

**PENGARUH WAKTU TERHADAP VOLUME BIOGAS HASIL OLAHAN  
LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN STARTER  
KOTORAN KAMBING**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Dina Novita**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

## **ABSTRAK**

### **PENGARUH WAKTU TERHADAP VOLUME BIOGAS HASIL OLAHAN LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN STARTER KOTORAN KAMBING**

**Oleh**

**DINA NOVITA**

Limbah cair kelapa sawit memiliki potensi besar sebagai bahan baku produksi biogas dengan metode anaerobik, yang melibatkan aktivitas mikroorganisme tanpa oksigen bebas. Proses fermentasi selama pembentukan biogas dapat dibantu dengan menambahkan starter untuk mempercepat proses penguraian yang dilakukan oleh mikroorganisme.

Pada penelitian ini, biogas diproduksi menggunakan limbah cair kelapa sawit yang ditambahkan starter berupa kotoran kambing. Tiga digester dibuat dengan komposisi bahan yang berbeda, yaitu D1 (4:6), D2 (5:5), dan D3 (6:4). Fermentasi biogas dilakukan selama 40 hari dengan pengamatan harian suhu dan volume biogas. Pengukuran kualitas limbah meliputi COD, BOD, TDS, TSS, dan pH yang hanya diukur pada awal dan akhir fermentasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah cair kelapa sawit dapat diolah menjadi biogas. Fermentasi biogas dilakukan selama 40 hari dengan hasil volume biogas tertinggi sebanyak 23,970 L pada digester D1. Uji nyala api berhasil dilakukan pada digester D1. Analisis dan pengamatan nilai COD, BOD, dan TDS pada biogas hasil fermentasi digester D1 menghasilkan penurunan berturut-turut sebesar 48%, 49%, dan 34%. Untuk nilai TSS mengalami peningkatan sebesar 21%.

**Kata kunci:** limbah cair kelapa sawit, kotoran kambing, biogas, anaerobik

## **ABSTRACT**

### **THE EFFECT OF TIME ON THE VOLUME OF BIOGAS FROM PROCESSED PALM OIL LIQUID WASTE USING GOAT MANURE STARTER**

**By**

**DINA NOVITA**

Palm oil liquid waste has great potential as a raw material for biogas production using the anaerobic method, which involves the activity of microorganisms without free oxygen. The fermentation process during biogas formation can be assisted by adding a starter to accelerate the decomposition process carried out by microorganisms.

In this research, biogas was produced using palm oil liquid waste with goat manure as starter. Three digesters were made with different material compositions, which are D1 (4:6), D2 (5:5), and D3 (6:4). Biogas fermentation was conducted for 40 days with daily observation of temperature and volume. Waste quality measurements include COD, BOD, TDS, TSS, and pH which are only measured at the beginning and end of fermentation.

The results showed that palm oil liquid waste can be processed into biogas. Biogas fermentation was conducted for 40 days with the highest biogas volume of 23,970 L in digester D1. The flame test was successfully conducted in digester D1. Analysis and observation of COD, BOD, and TDS values in fermented biogas in digester D1 resulted in a decrease of 48%, 49%, and 34%, respectively. The TSS value there was an increases 21%.

**Keywords** : palm oil liquid waste, goat manure, biogas, anaerobics

**PENGARUH WAKTU TERHADAP VOLUME BIOGAS HASIL OLAHAN  
LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN STARTER  
KOTORAN KAMBING**

Oleh

*Dina Novita*

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar  
SARJANA SAINS

pada

Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

Judul Penelitian : **PENGARUH WAKTU TERHADAP VOLUME  
BIOGAS HASIL OLAHAN LIMBAH CAIR KELAPA  
SAWIT MENGGUNAKAN STARTER KOTORAN  
KAMBING**

Nama : **Dina Novita**

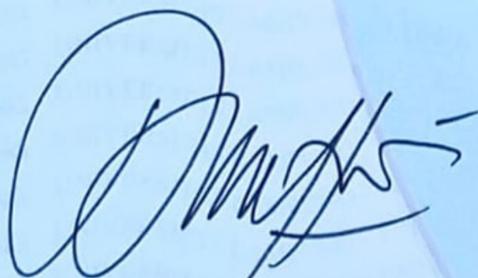
NPM : 2017011058

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**MENYETUJUI**

1. **Komisi Pembimbing**



**Diky Hidayat, M.Sc.**  
NIP. 197406092005011002



**Prof. Dr. Kamisah D. Pandiangan, M.Si.**  
NIP. 197212051997032001

2. **Ketua Jurusan Kimia FMIPA**



**Dr. Mita Riyanti, S.Si., M.Si.**  
NIP. 197205302000032001

**MENGESAHKAN**

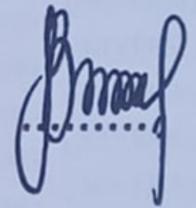
1. Tim Penguji

Ketua : **Diky Hidayat, S.Si., M.Sc.**



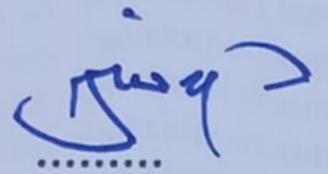
.....

Sekretaris : **Prof. Dr. Kamisah D. Pandiangan, M.Si.**



.....

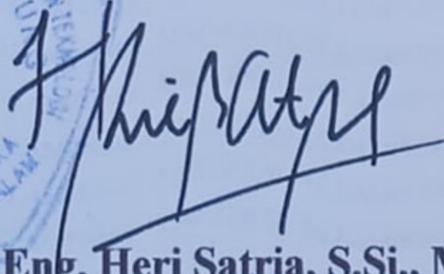
Anggota : **Mulyono, Ph.D.**



.....

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



  
**Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.**  
NIP 19711001200501002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **19 November 2024**

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dina Novita  
Nomor Pokok Mahasiswa : 2017011058  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul **Pengaruh Waktu Terhadap Volume Biogas Hasil Olahan Limbah Cair Kelapa Sawit Menggunakan Starter Kotoran Kambing** adalah benar karya sendiri, dan sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, serta dapat diterima sebagai persyaratan penyelesaian studi pada Universitas atau Institut lainnya.

Bandar Lampung, 19 November 2024

Yang Menyatakan



**Dina Novita**

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Dina Novita, lahir di Serang pada 16 November 2001. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, putri dari Bapak Budiman Setia Kalana, Ibu (alm) Nengsih dan Ibu Annika Riftiani. Saat ini penulis bertempat tinggal di Bumi Agung Permai 1 Blok R11 No. 13, Kelurahan Unyur, Kecamatan Serang, Kabupaten Serang, Banten.

Penulis telah menyelesaikan pendidikan di TK IT Al-Izzah tahun 2007. Penulis melanjutkan pendidikan di SD IT Al-Izzah yang diselesaikan pada tahun 2008-2014. Pendidikan Sekolah Menengah Pertama pada tahun 2014-2017 di MTsN 1 Kota Serang. Pada tahun 2017 penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 3 Kota Serang dan diselesaikan pada tahun 2020. Pada tahun 2020, penulis diterima sebagai mahasiswa di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah mengikuti organisasi dalam lingkup kampus sebagai wadah untuk mengembangkan potensi dan kemampuan diri. Penulis juga aktif berorganisasi di Himpunan Mahasiswa Kimia (Himaki) sebagai Kader Muda Himaki (KAMI) pada periode 2020 dan anggota Biro Penerbitan periode 2020-2021. Penulis juga aktif berorganisasi di Himpunan Mahasiswa Banten sebagai Sekretaris Informasi dan Komunikasi (INFOKOM) pada periode 2021-2022. Penulis juga melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Atar Bawang, Kecamatan Batu Ketulis, Kabupaten Lampung Barat pada 6 Januari-11 Februari 2023. Pada bulan Agustus-September 2023 penulis telah menyelesaikan

Praktik Kerja Lapangan (PKL) yang berjudul “Uji Kualitas *High Acid Crude Palm Oil* (HACPO) pada Pabrik Kelapa Sawit Rakyat di Desa Kuripan Kecamatan Padang Ratu Kabupaten Lampung Tengah” di CV. Wira Bumi Segara. Kecamatan Padang Ratu, Kabupaten Lampung Tengah. Lampung. Pada tahun 2024, penulis telah menyelesaikan tugas akhir untuk mendapatkan gelar sarjana dengan membuat skripsi yang berjudul “Pengaruh Waktu Terhadap Volume Biogas Hasil Olahan Limbah Cair Kelapa Sawit Menggunakan Starter Kotoran Kambing”.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

“Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang”

Puji syukur kepada Allah SWT atas limpahan karunia-Nya, sehingga terciptalah sebuah karya ini, dengan segala kerendahan hati ku persembahkan karya sederhanaku ini teruntuk:

Kedua orang tuaku tercinta Papa dan Bunda yang telah membesarkan, merawat, mendoakan, memberikan cinta dan kasih sayangnya, sehingga aku dapat menyelesaikan karya ini dengan baik.

Kedua Adikku, Dwita dan Farel yang selalu memberikan semangat dan dukungan penuh dalam menjalani kehidupan ini.

Dengan segala hormat kepada Bapak Diky Hidayat, S.Si., M.Sc., Ibu Prof. Dr. Kamisah D. Pandiangan, M.Si., Bapak Mulyono, Ph.D. yang selalu sabar membimbingku dan memberikan nasihat.

Bapak dan Ibu dosen Jurusan Kimia yang telah memberikan ilmu, pengalaman, dan membimbing kepada penulis selama menempuh pendidikan.

Almamter tercinta, Universitas Lampung

## MOTTO

*“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”*

*(Q.S Al-Baqarah: 286)*

*“Cukuplah Allah menjadi penolong kami dan Allah adalah sebaik-baik pelindung”*

*(Q.S Al-Imran: 173)*

*“Sesungguhnya hanyalah kepada Allah aku mengadukan kesusahan dan kesedihanku dan janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah”*

*(Q.S Yusuf : 86-87)*

*“Ketahuilah bahwa kemenangan bersama kesabaran, kelapangan bersama kesempitan, dan kesulitan bersama kemudahan”*

*(HR Tirmidzi)*

*“It's okey, life is a tough crowd”*

*(Taylor Swift)*

*“I had a dream, I got everything, I wanted not what you think”*

*(Billie Eilish)*

## SANWACANA

*Bismillahirrahmanirrahim.*

*Alhamdulillahirrobbil'alamin.* Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, serta sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammada SAW. Atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul, "**Pengaruh Waktu Terhadap Volume Biogas Hasil Olahan Limbah Cair Kelapa Sawit Menggunakan Starter Kotoran Kambing**" sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam proses pengerjaan dan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari kesulitan dan rintangan yang penulis hadapi. Namun, itu semua bisa terlewati berkat rahmat dan ridho Allah SWT serta adanya bimbingan, dukungan, nasihat serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orang tua tercinta, Papa Budiman dan Ibunda Annika atas seluruh kasih sayang, dukungan, kesabaran, keikhlasan, dan doa yang selalu dipanjatkan setiap saat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
3. Bapak Diky Hidayat, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I yang telah sabar membimbing, memberikan motivasi, kritik, saran dan atas kebaikan selama proses perkuliahan sampai penyelesaian skripsi.

4. Ibu Prof. Dr. Kamisah D. Pandiangan, M.Si. selaku Dosen Pembimbing II atas segala bimbingan, dukungan, nasihat, saran, keikhlasan, kesabaran, dan ilmu sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan baik.
5. Bapak Mulyono, Ph.D. selaku Pembahas yang telah memberikan kritik, saran, dukungan dan nasihat sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan baik.
6. Bapak Prof. Wasinton Simanjuntak, M.Sc., Ph.D. yang sudah ikut berpartisipasi dan memberikan masukan serta saran pada penelitian ini dan skripsi ini dengan baik.
7. Bapak Radho Al-Kausar, M.Si. selaku pembimbing akademik atas segala bimbingan, masukan serta motivasi selama perkuliahan.
8. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
9. Ibu Dr. Mita Rilyanti, M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
10. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah mendidik serta memberikan ilmu pengetahuan dan pengalaman yang sangat bermanfaat kepada penulis selama menjalankan perkuliahan dan semoga ilmu yang diberikan membawa keberkahan.
11. Seluruh staf administrasi dan pegawai di lingkungan Jurusan Kimia, FMIPA, dan Universitas Lampung yang senantiasa membantu dalam sistem akademik, penelitian serta penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan baik.
12. Seluruh keluarga besar, Tete Fitri, kedua Adikku Dwita dan Farel yang selalu memberikan semangat, mendukung, mendoakan, dan selalu sabar mendengarkan keluh kesah penulis.
13. Sahabat penelitian Annisa, Dinda, Eva, dan Senna. Terima kasih karena selalu ada untuk bekerja sama, memberikan dukungan, bantuan dan menjadi penyemangat satu sama lain hingga penelitian ini berjalan sampai akhir. Doa baik buat kalian semua.
14. Teman seperjuangan Dea dan Yurita yang selalu memberi semangat dan motivasi penulis selama proses perkuliahan dan pengerjaan skripsi ini.

15. Teman-teman Himpunan Mahasiswa Banten yang tidak bisa disebutkan satu-satu. Terima kasih telah menemani dan membantu penulis selama perjalanan perkuliahan hingga akhir.
16. Teman-teman KKN di Desa Atar Bawang yang memberikan dukungan dan motivasi selama ini.
17. Keluarga besar Mbah putri dan Mbah Putra di Desa Rejomulyo, serta keluarga besar Ibu dan Bapak di Desa Kuripan yang telah membantu selama pelaksanaan penelitian.
18. Teman-teman Kimia Angkatan 2020.
19. Terakhir, tetapi tidak kalah penting, aku ingin menyampaikan apresiasi kepada diriku sendiri, Dina Novita. Terima kasih telah sabar dan bertahan hingga titik akhir ini. Meskipun sering merasa ingin menyerah dan lelah karena banyaknya kegagalan yang dihadapi, tetapi aku tetap bangkit dan terus berusaha. Aku bersyukur dan bangga pada diriku sendiri karena mampu menyelesaikan setiap kesulitan yang muncul dalam hidup. Semoga ke depannya aku bisa menjadi pribadi yang lebih baik dalam segala aspek.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tak luput dari kekeliruan dan jauh dari kata sempurna, namun penulis berharap tulisan ini dapat bermanfaat dan berguna bagi pembaca dan masyarakat. Semoga seluruh bimbingan, dukungan, kebaikan dan keikhlasan yang telah diberikan dibalas oleh Allah Subhanahu wata'ala dengan pahala berlipat ganda. Terima kasih

Bandar Lampung, 19 November 2024

Penulis,

Dina Novita

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	iv
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	3
1.3 Manfaat Penelitian .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Kelapa Sawit .....	4
2.2 Limbah Cair Kelapa Sawit.....	5
2.2.1. Karakteristik Limbah Cair Kelapa Sawit .....	6
2.3 Biogas .....	6
2.3.1. Manfaat Biogas .....	7
2.3.3. Karakteristik Biogas.....	11
2.4 Degradasi Anaerobik .....	11
2.5 Digester .....	12
2.6 Starter Kotoran Kambing.....	13
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	14
3.2 Alat dan Bahan.....	14
3.3 Prosedur Penelitian .....	14
3.3.1. Pengukuran Analisis Substrat .....	15
3.3.2. Persiapan Alat Digester.....	16
3.3.3. Tahap Persiapan Bahan Baku.....	17
3.4 Pengamatan Parameter Biogas.....	18
3.4.1. Pengukuran Suhu .....	18
3.4.2. Pengukuran pH.....	18
3.4.3. Lama Waktu Fermentasi .....	18
3.4.4. Volume Biogas.....	19
3.4.5. Uji Nyala Api .....	19
3.5 Diagram Alir .....	20
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	22
4.1 Analisis Substrat .....	22

4.2 Pembuatan <i>Baseline</i> .....	22
4.3 Produksi Biogas dengan Tambahan Starter .....	25
4.3.1. Pengukuran Suhu .....	26
4.3.2. Pengamatan Volume Biogas .....	28
4.3.3. Pengukuran pH .....	29
4.3.4. <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) .....	31
4.3.5. <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD) .....	33
4.3.6. <i>Total Suspended Solid</i> (TSS) .....	34
4.3.7. <i>Total Dissolved Solid</i> (TDS) .....	36
4.3.8. Uji Nyala Api .....	37
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	40
5.1 Kesimpulan .....	40
5.2 Saran .....	40
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	42
<b>LAMPIRAN</b> .....	47

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Karakteristik limbah cair kelapa sawit .....	6
2. Komposisi biogas .....	11
3. Variasi jenis limbah cair kelapa sawit.....	17
4. Perbandingan penambahan starter.....	18
5. Hasil analisis substrat awal .....	22
6. Analisis <i>baseline</i> .....	22
7. Perbandingan suhu pagi dan sore limbah A dan limbah B .....	48
8. Perbandingan volume biogas limbah A dan limbah B.....	49
9. Perbandingan suhu pagi dan sore digester D1, D2, dan D3.....	50
10. Perbandingan volume biogas digester D1, D2, D3 .....	51

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kelapa sawit .....	4
2. Rangkaian alat percobaan biogas .....	17
3. Perbandingan suhu pagi (a) dan suhu sore (b) .....	23
4. Perbandingan volume limbah A dan limbah B .....	24
5. Akumulasi volume biogas limbah a dan b .....	25
6. Perbandingan suhu pagi (a) dan sore (c) .....	26
7. Pengamatan volume biogas .....	28
8. Akumulasi volume biogas .....	29
9. Pengukuran pH .....	30
10. Pengukuran hasil COD .....	31
11. Pengukuran hasil BOD .....	33
12. Pengukuran hasil TSS .....	34
13. Pengukuran hasil TDS .....	36
14. Uji nyala Api .....	37
15. Hasil analisis substrat awal limbah A .....	52
16. Hasil analisis substrat akhir limbah A .....	53
17. Hasil analisis substrat awal limbah B .....	54
18. Hasil analisis substrat akhir limbah B .....	55
19. Hasil analisis substrat awal digester D1 .....	56
20. Hasil analisis substrat awal digester D2 .....	57
21. Hasil analisis substrat awal digester D3 .....	58
22. Hasil analisis substrat akhir digester D1 .....	59
23. Hasil analisis substrat akhir digester D2 .....	60
24. Hasil analisis substrat akhir digester D3 .....	61

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia, perkebunan kelapa sawit Indonesia memiliki luas mencapai 14,62 juta hektar pada 2021. Jumlah tersebut meningkat 0,24% dibandingkan dengan tahun sebelumnya yang seluas 14,59 juta hektar (BPS, 2021). Salah satu industri yang cukup penting dalam memenuhi kebutuhan umat manusia adalah industri pengolahan kelapa sawit. Industri pengolahan kelapa sawit tersebut menghasilkan limbah yang berpotensi mencemari lingkungan. Secara garis besar limbah dalam industri pengolahan kelapa sawit dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu limbah cair dan limbah padat (Ibrahim dkk., 2018).

Pabrik kelapa sawit setidaknya menghasilkan 60% limbah cair dibandingkan dengan limbah padat kelapa sawit. Limbah cair yang dihasilkan dari pabrik kelapa sawit memiliki konsentrasi yang tinggi dan berwarna coklat pekat (Yuliansyah dkk., 2022). Semua parameter limbah cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit (PMKS) berada diatas ambang batas baku mutu limbah. Jika tidak dilakukan pencegahan dan pengolahan limbah maka akan berdampak negatif terhadap lingkungan seperti pencemaran air yang mengganggu bahkan meracuni biota perairan, menimbulkan bau, dan menghasilkan gas metan dan CO<sub>2</sub> yang merupakan emisi gas penyebab efek rumah kaca yang berbahaya bagi lingkungan (Yulastri dkk., 2013).

Limbah cair merupakan hasil samping dari aktivitas setiap industri, salah satunya industri kelapa sawit. Limbah cair kelapa sawit masih memiliki potensi sebagai pencemar lingkungan, karena berbau, berwarna, mengandung nilai BOD dan COD yang tinggi serta kandungan padatan tersuspensi yang tinggi (Eka dkk., 2015). Limbah cair industri kelapa sawit menjadi salah satu penyebab pencemaran di lingkungan dan sekitarnya. Limbah cair kelapa sawit ini memiliki kandungan organik yang cukup tinggi sehingga dapat mengganggu air dan tanah. (Yuna dan Mardina, 2019). Industri kelapa sawit memiliki peran penting dalam pemanfaatan limbahnya untuk menghasilkan biogas melalui proses pengolahan secara anaerob. Limbah kelapa sawit yang diolah dengan metode ini mampu menghasilkan biogas yang berguna sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan.

Biogas dihasilkan dari proses fermentasi secara anaerobik. Fermentasi secara anaerobik adalah kondisi dimana organisme dapat hidup tanpa memerlukan oksigen untuk mengubah suatu bahan menjadi bahan lain. Komponen gas yang terkandung di dalam biogas yakni, 60%-70% adalah metan ( $\text{CH}_4$ ) kemudian sisanya gas  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  dan gas lain. Proses fermentasi selama pembentukan biogas dapat dibantu dengan menambahkan starter untuk mempercepat proses penguraian yang dilakukan oleh mikroorganisme. Bahan starter yang umum dipakai dalam proses pembuatan biogas berupa starter alami, semi-buatan dan buatan manusia (Agusman dkk., 2017).

Limbah cair kelapa sawit merupakan bahan baku yang berpotensi untuk diolah menjadi salah satu bentuk bioenergi yakni biogas. Pembentukan biogas dibantu oleh mikroorganisme atau penambahan starter dengan alat rancangan digester menggunakan metode anaerobik (tanpa udara). Kemudian dilakukan analisis COD, BOD, TDS, TSS, dan pH pada setiap sampel serta pengamatan pengukuran parameter lain seperti suhu, volume biogas, dan uji nyala.

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengolah limbah cair kelapa sawit sebagai sumber biogas.
2. Mengamati pengaruh waktu terhadap produksi biogas.
3. Menguji sifat kualitatif biogas dengan cara uji nyala.
4. Melakukan pengukuran kualitas limbah meliputi COD, BOD, TDS, dan TSS.

## **1.3 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi mengenai volume biogas selama 40 hari dari hasil olahan limbah cair kelapa sawit dengan tambahan variasi jumlah komposisi starter kotoran kambing menggunakan metode anaerobik.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*) berasal dari Nigeria, Afrika Barat. Meskipun demikian, ada yang menyatakan bahwa kelapa sawit berasal dari Amerika Selatan yaitu Brazil karena lebih banyak ditemukan spesies kelapa sawit di hutan Brazil dibandingkan Afrika. Pada kenyataannya, tanaman kelapa sawit hidup subur di luar daerah asalnya, seperti Malaysia, Indonesia, Thailand, dan Papua Nugini. Tanaman kelapa sawit memiliki arti penting bagi pembangunan perkebunan nasional. Selain mampu menciptakan kesempatan kerja dan mengarah kepada kesejahteraan masyarakat, kelapa sawit juga sumber devisa negara dan Indonesia merupakan salah satu produsen utama minyak kelapa sawit (Fauzi dkk., 2008).



**Gambar 1.** Kelapa Sawit

Kelapa sawit berbentuk pohon dengan tinggi dapat mencapai 24 meter. Tanaman ini berakar serabut yang berfungsi sebagai penyerap unsur hara dalam tanah, respirasi tanaman dan sebagai penyangga berdirinya tanaman. Akar serabut tanaman kelapa sawit mengarah kebawah. Selain itu juga terdapat beberapa akar napas yang tumbuh mengarah kesamping atas untuk mendapatkan tambahan aerasi. Seperti jenis palma lainnya, daunnya tersusun majemuk menyirip. Daun berwarna hijau tua dan pelepah berwarna sedikit lebih muda. Penampilannya sedikit mirip dengan tanaman salak, hanya saja dengan duri yang tidak terlalu keras dan tajam (Rondang, 2006).

## **2.2 Limbah Cair Kelapa Sawit**

Secara umum, limbah utama dari Pabrik Kelapa Sawit (PKS) terdiri atas dua jenis yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah cair industri kelapa sawit yang paling utama adalah limbah cair pabrik kelapa sawit, sedangkan limbahnya terdiri atas tandan kosong, pelepah, batang, dan serat mesokarp. Serat mesokarp dan tandan kosong merupakan limbah yang diperoleh ketika proses produksi berlanjut, sementara pelepah dihasilkan ketika dilakukan pemangkasan pelepah. Limbah batang sawit dihasilkan ketika proses replantasi, penggantian tanaman tua dengan tanaman yang lebih muda (Wiharja dkk., 2021).

Limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) adalah air buangan yang dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit yang berasal kondensat rebusan, air hidrosiklom dan sludge separator. Limbah cair kelapa sawit mengandung konsentrasi bahan organik dan anorganik yang cukup tinggi (Agusman dkk., 2017). Limbah cair kelapa sawit mempunyai komposisi yang berbeda tergantung pada proses pengolahan kelapa sawit menjadi minyak kelapa sawit (Garritano *et al.*, 2018).

### 2.2.1. Karakteristik Limbah Cair Kelapa Sawit

Umumnya limbah cair terdiri dari molekul organik dengan konsentrasi yang sangat tinggi seperti asam lemak bebas, protein, karbohidrat, senyawa nitrogen, dan lemak (termasuk triasilgliserol) dan mineral. Limbah cair bersifat tidak beracun tetapi dapat meningkatkan senyawa organik dan dapat menyebabkan pencemaran ekstrim (Garritano *et al.*, 2018).

Limbah cair memiliki beberapa kelebihan yaitu mengandung bahan organik dan karbon hasil dekomposisi dari beberapa senyawa organik oleh bakteri anaerob yang bisa menghasilkan biogas. Namun, memiliki kekurangan yang dapat merugikan dan berpotensi mencemari air tanah dan badan air apabila tidak dikelola dengan baik (Yuliansyah dkk., 2022). Berikut karakteristik limbah cair pada industri minyak kelapa sawit yang ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Karakteristik Limbah Cair Kelapa Sawit

Parameter	Satuan	Rebusan	Lumpur atau sludge
BOD	mg/L	5500-27000	20000
COD	mg/L (ppm)	10300- 52500	47900-60000
Total Solid	mg/L (ppm)	6000-38500	45800-60000
Suspended Solid	mg/L (ppm)	1300-14300	24100-35000
Minyak dan Lemak	mg/L (ppm)	1100-6100	7000-8500
Total N	mg/L (ppm)	60-590	-
pH		4-4,9	4,5
Suhu	°C	30-88	30,0

(Ngatirah, 2017).

### 2.3 Biogas

Biogas merupakan produk akhir dari degradasi anaerobik bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerobik dalam lingkungan dengan tanpa adanya oksigen.

Komponen terbesar yang terkandung dalam biogas adalah metana (CH<sub>4</sub>) 55-70% dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) 30-45% serta sejumlah kecil nitrogen (N) dan hidrogen

sulfida ( $H_2S$ ). Kandungan yang terdapat dalam biogas dapat mempengaruhi sifat dan kualitas biogas sebagai bahan bakar. Kandungan yang terdapat dalam biogas merupakan hasil dari proses metabolisme mikroorganisme (Steinhauser and Deublin, 2008).

Biogas yang dihasilkan dari proses penguraian anaerobik dapat menjadi bahan bakar *boiler*. Biogas merupakan bahan bakar alternatif bagi *boiler* untuk menghasilkan panas atau listrik menggantikan bahan bakar biomassa, seperti cangkang dan serat, yang biasa digunakan di pabrik kelapa sawit (Ibrahim dkk., 2018). Bahan yang dimanfaatkan untuk menghasilkan biogas adalah limbah-limbah organik yaitu limbah kotoran ternak, pertanian, industri, sampah organik, kotoran manusia dan organik cair yang berupa limbah industri tahu, tempe, tapioka, dan gula (Elfiano *et al.*, 2019).

### **2.3.1. Manfaat Biogas**

Manfaat energi biogas adalah untuk menghasilkan gas metan sebagai pengganti bahan bakar yang dapat dipergunakan untuk keperluan sehari-hari. Dalam skala besar, biogas juga dapat digunakan sebagai pembangkit energi listrik. Selain itu, dari proses produksi biogas akan dihasilkan sisa-sisa limbah hasil fermentasi yang dapat dipergunakan sebagai pupuk organik pada tanaman atau pertanian. Dan yang lebih penting lagi adalah mengurangi ketergantungan terhadap pemakaian bahan bakar minyak bumi yang tidak bisa diperbaharui (Ambar, 2016).

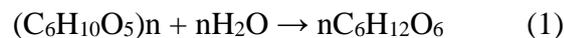
Biogas berpotensi sebagai energi ramah lingkungan. Hal tersebut disebabkan karena biogas memiliki rantai karbon yang pendek seperti gas  $CH_4$  yang hanya memiliki satu atom karbon. Sehingga setiap pembakaran 1 molekul biogas hanya menghasilkan satu molekul  $CO_2$ . Biogas juga berdampak positif bagi masyarakat dan lingkungan hidup. Masyarakat terutama di daerah pedesaan dapat memenuhi kebutuhan energi dengan biaya yang terjangkau dengan adanya biogas. Selain itu biogas juga membantu menurunkan emisi gas rumah kaca sehingga laju pemanasan global dapat diperlambat (Gunawan, 2012).

### 2.3.2. Pembentukan Biogas

Pembentukan biogas adalah proses di mana bahan organik diuraikan oleh mikroorganisme dalam kondisi anaerobik (tanpa udara) untuk menghasilkan gas yang salah satunya gas metana. Berikut adalah tahapan pembentukan biogas yang dibagi menjadi empat tahap yaitu:

#### a. Tahap Hidrolisis

Hidrolisis merupakan tahap awal dari proses fermentasi. Tahap hidrolisis merupakan penguraian bahan organik dengan senyawa kompleks yang memiliki sifat mudah larut seperti lemak, protein, dan karbohidrat menjadi senyawa yang lebih sederhana (Agusman dkk., 2017). Senyawa yang dihasilkan dari proses hidrolisis diantaranya asam organik, etanol, glukosa, karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), dan senyawa hidrokarbon lainnya. Senyawa tersebut akan dimanfaatkan oleh mikroorganisme sebagai sumber energi untuk melakukan aktivitas fermentasi (Wahyuni, 2013). Reakhir hidrolisis:



(karbohidrat (polisakarida) → monosakarida (gula sederhana))

#### b. Asidogenesis (Fermentasi)

Monomer yang terbentuk pada fase hidrolisis diambil oleh berbagai bakteri anaerob fakultatif dan obligat, dan didegradasi pada fase kedua, yaitu fase asidogenesis, menjadi asam organik rantai pendek molekul C1-C5 (misalnya, asam butirat, asam propionat, asam asetat), alkohol, hidrogen, dan karbon dioksida. Konsentrasi ion hidrogen yang terbentuk secara sementara mempengaruhi jenis produk fermentasi (Steinhauser and Deublin, 2008).

Reaksi asidogenesis:



(gula → asam asetat + hidrogen + karbon dioksida)

#### c. Asetogenik

Bakteri asetogenik adalah penghasil H<sub>2</sub>. Bakteri asetogenik hanya dapat memperoleh energi yang dibutuhkan untuk bertahan hidup dan tumbuh pada konsentrasi H<sub>2</sub> yang sangat rendah. Asam organik rantai pendek yang dihasilkan dari tahap asidogenesis (fermentasi) dan asam lemak yang berasal

dari hidrolisis lemak akan difermentasi menjadi asam asetat, H<sub>2</sub>, dan CO<sub>2</sub> oleh bakteri asetogenik. Pada fase ini, mikroorganisme homoasetogenik akan mengurangi H<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> untuk diubah menjadi asam asetat (Steinhauster and Deublin, 2008). Reaksi asetogenesis:



(asam organik → asam asetat + hidrogen + karbon dioksida)

d. Metanogenesis

Metanogenesis merupakan langkah penting dalam seluruh proses anaerobik, karena proses reaksi biokimia yang paling lambat. Metanogenesis ini sangat dipengaruhi oleh kondisi operasi. Komposisi bahan baku, laju umpan, temperatur, dan pH adalah contoh faktor yang mempengaruhi proses pembentukan gas metana. Digester *over loading*, perubahan suhu atau masuknya besar oksigen dapat mengakibatkan penghentian produksi metana (Steinhauster and Deublin, 2008). Pada tahap metanogenesis, mikroorganisme metanogen mengubah asam asetat, hidrogen, dan karbon dioksida menjadi metana (CH<sub>4</sub>) dan air. Reaksi metanogenesis:



(asam asetat → metana + karbon dioksida)



(hidrogen + karbon dioksida → metana + air)

Pada prinsipnya, tahapan dalam proses pembentukan biogas memiliki beberapa parameter bahan dan faktor yang harus diperhatikan dengan baik. Faktor tersebut diantaranya adalah sebagai berikut:

a. Substrat bahan organik

Jenis bahan organik yang digunakan sebagai bahan baku merupakan faktor yang sangat penting. Hal ini, sangat berpengaruh terhadap lamanya waktu dekomposisi bahan sehingga menghasilkan gas metana yang diperlukan (Wahyuni, 2013).

b. Suhu

Suhu Proses konversi zat organik polimer menjadi senyawa yang lebih sederhana di dalam reaktor juga dipengaruhi oleh suhu. Berdasarkan suhu, bakteri yang terdapat di dalam reaktor dapat dibedakan atas dua jenis, yaitu termofilik (bakteri yang hidup pada suhu antara 40-60 °C) dan mesofilik (bakteri yang hidup pada suhu antara 25-40 °C (Wiranata, 2014). Suhu ideal untuk produksi biogas adalah 32 °C-37 °C. Suhu diatas 37 °C dapat menyebabkan alat penghasil biogas rentan mengalami kerusakan (Agusman dkk., 2017).

c. Derajat keasaman (pH)

Dalam proses pembentukan biogas, pengaturan pH sangat penting karena pembentukan asam akan menurunkan pH awal. Pengukuran pH dilakukan untuk mengontrol perubahan tingkat keasaman sampel didalam digester. Nilai pH dalam digester harus berkisar antara 6-8 dan optimum pada nilai 7.

d. Rasio C/N

Rasio C/N merupakan perbandingan antara karbon dan nitrogen pada suatu bahan organik. Karbon dan nitrogen merupakan dua unsur utama yang membentuk substrat bahan organik. Keduanya diperlukan sebagai sumber energi mikroorganisme dalam melakukan perombakan. Mikroorganisme perombak akan beraktivitas optimal pada tingkat C/N sebesar 25–30 (Wahyuni, 2013).

e. Pengadukan

Pengadukan bertujuan untuk menghomogenkan bahan baku pembuatan biogas, seperti kotoran ternak, limbah pertanian, dan bahan-bahan lainnya. Karena pada saat pencampuran dilakukan, bahan-bahan tersebut tidak tercampur dengan baik dan merata. Pengadukan dapat dilakukan sebelum dimasukkan ke dalam digester atau ketika bahan sudah berada di dalam digester (Wahyuni, 2013).

f. Starter

Proses penguraian dipercepat dengan menambahkan starter berupa bakteri mikroorganisme perombak. Starter yang digunakan dapat berupa starter alami, semi buatan dan buatan (Agusman dkk., 2017).

### 2.3.3. Karakteristik Biogas

Biogas mengandung komponen utama yaitu metana ( $\text{CH}_4$ ) dan unsur gas lainnya. Berikut adalah komposisi serta jumlah yang ada dalam biogas dapat ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Komposisi Biogas

<b>Komposisi Biogas</b>	<b>Jumlah</b>
Metana ( $\text{CH}_4$ )	55 – 70%
Karbon Dioksida ( $\text{CO}_2$ )	30 – 45%
Nitrogen ( $\text{N}_2$ )	0 – 0,5%
Hidrogen Sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ )	1 – 5%

(Steinhauser and Deublin, 2008).

Kandungan yang terdapat dalam biogas merupakan hasil dari proses metabolisme mikroorganisme. Kandungan metana pada biogas lebih dari 45% cenderung mudah terbakar dan ini tergolong kategori bahan bakar yang baik karena nilai kalornya tinggi. Kandungan  $\text{CO}_2$  dalam biogas ternyata berpengaruh terhadap performansi pembakaran karena dapat mengurangi nilai kalor bakar dari biogas tersebut (Pasaribu dan Kusdiyantini, 2021).

## 2.4 Degradasi Anaerobik

Proses degradasi anaerobik merupakan proses fermentasi bahan organik oleh aktivitas bakteri anaerob pada kondisi tanpa oksigen bebas dan merubahnya dari bentuk tersuspensi menjadi terlarut dan biogas (Siddharth, 2006). Pengolahan limbah secara anaerobik dapat diartikan sebagai proses biokimia yang menghasilkan biogas dengan merubah bahan organik kompleks menjadi sumber energi terbarukan (Hagos *et al.*, 2016). Kandungan dari limbah cair kelapa sawit

memiliki kandungan terdiri dari bahan *organic biodegradable* dengan konsentrasi yang tinggi seperti lemak, protein, dan selulosa yang akan mempengaruhi kandungan oksigen terlarut dan padatan tersuspensi, bahan-bahan organik yang sukar terurai, sehingga mempengaruhi jumlah kandungan oksigen (Baharuddin dkk., 2009).

Proses anaerobik disebut sebagai teknologi efektif untuk mengelola limbah residu organik menjadi biogas. Biogas dimanfaatkan untuk sumber energi baru terbarukan yang umumnya digunakan sebagai bahan bakar kompor, listrik, dan boiler. Proses anaerobik memiliki beberapa kelebihan yaitu produksi energi, produksi biofertilizer dan kondisioner tanah, serta pengurangan gas rumah kaca. Proses ini menurunkan kandungan mineral seperti Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), dan mikroorganisme patogenik melalui pembentukan lumpur dan pelepasan ammonia ke udara bebas (Murti dkk., 2019).

## **2.5 Digester**

Digester merupakan peralatan utama untuk membuat sistem biogas. Digester merupakan tempat untuk menguraikan bahan organik oleh bakteri secara anaerob (tanpa udara) menjadi gas metan (Wahyuni, 2017). Digester harus tetap dijaga dalam tanpa kontak langsung dengan Oksigen ( $O_2$ ). Oksigen yang memasuki digester menyebabkan penurunan produksi metana, karena bakteri berkembang pada kondisi yang tidak sepenuhnya anaerob (Mayasari dkk., 2010).

Prinsip bangunan digester adalah menciptakan suatu ruang kedap udara (anaerobik) yang menyatu dengan saluran atau pemasukan (*input*) serta saluran atau bak pengeluaran (*output*). Apabila limbah padat dalam kondisi menggumpal maka diperlukan pengadukan supaya lebih mudah masuk kedalam digester dan proses perombakan lebih mudah. Untuk menampung gas yang terbentuk dari bahan organik dapat dibuat beberapa model konstruksi alat penghasil biogas (Wahyuni, 2015).

## 2.6 Starter Kotoran Kambing

Starter merupakan bahan tambahan berupa mikroorganisme pengurai yang berguna untuk mempercepat proses penguraian. Starter yang digunakan dapat berupa starter alami maupun buatan. Starter alami merupakan bahan yang berasal dari alam berupa lumpur organik aktif atau cairan isi rumen. Sementara itu, starter buatan diperoleh dengan cara pembiakan di laboratorium (Sugara, 2017). Kotoran hewan (rumen) yang tidak dikelola dengan baik dapat mencemari lingkungan. Pemanfaatan kotoran kambing menjadi biogas merupakan pilihan yang tepat dan ini adalah bentuk eksplorasi bioteknologi terhadap limbah dalam menyediakan sumber energi terbarukan (Eswanto dkk., 2018). Proses pembentukan biogas dari kotoran kambing melibatkan beberapa reaksi biokimia dalam kondisi anaerobik yang terjadi melalui fermentasi oleh mikroorganisme.

Limbah peternakan pada peternakan kambing merupakan jenis bahan baku yang dapat dimanfaatkan dalam pembentukan biogas. Kotoran kambing merupakan bahan organik yang cocok sebagai sumber penghasil biogas, karena mengandung bakteri metanogenesis yang dapat menghasilkan gas metana (Amaranti dkk., 2012). Bakteri metanogenesis yang terdapat dalam perut kambing berperan sebagai pembusukan. Bakteri tersebut membantu dalam proses fermentasi sehingga mempercepat proses pembentukan biogas (Eswanto dkk., 2018).

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Februari sampai Agustus 2024 di Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Bandar Lampung. Sampel limbah cair kelapa sawit diambil di Kecamatan Padang Ratu, Kabupaten Lampung Tengah, Desa Kuripan. Provinsi Lampung.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah galon, selang waterpass  $\frac{1}{4}$  inch, stop kran ukuran  $\frac{4}{7}$ , pipa paralon 4 inch, pH meter, thermometer, isolasi, lem kaca, alat pengukur TDS meter EZ9908, dan gelas ukur.

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair kelapa sawit, kotoran kambing dan air.

#### **3.3 Prosedur Penelitian**

Prosedur dalam penelitian ini mencakup beberapa tahapan, yaitu pengukuran analisis substrat secara menyeluruh, persiapan serta instalasi alat digester, dan tahap persiapan bahan baku yang akan digunakan dalam proses penelitian.

### **3.3.1. Pengukuran Analisis Substrat**

#### **3.3.1.1. *Chemical Oxygen Demand (COD)***

Berdasarkan MU.SS-UJI.90, COD ditentukan dengan cara sampel diambil dan disimpan dalam wadah yang bersih dan tertutup untuk mencegah kontaminasi. Sampel dengan reagen ( $K_2Cr_2O_7$  sebagai oksidator) dicampurkan dalam wadah reaksi. Proses ini biasanya dilakukan dalam kondisi asam (misalnya, dengan menambahkan  $H_2SO_4$ ) untuk memastikan bahwa semua bahan organik teroksidasi. Lalu dipanaskan untuk memastikan reaksi berlangsung optimal. Setelah reaksi selesai, diukur menggunakan spektrofotometer untuk menentukan konsentrasi sisa reagen. Hasil COD dihitung berdasarkan jumlah oksigen yang dinyatakan dalam mg/L.

#### **3.3.1.2. *Biochemical Oxygen Demand (BOD)***

Pengujian nilai BOD membutuhkan waktu 5 hari untuk diselesaikan dan dilakukan dengan menggunakan alat tes oksigen terlarut, berdasarkan SNI 6989.72:2009. Level BOD ditentukan dengan membandingkan level DO dari sampel air yang diambil segera dengan level DO dari sampel air yang telah diinkubasi dalam inkubator selama 5 hari. Level *Dissolved Oxygen* (DO) awal diukur sebelum sampel diinkubasi dalam inkubator pada suhu 20 °C selama 5 hari. Setelah 5 hari, diukur DO pada semua sampel encer dan blanko diperiksa.

#### **3.3.1.3. *Total Suspended Solid (TSS)***

Berdasarkan SNI 6989.3-2019, langkah awal yang dilakukan adalah persiapan kertas saring. Diletakkan kertas saring pada peralatan filtrasi. Dicuci kertas saring dengan air suling berlebih 20 mL lalu divakum untuk menghilangkan semua sisa air. Dikeringkan kertas saring dalam oven pada suhu 103 °C-105 °C selama 1 jam, dinginkan dalam desikator kemudian ditimbang. Diulangi langkah-langkah tersebut sampai diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya.

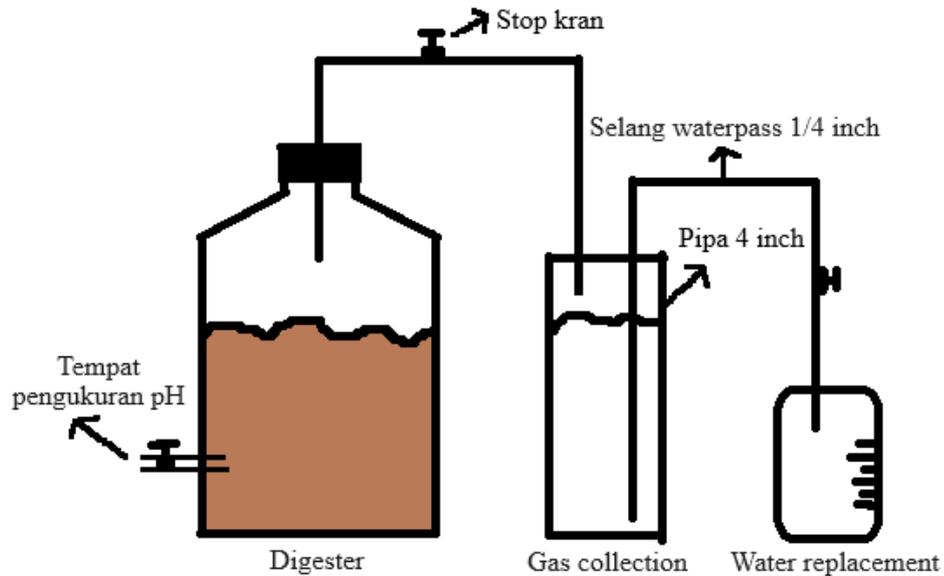
Kemudian dilakukan pengujian TSS. Dilakukan penyaringan sampel dengan peralatan vakum. Dibasahi kertas saring dengan sedikit air suling. Diaduk sampel dengan pengaduk hingga homogen. Dicuci kertas saring dengan 10 mL air suling sebanyak 3 kali, lalu divakum selama 3 menit agar diperoleh penyaringan sempurna. Dipindahkan kertas saring dari peralatan penyaring dan dikeringkan dalam oven setidaknya selama 1 jam pada suhu 103 °C-105 °C, dinginkan dalam desikator untuk menyeimbangkan suhu dan ditimbang. Tahapan tersebut diulangi sampai diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya.

#### **3.3.1.4. Total Dissolved Solid (TDS)**

Sampel limbah cair kelapa sawit diukur dengan TDS meter EZ9908 untuk mengukur jumlah padatan atau partikel terlarut di dalam sampel yang akan digunakan

#### **3.3.2. Persiapan Alat Digester**

Rangkaian digester dibuat sebanyak perlakuan uji coba sampel. Pertama-tama galon yang digunakan sebagai alat digester dilubangi pada bagian bawah dan tutup atasnya. Pipa yang digunakan juga dilubangi sebanyak dua kali untuk tempat saluran selang. Digester ditutup dengan tutup galon yang dibungkus lakban dan pastikan galon tertutup rapat tanpa ada udara sedikitpun. Bagian atas digester dipasangkan selang *waterpass* ukuran ¼ inch yang sudah terhubung dengan stop kran ukuran 4/7 mm. Selang tersebut disalurkan ke pipa berukuran 4 inch yang sudah diisi air sebanyak 1500 mL. Selanjutnya lubang yang kedua pada tutup pipa disalurkan juga selang dengan kran angin yang sudah terhubung untuk disalurkan pada gelas ukur. Selanjutnya rangkai alat percobaan biogas seperti pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Rangkaian Alat Percobaan Biogas

### 3.3.3. Tahap Persiapan Bahan Baku

Sampel yang digunakan adalah limbah cair kelapa sawit dan starter kotoran kambing. Sampel dilakukan dengan dua tahap perlakuan yaitu untuk *baseline* dan untuk produksi biogas. Tahap *baseline* bertujuan untuk mengetahui jenis limbah cair kelapa sawit yang lebih optimal untuk digunakan dalam tahapan selanjutnya yaitu produksi biogas. Pada tahap *baseline*, terdapat dua jenis sampel limbah cair kelapa sawit yang digunakan, yaitu limbah A berupa air rebusan dan limbah B berupa air kolam. Berikut adalah variasi jenis limbah cair kelapa sawit untuk perlakuan *baseline* yang ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Variasi Jenis Limbah Cair Kelapa Sawit

Sampel Limbah	Perbandingan Bahan (liter)	
	Limbah Cair	Air
A	5	5
B	5	5

Tahapan yang kedua adalah hasil dari sampel limbah *baseline* yang optimal dilanjutkan dengan menambahkan starter kotoran kambing. Pada tahapan ini terdapat tiga perlakuan digester yang disebut D1, D2, dan D3 dengan komposisi perbandingan limbah cair dan kotoran kambing yang ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Perbandingan Penambahan Starter

Perlakuan	Perbandingan Bahan (liter)	
	Komposisi Limbah	Komposisi Starter
D1	4	6
D2	5	5
D3	6	4

### 3.4 Pengamatan Parameter Biogas

#### 3.4.1. Pengukuran Suhu

Pengukuran suhu dilakukan setiap hari pada pukul 09.00-10.00 WIB dan 16.00-17.00 WIB dengan terlebih dahulu dilakukan pengadukan pada digester agar substrat merata. Pengukuran suhu diukur menggunakan termometer.

#### 3.4.2. Pengukuran pH

Dilakukan kalibrasi alat pH sebelum menganalisa sampel dengan menggunakan larutan standar penyangga pH. Untuk sampel yang bersuhu tinggi, sesuaikan hingga sampai suhu kamar. Dikeringkan dan dibilas elektroda alat pH meter dengan air suling. Dibilas elektroda dengan sampel yang ingin di analisis. Dichelupkan elektroda kedalam sampel, sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap (konstan) (SNI 6989.59:2008).

#### 3.4.3. Lama Waktu Fermentasi

Lama waktu fermentasi adalah waktu yang diperlukan untuk proses fermentasi sehingga menghasilkan biogas yang diinginkan. Biogas akan terbentuk dalam digester, ditandai dengan kemunculan gas di dalamnya. Selanjutnya, volume biogas yang dihasilkan dapat diamati dan diukur.

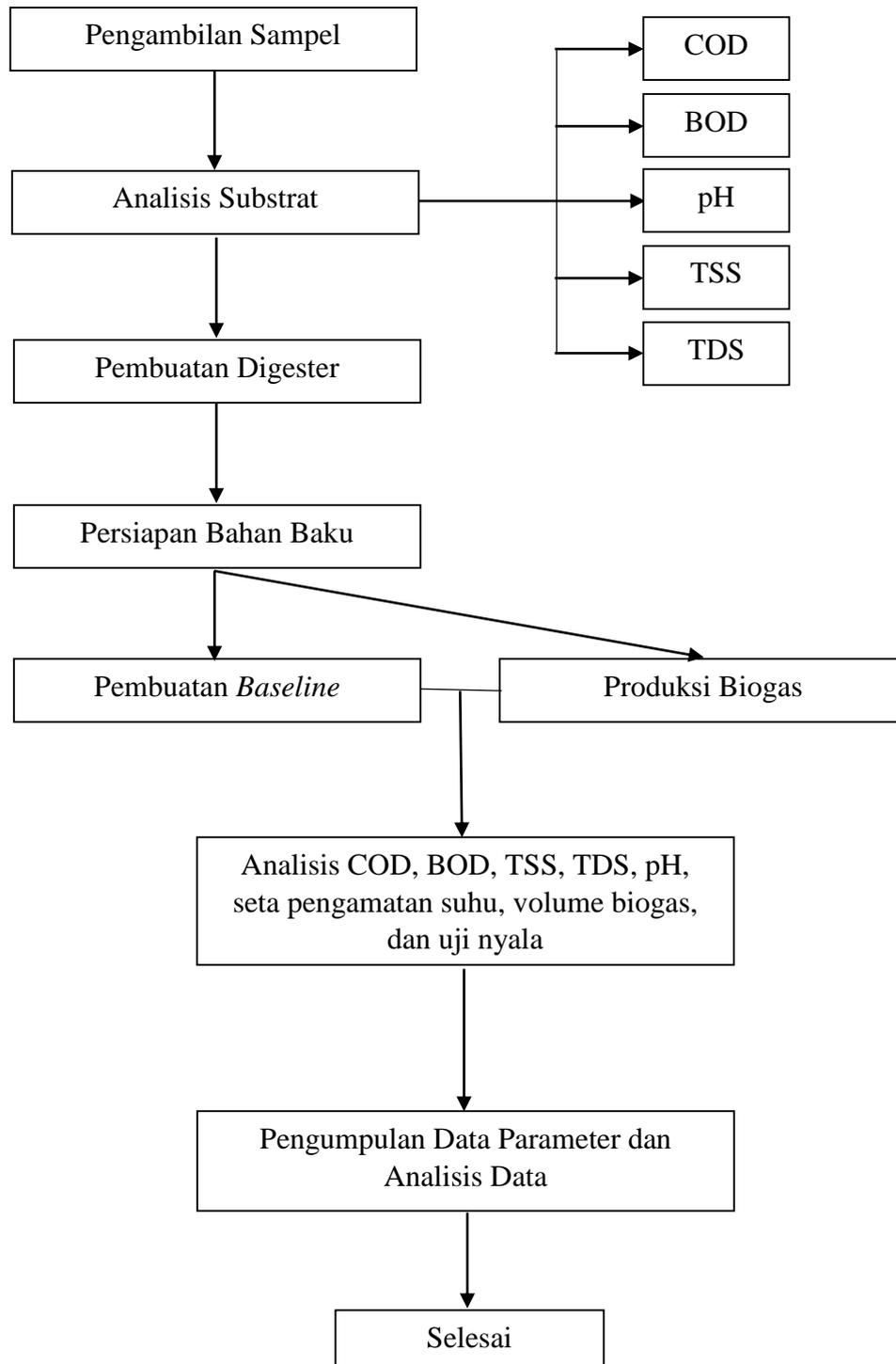
#### **3.4.4. Volume Biogas**

Limbah cair kelapa sawit dalam digester yang sudah terbentuk gas diukur dengan menghitung volume air yang ditampung pada pipa berukuran 4 inch yang berisikan air. Stop kran yang berada pada selang *waterpass* dibuka agar air mengalir dalam selang. Kemudian air tersebut ditampung dalam wadah dan diukur volumenya pada gelas ukur. Setelah diperoleh data volume biogas dicatat volume tersebut dan dibuat grafik.

#### **3.4.5. Uji Nyala Api**

Uji nyala terhadap biogas merupakan salah satu cara untuk mengetahui ada tidaknya kandungan  $\text{CH}_4$  dalam biogas. Gas hasil produksi yang mengandung  $\text{CH}_4$  akan ikut terbakar apabila didekatkan pada sumber api. Kadar  $\text{CH}_4$  minimal yang dapat terbakar sebesar 45%. Pembakaran bahan bakar tanpa  $\text{CO}_2$  akan menghasilkan api berwarna biru sedangkan api berwarna kuning kemerahan akibat adanya  $\text{CO}_2$  (Yahya dkk., 2018).

### 3.5 Diagram Alir



## **V. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Limbah cair kelapa sawit dapat diolah menjadi sumber biogas dengan metode anaerobik menggunakan starter kotoran kambing.
2. Volume biogas yang diamati selama 1-40 hari menunjukkan peningkatan volume seiring bertambahnya waktu pada semua digester yang diamati. Volume terbanyak diperoleh pada digester D1 sebanyak 23,970 L.
3. Biogas dari digester D1 dapat menghasilkan nyala api. Digester D2 dan D3 tidak menghasilkan nyala api.
4. Nilai COD, BOD, dan TDS pada biogas hasil fermentasi digester D1 menghasilkan penurunan berturut-turut sebesar 48%, 49%, dan 34%. Untuk nilai TSS mengalami peningkatan sebesar 21%.

### **5.2 Saran**

1. Uji nyala hanya memberikan indikasi sifat kualitatif tentang keberadaan metana, tetapi tidak memberikan gambaran lengkap tentang kualitas biogas secara keseluruhan sehingga perlu dilakukan analisis yang lebih komprehensif mengenai komposisi gas. Metode analisis lain seperti kromatografi gas-spektrometri massa (GC-MS) atau perangkat lainnya yang diperlukan untuk mendapatkan informasi lebih akurat tentang proporsi masing-masing komponen gas.

2. Untuk memastikan bahwa hasil analisis substrat berupa parameter seperti COD, BOD, TSS, dan TDS tidak melebihi baku mutu air limbah industri kelapa sawit sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014, diperlukan perlakuan tambahan pada sampel yang diuji. Perlakuan tersebut meliputi pengendapan (sedimentasi), yaitu proses memisahkan partikel padat serta minyak atau lemak dari permukaan cairan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agusman, D., Rifky, dan Buono, A.K. 2017. Pengaruh Starter Ragi dalam Proses Pembentukan Biogas Limbah Buah. *Teknoka*. 2(2502):37–43.
- Ahmad, A., Syarfi, dan Melissa, A. 2011. Penyisihan Chemical Oxygen Demand (COD) dan Produksi Biogas Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dengan Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Cangkang Sawit. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan.”* Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia.
- Amaranti, R., Satori, M., dan Rejeki, Y.S. 2012. Energi Alternatif dan Pupuk Organik. *Buana Sains*. 12(1):99–104.
- Ambar, Pertiwiningrum. 2016. *Instalasi Biogas (Cetakan Pertama)*. CV Kolom Cetak. Yogyakarta.
- Arfian, C., Haryanto, A., Hasanudin, U., dan Zulkarnain, I. 2017. Produksi Biogas dari Campuran Kotoran Sapi dengan Rumpun Gajah (*Pennisetum purpureum*). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 6(1).
- Baharuddin, A.S., Wakisaka, M., Shirai, Y., Abd-Aziz, S., Rahman, N.A.A., and Hassan, M. A. 2009. Co-composting of Empty Fruit Bunches and Partially treated Palm Oil Mill Effluent in Pilot Scale. *International Journal of Agricultural Research*. 4(2):69–78.
- Boe K. 2006. *Online Monitoring and Control of The Biogas Process*. Thesis. Institute of Environment and Resources. Technical University of Denmark.
- Casez, J. 2001. *Encyclopedia of Chromatography*. Marcell Dakker Inc.
- Chan, A.A., Apriyanti, I., dan Hayati, R. 2016. Produksi Biogas dan Penyisihan COD dari Limbah Cair Tahu. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*. 4(1):23-30.

- Chae, K.J., Jang, A., Yim, S.K., and Kim, I.S. 2008. The Effects of Digestion Temperature and Temperature Shock on The Biogas Yields from The Mesophilic Anaerobic Digestion of Swine Manure. *Bioresource Technology*. 99:1–6.
- Darmanto, A., Sudjito, S., dan Denny, W. 2012. Pengaruh Kondisi Temperatur Mesophilic (35°C) dan Thermophilic (55°C) Anaerob Digester Kotoran Kuda Terhadap Produksi Biogas. *Jurnal Rekayasa Mesin*. 3(2):317-326.
- De Mez, T.Z., Stams, A.J., Keith, J., and Zeeman, G. 2003. *Methane Production by Anaerobic Digestion of Waste Water and Solid Wastes* (J..Reith., R. Wijffels, and H. Barten (eds.)). Dutch Biological Hydrogen Foundation.
- Deublein, D and Steinhauser, A. 2008. *Biogas from Waste and Renewable Resources*. An Introduction. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.
- Eka, S., Anita, Z.T., dan Nelly, W. 2015. Pembuatan Membran Silika dari Fly Ash dan Aplikasinya untuk Menurunkan Kadar COD dan BOD Limbah Cair Kelapa Sawit. *Journal Untan*. 4(3):48-53.
- Elfiano, E., Fadhilah, M.C., dan Masdar, M.S. 2019. Sistem Biogas sebagai Eergi Terbarukan Skala Rumah Tangga dengan Memanfaatkan Limbah Kotoran Burung Puyuh. *Journal of Renewable Energy & Mechanics (REM)*. 2(2):92-98.
- Eswanto, Ilmi, Siahaan, dan Rofenry. A. 2018. Analisa Reaktor Biogas Campuran Limbah Kotoran Kambing dengan Jerami dan Em4 Sistem Menetap. *Sintek Jurnal: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*. 12(1):40-46.
- Ethica, Stalis Norma. 2018. *Buku Referensi Bioremediasi Limbah Biomedik Cair*. Deepublish. Yogyakarta.
- Fahlevi, F.M. 2022. *Penentuan Kadar COD dan BOD pada Limbah Cair Sawit dengan Metode Spektroskopi UV VIS dan Titrasi Iodometri*. Karya Ilmiah. Universitas Jambi.
- Fauzi, Y., Yustina, E., Satyawibawa, I., dan Paeru, R. 2008. *Kelapa Sawit Budidaya dan Pemanfaatan Hasil dan Limbah Analisis Usaha dan Pemasaran*. Penebar Swadaya. Jakarta
- Garritano, A.N., Faber, M.de.O., De Sà, L.R.V., and Ferreira-Leitão, V.S. 2018. Palm Oil Mill Effluent (POME) as Raw Material for Biohydrogen and Methane Production Via Dark Fermentation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 92(C):676-684.
- Gita, Khaerunnisa, dan Ika, Rahmawati. 2013. Pengaruh pH dan Rasio COD : N Terhadap Produksi dengan Bahan Baku Limbah Industri Alkohol (Vinasse). *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 2(3):1-7.

- Gunawan. 2012. *Produksi Biogas sebagai Sumber Energi Alternatif dari Kotoran Sapi*. Artikel Ilmiah Jurusan Teknik Kimia.
- Hagos, K., Zong, J., and Liu, D.L.C. 2016. *Anaerobic Co-Digestion Process for Biogas Production: Progress, Challenges and Perspectives*. Nanjing Tech University.
- Harahap, S. 2013. Pencemaran Perairan Akibat Kadar Amonia yang Tinggi dari Limbah Cair Industri Tempe. *Jurnal Akuatika*. 4(2):183-194.
- Hasanudin, U., Suroso, R., dan Misgiyarta. 2007. *Optimasi Fermentasi Air Limbah Tapioka sebagai Sumber Biogas*. Laporan Hasil Penelitian. Universitas Lampung.
- Ibrahim, H., Darianto, dan Cahya, D.D. 2018. Unjuk Kerja Sistem Pembangkit Listrik Menggunakan Biogas Limbah Cair pada Pabrik Kelapa Sawit. *Journal of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials And Energy*. 2(2):78-85.
- Iriani, P., Suprianti, Y., dan Yulistiani, F. 2017. Fermentasi Anaerobik Biogas Dua Tahap dengan Aklimatisasi dan Pengkondisian pH Fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*. 1(1):1-10.
- Kresnawaty, I., Susanti, S., dan Tri-Panji. 2008. Optimisasi Produksi Biogas dari Limbah Lateks Cair Peekat dengan Penambahan Logam. *Menara Perkebunan*. 76(1):23-35.
- Kurniawan, A., dan Samani, A. 2022. Pembentukan Biogas pada Media Eceng Gondok dengan Starter Kotoran Ternak. *Jurnal Kajian Biologi*. 2(4):203-214.
- Mayasari, H.D., Riftanto, I.M., Aini, L.N., dan Rizky, M. 2010. *Pembuatan Biodigester dengan Uji Coba Kotoran Sapi sebagai Bahan Baku*. Laporan Tugas Akhir. Universitas Sebelas Maret.
- Murti, G.W., Pertiwi, A., Masfuri, I., Juwita, A.R., Adiprabowo, A.B., Dwimansyah, R., Senda, S.P., dan Husodo, D.P. 2019. Ulasan Teknologi Pretreatment Terkini Limbah Cair POME Sebagai Umpan Digester Biogas. *Jurnal Teknologi Rekayasa*. 4(1):17-28.
- Ngatirah. 2017. *Limbah Kelapa Sawit Instiper Yogyakarta Teknologi Penanganan dan Pemanfaatan*. Instiper Yogyakarta.
- Pambudi, A. 2008. *Pemanfaatan Biogas Sebagai Energi Alternatif*. Universitas Sebelas Maret.

- Pasaribu, D., dan Kusdiyantini, E. 2021. Energi Mandiri dengan Pemanfaatan Limbah Cair pada Industri Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*. 2(3):163-169.
- Pavia, L.D., Lampman, G.S., Critz, G.S., and Engel, R.G. 2006. *Introduction to Organic Laboratory Techniques (4th Edition)*. Thomson Brooks/Cole.
- Putra, D.M., Abdullah, H., Priyati, A., Setiawati, A., dan Muttalib, A. 2017. Rancang Bangun Reaktor Biogas Tipe Portable dari Limbah Kotoran Ternak Sapi. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*. 5(1):369-373.
- Ramadhan, R., Tampubulon, G., dan Ermadani, E. 2021. Pengaruh Pemberian Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Terhadap Beberapa Sifat Kimia Tanah dan Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit pada Pembibitan Utama. *Jurnal Silva Tropika*. 5(1):339-356.
- Rondang, T. 2006. *Teknologi Oleokimia*. Departemen Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Sumatera Utara.
- Siddharth, S. 2006. *Green Energy Anaerobic Digestion*. Proceedings of The 4th. Sri Venkateswara College Of Engineering Sriperumbudur Anna University.
- SNI 6989.3:2019. Air dan Air Limbah – Bagian 3: Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (*Total Suspended Solids*, TSS) Secara Gravimetri. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 6989.72:2009. Air dan Air Limbah – Bagian 72: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (*Biochemical Oxygen Demand/BOD*). Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Sparkman, D., Penton, Z., and Fulton, G. 2011. *Gas Chromatography and Mass Spectrometry : A Practical Guide (2nd Edition)*. Academic Press
- Sugara, Putra Badai. 2017. *Pengaruh Penambahan Urea Terhadap Produksi Biogas Dari Campuran Kotoran Sapi Dan Jerami Padi*. Skripsi. Universitas Lampung.
- Tchobanoglous, G., Burton, L., and Stensel, D. 2003. *Wastewater Engginering Treatment and Reuse (4th Edtion)*. Metcalf and Eddy, Inc Mc Graw Hill.
- Wahyuni, Sri. 2013. *Biogas Energi Alternatif Pengganti BBM, Gas, dan Listrik*. PT. Agro Media Pustaka. Jakarta.
- Wahyuni, Sri. 2015. *Panduan Praktis Biogas*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Wahyuni, Sri. 2017. *Biogas Hemat Energi Pengganti Listrik, BBM, dan Gas Rumah Tangga (Cetakan Pertama)*. PT. Agro Media Pustaka. Jakarta.

- Wang, X. 2018. Anaerobic Digestion: Modeling and Prediction of Biogas Production, Quality and Composition. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 91:421-439.
- Widartil, N., Septian, S., dan Edhi, S. 2015. Degradasi COD Limbah Cair dari Pabrik Kelapa Sawit dalam Proses Pembentukan Biogas. *Jurnal Integrasi Proses*. 5(3):138-141.
- Wiharja, W., Winanti, W.S., Prasetiyadi, P., dan Sitomurni, A.I. 2021. Produksi Biogas dari Limbah Cair Kelapa Sawit dengan Menggunakan Reaktor Unggun Tetap tanpa Proses Pretreatment. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 22(1):78-84.
- Wiranata, G. 2014. *Karakteristik Gas Buang yang Dihasilkan Dari Rasio Pencampuran Antara Gasoline dan Bioetanol*. Tugas Akhir. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Yahya, Tamrin, dan Triyono. 2018. Produksi Biogas dari Campuran Kotoran Ayam, Kotoran Sapi, Dan Rumput Gajah Mini (*Pennisetum Purpureum Cv. Mott*) dengan Sistem Batch. *Jurnal Teknik Pertanian*. 6(3):151-160.
- Yulastri, Hazmi, A., dan Desmiarti, R. 2013. Aplikasi Plasma dengan Metoda Dielectric Barrier Discharge (DBD) untuk Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*. 2(2):46-50.
- Yuliansyah, S.I., dan Taufiqurrahman, M. 2022. Kajian Eksperimen Perbandingan Campuran Limbah Cair Kelapa Sawit, Air, dan Kotoran Sapi sebagai Penghasil Biogas. *Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin (JTRAIN)*. 3(1):76-80.
- Yuna, R., dan Mardina, V. 2019. Pengujian Karakteristik Kimia pada Limbah Cair Kelapa Sawit. *Jurnal Biologica Samudra*. 1(1):1-8.