sektor usaha yang produktif.
2. Memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan di bidang energi terbarukan dari limbah organik.
3. Dapat menjadi referensi bagi penelitian lanjutan yang terkait dengan optimasi komposisi bahan pembentukan biogas.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Identifikasi aset lokal berhasil dilakukan melalui tahapan ABCD, meliputi ketersediaan limbah cair tempe sebagai sumber nitrogen, jerami padi sebagai sumber karbon, dan kotoran sapi sebagai starter yang mengandung bakteri metanogen. Pendekatan berbasis aset ini mampu menggali potensi lokal yang sebelumnya belum dimanfaatkan secara optimal.
2. Implementasi teknologi biogas berbasis ABCD berjalan secara partisipatif dan aplikatif. Mitra terlibat dalam proses perencanaan hingga pelaksanaan, sehingga program tidak hanya berorientasi pada hasil teknis, tetapi juga pada peningkatan kesadaran dan kemandirian dalam pengelolaan limbah.
3. Kualitas biogas yang dihasilkan menunjukkan hasil yang baik berdasarkan analisis kimia, dengan:
  - Rentang suhu fermentasi 29–30°C (kondisi mesofilik),
  - pH akhir fermentasi 7,08 (P0) dan 6,99 (P1),
  - Kadar metana sebesar 99,247% (P0) dan 99,995% (P1),
  - Nilai kalor sebesar 14,31 MJ/Nm<sup>3</sup> (P0) dan 23,45 MJ/Nm<sup>3</sup> (P1).

#### **B. Saran**

Saran yang dapat disampaikan dalam penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan variasi komposisi substrat yang lebih beragam untuk memperoleh rasio C/N yang paling optimal guna meningkatkan efisiensi produksi metana dan nilai kalor biogas.
2. Penelitian lanjutan disarankan mengukur volume dan tekanan biogas secara kuantitatif harian, sehingga produktivitas total dan efisiensi konversi bahan organik dapat dianalisis lebih komprehensif.

3. Diperlukan pengujian lanjutan terhadap kandungan gas lain seperti CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S, guna mengetahui tingkat kemurnian biogas dan kemungkinan penerapan proses pemurnian (upgrading).
4. Pengembangan skala produksi yang lebih besar perlu dipertimbangkan dengan analisis kelayakan ekonomi, sehingga biogas dapat dikembangkan sebagai unit usaha berbasis limbah industri tempe.
5. Pemberdayaan berbasis ABCD yang telah diterapkan dapat direplikasi pada industri tempe atau usaha agroindustri lain dengan karakteristik limbah organik serupa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adam Fairuz, A. H. (2015). Pengaruh Penambahan Ampas Kelapa dan Kulit Pisang Terhadap Produksi Biogas Dari Kotoran Sapi. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung Vol. 4, No. 2*, 91-98.
- Agustina, H. (2006). *Land Application sebagai Alternatif 3R pada Industri Kelapa Sawit*. Jakarta: Kementerian Negara Lingkungan Hidup.
- Aji, M. &. (2015). Pengaruh Penambahan Em4 (Effective Microorganism-4) Pada Pembuatan Biogas. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 42-49.
- Akhmar, M. F. (2007). *Pengaruh Kepadatan Azolla Pinata Terhadap Kualitas Fisik dan Kimia Limbah Cair Pabrik Tahu Di Desa Bocek Kecamatan Karang Ploso Kabupaten Malang*. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Alastair J. Ward, Phil J. Hobbs, Peter J. Holliman, David L. Jones. (2008). Optimisation Of The Anaerobic Digestion Of Agricultural Resources. *Bioresource Technology*, 7928-7940.
- Alexander T. W. M. Hendriks & Grietje Zeeman. (2009). Pretreatments To Enhance The Digestibility Of Lignocellulosic Biomass. *Bioresource Technology*, 10-18.
- Alit, I. M. (2011). Analisa Kualitas Dan Kuantitas Biogas Dari Kotoran Ternak. *Jurnal Keilmuan Dan Terapan Teknik Mesin*, vol 1, no 2.
- Amalia, N. (2023). *Penentuan Kandungan Pengotor (Impurities) Dengan Metode Hidrolisa Enzim dan Asam Terhadap Kualitas Tepung Tapioka di PT Berjaya Tapioka Indonesia*. Bandar Lampung: Politeknik Negeri Lampung.
- Anoi, Y. H. (2021). Studi Eksperimental Pembuatan Biogas dari Cairan Limbah Tahu dan Sawit Dengan Menggunakan Starter Feses Sapi. *Jurnal Juara, Aktif, Global, Optimis STTI Bontang*, Vol. 1, No. 2.
- Ansori, M. a. (2021). *Pendekatan-Pendekatan University Community Engagement*. Surabaya: UIN Sunan Ampel Press.
- Apriani, I. (2009). *Pemanfaatan Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit Sebagai Energi Alternatif Terbaharukan (Biogas)*. Bogor: Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Arifin, W. (2016). *Rancang Bangun Alat Konversi Biogas Limbah Cair Tempe Dan Pengujian Dengan Penambahan Variasi Campuran Sekam Padi*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Armstrong, S. A. (2022). High Information Spectroscopic Detection Techniques For Gas Chromatography. *Journal of Chromatography A*, Volume 1676.

- Arnold Yonathan, A. R. (2012). Produksi Biogas dari Eceng Gondok (*Eicchornia Crassipes*). *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, Vol. 1, No. 1, 412-416.
- Atima, W. (2015). BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah. *Jurnal Biology Science & Education*, 84-85.
- Bahrain, D. D. (2011). *Pengaruh Jenis Sampah, Komposisi Maukan dan Waktu Tinggal terhadap Komposisi Biogas dari Sampah Organik Pasar di Kota Palembang*. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Bassett, J. (1994). *Buku Ajar Vogel Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Bidiyanti B. Ruru, U. &. (2018). Formulasi Substrat Dasar Kotoran Sapi dan Limbah Cair Tempe dengan menggunakan Inokulum Rumen Sapi Untuk Studi Awal Produksi Biogas. *Biocebeles*, Vol 12. No 1.
- Boyd, C. E. (1990). *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. Alabama: Agriculture Experiment Station.
- Budiaji, W. (2013). Skala Pengukuran dan Jumlah Respon Skala Likert. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*, 127-133.
- Budiyono, I. M. (2021). Effect of Comparasion of Feed Composition, pH, and Preliminary Treatment of Biogas Production from Cow Blood Waste and Molasses. *Waste Technologi (WasTech)*, Vol 9, No 1.
- Chan-Cheng Chen, H.-J. L.-C.-Y. (2009). Carbon Dioxide Dilution Effect On Flammability Limits For Hydrocarbons. *Journal of Hazardous Materials*, 795-803.
- Chang, R. (2004). *Kimia Dasar : Konsep-Konsep Inti*. Jakarta: Erlangga.
- Chisti, Y. (2008). Biodiesel from Microalgae Beats Bioethanol. *Trend in Biotechnology*, 126-131.
- Cunningham, A. M. (2003). From Clients To Citizens: Asset-Based Community Development As A Strategy For Community-Driven Development. *Development in Practice*, 477-486.
- Damayanti, T. (2008). *Kuantitas dan komposisi kimia manure sapi perah pada kelompok peternak Kemirikebo, Girikerto, Turi, Sleman*. Skripsi. Yogyakarta: Fakultas Peternakan UGM.
- Debora Foppiano, M. T.-M. (2019). Siloxane Compounds In Biogas From Manure And Mixed Organic Waste: Method Development And Speciation Analysis With GC-ICP-MS. *Talanta*, Volume 208.

- Dhini Arwindah, U. &. (2018). Formulasi Substrat Dasar Kotoran Kambing dan Limbah Cair Tempe Dengan Inokulum Rumen Sapi Untuk Studi Awal Produksi Biogas. *Biocebeles*, 41-53.
- Djawarti, D. S. (2000). Pemanfaatan Energi Hasil Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 3(2), 66-70.
- Edward, M. S. (2003). Kandungan Total Zat Padat Tersuspensi (Total Suspend Solid) di Perairan Raha, Sulawesi Tenggara. *Makara Journal of Science*, 109-110.
- Ee Sann Tan, R. N. (2025). Hydrogen-Rich Biogas Production from Rice Husk Gasification in a Horizontal Tube Furnace. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1-9.
- Fahriansyah, F. (2019). Peningkatan Gas Metana Dan Nilai Kalori Bahan Bakar Biogas Melalui Proses Pemurnian. *Jurnal Energi Terbarukan*, 30-37.
- Fairuz, A. (2015). Pengaruh Penambahan Ampas Kelapa dan Kulit Pisang Terhadap Produksi Biogas dari Kotoran Sapi. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 91-98.
- Faiz Akbar Prihutama, D. N. (2017). Pemanfaatan Biogas Sebagai Energi Alternatif Ramah Lingkungan Daerah Desa Monggol, Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*, 87-95.
- Feng Gu, L. Y.-M. (2012). Green Liqour Pretreatment For Improving Enzymatic Hydrolysis of Corn Stover. *Bioresource Technology*, 299-305.
- Gisca, B. (2013). Pengaruh Sifat Penyalaan Terhadap Briket Tempurung Kelapa. Vol. 2, No. 4.
- Goorts, M. (2008). *Applying Gas Chromatography To Analyze The Composition And Tar*. Eindhoven: Eindhoven University of Technology.
- H.A. Rasyidi Fachry, R. d. (2004). Penentuan Nilai Kalorifik yang Dihasilkan dari Proses Pembentukan Biogas. *Jurnal Teknik Kimia*, 7-12.
- Harahap, I. V. (2007). *Uji Beda Komposisi Campuran Kotoran Sapi Dengan Beberapa Jenis Limbah Pertanian Terhadap Biogas Yang Dihasilkan*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Haris, M. N. (2022). Pendampingan Budaya Literasi Dengan Metode ABCD (*Asset-Based Community Development*) Terhadap Santri Kelas 3 SMP di Asrama Al Maliki Pondok Pesantren Sunan Drajat Banjarwati Banjaranyar Paciran Lamongan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bestari*, 29-36.

- Harold M. McNair, J. M. (2019). *Basic Gas Chromatography 3rd ed.* New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Harry Budiman, N. &. (2015). Comparison Between GC-TCD and GC-FID For The Determination Of Propane In Gas Mixture. *International Symposium on Applied Chemistry*, 465-472.
- Hartanto, T. J. (2020). *Potensi dan Karakterisasi biogas dari Limbah Cair Tahu Kawasan Industri Kecil (KIK) Sumber dengan Penambahan Kotoran Sapi dan Biokatalis Effective Microorganisms (EM-4)*. Balikpapan: Program Studi Teknik Kimia Jurusan Teknologi Industri dan Proses Institusi Teknologi Kalimantan .
- Harvey. (2000). *Modern Analytical Chemistry*. New York: Mc Graw Hill.
- Haryanto, A. (2019). Pengaruh Komposisi Substrat Campuran Kotoran Sapi dan Jerami padi Terhadap Produktivitas Biogas pada Digester Semi Kontinyu. *Jurnal Ilmiah dan Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 106-125.
- Hastuti Handayani Harahap, F. R. (2025). Pengaruh Kebijakan Publik Terhadap Penerapan Teknologi Hijau dan Blue Innovation dalam Mendukung Ekonomi Sirkular. *Jurnal Ilmiah Bidang Sosial, Ekonomi, Budaya, Teknologi dan Pendidikan*, 1451.
- Herath, H. M.-M. (2013). Women Consumer Preferences for Socially Responsible Food Production Atributes. *Journal of Agricultural Sciences–Sri Lanka*, 8(2).
- Hofelich, Lars Wads. Allan L. Smith. Hamid Shirazi. S. Rose Mulligan & Thomas. (2001). The Isothermal Heat Conduction Calorimeter : A Versatile Instrument for Studying Processes in Physics, Chemistry, and Biology. *Journal of Chemical Education*, 1080-1086.
- Hoo Sheren Oktavia Hartono, H. S. (2017). Extraction and Chemical Compounds Identification of Red Rice Bran Oil Using Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC-MS) Method. *Eksata: Jurnal Ilmu-Ilmu MIPA*, 13=25.
- Ika Lia Novenda, P. &. (2017). Pemanfaatkan Limbah Cair Singkong Dan Industri Tempe Kedelai Sebagai Alternatif Pupuk Organik Cair. *Jurnal Pancaran*, 107-118.
- Ilmi Abdullah, B. G. (2022). Analisa Performance Bahan Bakar Biogas dan Bensin Terhadap Kualitas Pembakaran pada Engine Genset 4 Tak 1 Silinder KApasitas 80 cc. *IRA Jurnal Teknik Mesin dan Aplikasinya*, 66-74.
- Janti, S. (2014). Analisis Validitas Dan Reliabilitas Dengan Skala Likert Terhadap Pengembangan Si/Ti Dalam Penentuan Pengambilan Keputusan Penerapan Strategic Planning Pada Industri Garmen. *Prosiding Snast*, 155-160.

- Jiyah, B. S. (2017). Studi Distribusi Total Suspend Solid (TSS) di Perairan Pantai Kabupaten Demak Menggunakan Cira Landsat. *Jurnal Geodesi Undip*, 42.
- Karimia, M. J. (2008). Pretreatment of Lignocellulosic Wastes to Improve Ethanol and Biogas Production: A Review. *International Journal of Molecular Sci*, 1621-1651.
- Khairun Nisah, M. &. (2025). Pemberdayaan Masyarakat Berbasis Metode Asset-Based Community-Driven Development (ABCD) Dengan Memanfaatkan Limbah Kotoran Sapi Menjadi Biogas Di Aceh Besar. *Kumawula: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 372-381.
- Khopkar. (2003). Konsep Dasar Kimia Analitik. Jakarta: UI-Press.
- Kurnia, R. I. (2013). *Uji Kandungan Kalor Lima Buah Sampel Batu Bara dalam Pembuatan Bahan Acuan Standard Internal*. Jakarta: Prosiding PPI Standarisasi.
- Kurniawan, C. T. (2022). Rancang Bangun Pengaduk Manual Pada Digester Biogas Kotoran Sapi untuk Meningkatkan Pembentukan Gas Metana. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi (JUTIN)*, 68-79.
- Lazuardy, I. (2008). *Rancang Bangun Alat Penghasil Biogas Model Terapung*. Medan: Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Levia Monica, M. W. (2025). Analisis Produksi Biogas Dari Limbah POME Dan Kotoran Sapi Dengan EM-4 Pada Digester Terhadap Nilai Kalor. *Jurnal Penelitian Sains*, 1-7.
- Lucia Pera, M. G. (2024). Trace Contaminants In biogas: Biomass Sources, Variability And Implications For Technology Applications . *Journal of Environmental Chemical Engineering*.
- M. Arafatir Aljarwi, D. p. (2020). Uji Laju Pembakaran dan Nilai Kalor Briket Wafer Sekam Padi dengan Variasi Tekanan. *Jurnal Hasil Kajian, Inovasi, dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 200-206.
- M. Syaiful Alim, S. T. (2023). Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Alternatif Ketahanan Energi Nasional Masa Depan. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Nusantara (JPkMN)*, Vol. 4 No. 3.
- Mafrudin, S. D. (2022). Kinerja bom kalorimeter sebagai alat ukur nilai kalor bahan bakar. *Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM Metro*, No 1.
- Mago, O. Y. (2020). Pengaruh Jenis Limbah Organik dan Waktu Retensi Terhadap Produksi Biogas dari Kotoran Sapi. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 155-162.

- Mallapiang, F. Y. (2020). engelolaan sampah dengan pendekatan Asset-Based Community Development (ABCD) di wilayah pesisir Bulukumba Sulawesi Selatan. *Riau Journal of Empowerment*, 79-86.
- Mara, I. M. (2012). Analisis Penyerapan Gas Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dengan Larutan NaOH Terhadap Kualitas Biogas Kotoran Sapi. *Jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik Mesin*, Vol. 2 No. 1.
- Mardhia, D. &. (2018). Studi Analisis Kualitas Air Sungai Brangbiji Sumbawa Besar. *Jurnal Biologi Tropis*, 18(2), 182-189.
- Mardoni. (2007). *Perbandingan Metode Kromatografi Gas dan Berat Jenis pada Kadar Etanol pada Minuman Anggur*. Skripsi. Yogyakarta: Fakultas Farmasi. Universitas Sanata Dharma.
- Martin Geissdoerfer, P. S. (2017). The Circular Economy—A New Sustainability Paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 757-786.
- Matheus N. Araujo, S. R. (2024). Rapid Method For Determination Of Biogas Chemistry Composition By Gas Chromatography Coupled To A Thermal Conductivity Detector (GC-TCD). *International Journal of Environmental Analytical*.
- Maulana, M. (2019). Asset-Based Community Development: Strategi Pengembangan Masyarakat di Desa Wisata Ledok Sambu Kaliurang. *Jurnal Pengembangan Masyarakat Islam*, 259-278.
- Mays, L. W. (1996). *Water Resources Handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Metcalf & Eddy, I. (1991). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse (3rd ed.)*. In G. Tchobanoglous, & F. L. Burton (Eds.). New York: McGraw-Hill.
- Miller, H. M. (1998). *Basic Gas Chromatography*. New York: John Wiley & Sons.
- Muttalib, A. F. (2020). Analisis Nilai Tambah Produk Agroindustri Tempe di Kecamatan Sukamulia, Kabupaten Lombok Timur. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 230-235.
- Nasrul Ilminnafik, D. L. (2019). Flame Characteristics of Biogas From Coffee Waste Materials. *Journal of Physics Conference Series*.
- Nelson, K. (2013). *Analysis of Farmer Preferences for Wheat Variety Traits in Ethiopia: A Gender-Responsive Study*. New York: Cornell University.
- Novriliza. (2008). *Penentuan Komposisi Hidrokarbon Pada LNG Yang Terdapat Dalam Berth II dan Berth III Dengan Menggunakan Kromatografi Gas*. Medan: Institusi Universitas Sumatera Utara.

- Nur Hikma, M. A. (2014). Potensi Limbah Cair Tempe Secara Mikrobiologis Sebagai Alternatif Penghasil Biogas. *Biocebeles*, Vol 8, No 1.
- Nur, E. K. (2015). Peningkatan Kualitas Biogas Melalui Proses Adsorpsi Menggunakan Zeolite Alam. *In Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 50-54.
- Nurhasanah, A. S. (2021). Penerapan Metode Partisipatif Dalam Pemberdayaan Masyarakat. *Jurnal Pengembangan Desa*, 78-89.
- Persada, A. I. (2025). Analisis Komposisi Dari Sampel Natural Gasmenggunakan Alat Kromatografi Gas. *Jurnal Teknologi Separasi*, 555-562.
- Pipin Supinah, W. F. (2020). Sosialisasi Pemanfaatan Limbah Tempe Sebagai Pupuk Organik Cair untuk Pengelolaan Berkelanjutan di Desa Kuripan Kertoharjo. *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat*, Vol. 2, No. 4.
- Pratiwi, F. A. (2019). *Persepsi Petani Terhadap Teknologi Biogas dan Faktorfaktor yang Mempengaruhinya di Kecamatan Rantau Utara Kabupaten Labuhan Batu*. Medan: Universitas Medan Area.
- Prihartiningtyas, S. S. (2019). *Biodigester Untuk Biogas*. Jombang: Fakultas Pertanian Universitas KH. Wahab Hasbullah.
- Pujiati, N. K. (2020). *Produksi Biogas Berbasis Biomassa*. Madiun: UNIPMA Press.
- Rahmat, F. N. (2023). Analisis Pemanfaatan Sampah Organik Menjadi Energi Alternatif Biogas. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 4(2), 11-122.
- Rahmawati, D. S. (2020). Analisa Kandungan Limbah Cair Tempe Air Rebusan dan Air Rendaman Kedelai. *Jurnal Ilmiah Kesehatan*, 9(1), 36-41.
- Responden. (2025, Agustus 15). Survei Mengenai Ketertarikan Masyarakat Terhadap Pengembangan Usaha Sampingan Berupa Biogas. (L. A. Nuryani, Pewawancara)
- Rika. (2011). *Biogas dari Limbah Ternak*. Bandung: Nusa Cendikia.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of Innovations*. New York: Free Press.
- Ruben M. Olson & Steven J. Wright. (1990). *Essentials of Engineering Fluid Mechanics (5th ed.)*. New York: Harper & Row.
- Rusdiana, R. E. (2011). Efektivitas Pemanfaatan Biogas Sebagai Sumber Bahan Bakar Dalam Mengatasi Biaya Ekonomi Rumah Tangga di Perdesaan. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian dan Pengembangan*, 220-234.

- Samiadi. (1987). *Pengaruh pengenceran dan penambahan jerami padi dalam slurry sapi Peranakan Ongole terhadap produksi gas bio*. Tesis. Yogyakarta: Program Studi Ilmu Ternak. Fakultas Peternakan UGM.
- Saragih, B. R. (2010). *Analisis Potensi Biogas Untuk Menghasilkan Energi Listrik Dan Termal Pada Gedung Komersil Di Daerah Perkotaan (Studi Kasus Pada Mal Metropolitan Bekasi)*. Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Setiarto, R. H. (2013). Prospek dan Potensi Pemanfaatan Lignoselulosa Jerami Padi Menjadi Kompos, Silase dan Biogas Melalui Fermentasi Mikroba. *Jurnal Selulosa, Vol. 3, No. 2*, 51-66.
- Shitophyta, L. M. (2022). Produksi Biogas dari Kotoran Sapi dengan Biodigester Kontinyu dan Batch. *Journal of Chemical Process Engineering*, 7(2), 85-90.
- Skoog, D. A. (1980). *Principles Of Instrumental Analysis (Vol. 158)*. Philadelphia: Saunders College.
- Soedomo, B. (2016). *Gas Chromatography*. Yogyakarta: Bagian Penerbitan Rutin Modul Pembelajaran Kuliah Kerja Sama PT Parama dan SV UGM.
- Sri Wahyuni, N. &. (2020). Penentuan Nilai Kalor Biogas Berdasarkan Komposisi Gas Hasil Analisis GC-TCD. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 55-62.
- Sriyono, S. A. (2013). Kajian Penentuan Jarak Aman Instalasi Produksi Hidrogen dengan Reaktor RGTT200K. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir* , Vol. 15, No.1.
- Subhaktiyasa, P. G. (2025). Penerapan Statistik Deskriptif: Perspektif Kuantitatif dan Kualitatif. *Jurnal Edukasi Matematika dan Sains*, 96-104.
- Sugi Rahayu, D. P. (2009). Pemanfaatan Kotoran Ternak Sapi sebagai Sumber Energi Alternatif Ramah Lingkungan Beserta Aspek Sosio Kulturalnya. *Jurnal Inovasi Ilmu Pengetahuan, Teknologi, dan Seni*, Vol 13, No 2.
- Sugiyono. (2007). *Metode Penelitian Bisnis (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D)*. Bandung: Alfabeta.
- Sulistyanto, A. (2006). Karakteristik Pembakaran Biobriket Campuran Batubara dan Sabut. *Media Mesin*, Vol. 7, No. 2.
- Sumantri, W. P. (2012). Pengaruh Penambahan Biochar Limbah Pertanian Dan Pestisida Pada Inkubasi Tanah Inceptisol Untuk Menekan Emisi Gas Metana (CH<sub>4</sub>) Sebagai Gas Rumah Kaca. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 521-527.

- Suroso, A. (2019). Dampak Sosial dan Lingkungan Pemanfaatan Biogas di Masyarakat. *Jurnal Lingkungan Hidup*.
- Suyitno, S. A. (2010). *Teknologi Biogas Pembuatan, Operasional dan Pemanfaatan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Syamsu, J. A. (2008). *Kajian Penggunaan Starter Mikroba dalam Fermentasi Jerami Padi pada peternakan Rakyat di Sulawesi Tenggara*. Bogor: Puslit Bioteknologi LIPI.
- Taufiq, M. (2021). *Analisis Produksi Biogas dari Kotoran Sapi, Kotoran Ayam dan Sampah Organik dengan Digester Batch*. Semarang: Program Studi Magister Energi Sekolah Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
- Templeton, T. B. (2011). History and Future of Domestic Biogas Plants in The Developing World. *Energy for Sustainable Development*, 347-354.
- Tincani, A. K. (2013). Collaborative Training and Practice Among Applied Behavior Analysts Who Support Individuals With Autism Spectrum Disorder. *Education and training in Autism and Developmental Disabilities*, 120-131.
- Trisno Saputra, S. T. (2010). Produksi Biogas Dari Campuran Feses Sapi Dan Ampas Tebu (Bagasse) Dengan Rasio C/N Yang Berbeda. *Buletin Peternakan*, 114-122.
- Viktor Handrianus Pranatawijaya, W. R. (2019). Penerapan Skala Likert dan Skala Dikotomi pada Kuesioner Online. *Jurnal Sains Informatika*, 128-137.
- Wahyu Rinaldi, S. E. (2020). Pengaruh Ukuran Jerami, Penambahan Urea, dan Rasio Jerami-Air Terhadap Pembentukan Biogas. *Jurnal Inovasi Ramah Lingkungan (JIRL)*, 10-15.
- Wahyudi, S. (2018). Analisis Kromatografi Gas Untuk Penentuan Komposisi Gas Biogas. *Jurnal Teknik Kimia*, 45-52.
- Wahyuni, S. (2013). *Biogas Energi Alternatif Pengganti BBM, Gas dan Listrik*. Jakarta: PT Agromedia Pustaka.
- Wardhana. (2013). *Perancangan Instrumentasi Untuk Perhitungan Standar Deviasi dan Standar Error Barometer Tabung Bourdon (Desain of Instrumentation For The Calculation of Standard Deviation and Standard Error Barometer Bourdon Tube)*. Semarang: Undip.
- Wawan Herry Setyawan, M. B. (2022). *Asset-Based Community Development (ABCD)*. Samarinda: PT. Gaptex Media Pustaka.
- Widada, B. (2000). Pengenalan Alat Kromatografi Gas. *Jurnal Urania*, 1-6.

- Widodo, T. W. (2006). Rekayasa dan Pengujian Reaktor Biogas Skala Kelompok Tani Ternak. *Jurnal Engineering Pertanian*, 4(1): 4.
- Xinyuan Liu, J. Y. (2018). Establishment Of Analysis Method For Methane Detection By Gas Chromatography. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.
- Yani, M. d. (1990). *Diktat Teknologi Biogas*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Yeni, Y. D. (2012). Uji Pembentukan Biogas dari Substrat Sampah Sayur dan Buah dengan KO-Substrat Limbah Isi Rumen Sapi. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*, 26-36.
- Yuli Astuti Hidayati, T. A. (2010). Pengaruh Berbagai Kadar Air Terhadap Produksi Biogas Dari Kotoran Domba. *Jurnal Fakultas Peternakan Univesitas Padjadjaran*, 250-253.
- Yusriadi, N. P. (2023). Potensi Energi Terbarukan dari Biogas Limbah Ternak Ruminansia di Kabupaten Sidrap. *Jurnal Sains dan Teknologi Industri Peternakan*, 1-7.
- Yuwono, D. (2007). *Kompos*. Jakarta: Penebar Swadaya.

