

**PEMANFAATAN LUMPUR SAWAH SEBAGAI STARTER UNTUK
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT MENJADI BIOGAS**

(Skripsi)

Oleh

Eva Zaskia Anngelista



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

ABSTRAK

PEMANFAATAN LUMPUR SAWAH SEBAGAI STARTER UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT MENJADI BIOGAS

Oleh

EVA ZASKIA ANNGELISTA

Industri kelapa sawit saat ini, terus mengalami perkembangan. Namun, dampak positif dari perkembangan tersebut juga diikuti oleh dampak negatif terhadap lingkungan. Limbah cair kelapa sawit mengandung banyak bahan organik yang dapat dimanfaatkan menjadi biogas. Untuk meningkatkan produksi biogas maka dibutuhkan bahan tambahan, seperti salah satunya lumpur sawah yang mengandung bahan organik yang cukup tinggi, sehingga dapat digunakan untuk meningkatkan produksi biogas.

Pada penelitian ini biogas diproduksi dari limbah cair kelapa sawit (LCKS) menggunakan tambahan starter lumpur sawah dengan perbandingan antara LCKS dengan starter yang berbeda pada setiap perlakuan, yaitu 4:6 (E1), 5:5 (E2), dan 6:4 (E3). Campuran dimasukkan ke dalam digester dan difermentasi dengan pengamatan harian yaitu suhu dan volume. Parameter pengukuran kualitas limbah yang diukur pada penelitian ini meliputi pH, COD, BOD, TSS, dan TDS yang hanya diukur pada awal dan akhir masa 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 9,94 L pada perlakuan E2. Uji nyala api berhasil dilakukan pada perlakuan E2. Analisis dan pengamatan nilai COD, BOD, TSS, dan TDS pada biogas hasil fermentasi perlakuan E2 mengalami penurunan berturut-turut sebesar 70%, 73%, 56%, dan 21%.

Kata kunci: Biogas, limbah cair kelapa sawit, anaerobik, lumpur sawah

ABSTRACT

UTILIZATION OF RICE FIELD MUD AS A STARTER FOR PROCESSING LIQUID PALM OIL WASTE INTO BIOGAS

By

EVA ZASKIA ANNGELISTA

The palm oil industry continues to grow. However, the positive impact of this development is also followed by a negative impact on the environment. Palm oil liquid waste contains a lot of organic matter that can be utilized into biogas. To increase biogas production, additional materials are needed, such as rice field mud which contains high organic matter, so that it can be used to increase biogas production.

In this research, biogas was produced from liquid palm oil waste (LCKS) using additional paddy field sludge starter with the ratio between LCKS and starter different in each treatment, namely 4:6 (E1), 5:5 (E2), and 6:4 (E3). The mixture was put into the digester and fermented with daily observations of temperature and volume. Waste quality measurement parameters measured in this research include pH, COD, BOD, TSS, and TDS which were only measured at the beginning and end of the fermentation period.

The results showed that palm oil liquid waste can be processed into biogas. Biogas fermentation was carried out for 40 days with the highest biogas volume of 9.94 L in treatment E2. The flame test was successfully conducted in treatment E2. Analysis and observation of COD, BOD, TSS, and TDS values in biogas from E2 treatment fermentation decreased by 70%, 73%, 56%, and 21%, respectively.

Keywords: Biogas, liquid palm oil waste, anaerobic, rice field mud

**PEMANFAATAN LUMPUR SAWAH SEBAGAI STARTER UNTUK
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT MENJADI BIOGAS**

Oleh

Eva Zaskia Arngelista

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 : **PEMANFAATAN LUMPUR SAWAH SEBAGAI
STARTER UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR
KELAPA SAWIT MENJADI BIOGAS**

Nama : *Eva Zaskia Anngefista*

NPM : 2067011001

Jurusan : Kimia

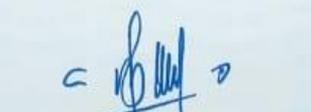
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI,
1. Komisi Pembimbing


Diky Hidayat, S.Si., M.Sc.
NIP. 197406092005011002


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

2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA


Dr. Mita Rilyanti, S.Si., M.Si
NIP. 197205302000032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

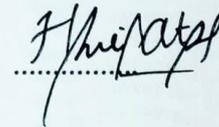
Ketua : Diky Hidayat, S.Si., M.Sc.



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



Anggota : Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 17 Oktober 2024

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Eva Zaskia Anngelista
Nomor Pokok Mahasiswa : 2067011001
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **"Pemanfaatan Lumpur Sawah Sebagai Starter untuk Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit Menjadi Biogas"** adalah hasil pekerjaan saya 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, 17 Oktober 2024

Yang Menyatakan



Eva Zaskia Anngelista

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Eva Zaskia Anngelista, lahir di Way Kanan pada tanggal 02 April 2002, sebagai anak pertama dari dua bersaudara, putri pertama dari Bapak Prawito dan Ibu Sri Kunsiah. Saat ini, penulis bertempat tinggal di Jl. Simpang Ojolali, Desa Donomulyo, Kecamatan Banjit, Kabupaten Way Kanan, Lampung.

Penulis menyelesaikan pendidikan di RA Baiturrohmah pada tahun 2007, lalu melanjutkan ke SD Negeri 1 Donomulyo pada tahun 2008-2014, SMP Negeri 1 Banjit pada tahun 2014-2017, MAN 1 Lampung Tengah pada tahun 2017-2020. Pada tahun 2020, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung melalui jalur prestasi.

Selama menempuh pendidikan di Jurusan Kimia, penulis pernah mengikuti organisasi dalam lingkup kampus sebagai wadah untuk mengembangkan potensi dan kemampuan diri. Organisasi yang pernah penulis ikuti adalah Himpunan Mahasiswa Kimia (Himaki) sebagai Kader Muda Himaki (KAMI) tahun 2020 dan sebagai anggota Biro Penerbitan tahun 2021-2022. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Argomulyo, Kecamatan Batu Ketulis, Kabupaten Lampung Barat, Lampung pada 6 Januari-11 Februari 2023. Pada Juli-Agustus 2023, penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) dengan judul Analisis Nilai Kalor pada Batubara sebagai Bahan Bakar Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Menggunakan *Automatic Calorimeter AC-600* di PT. PLN Nusantara Power Unit Pelaksana Pembangkitan Tarahan.

Penulis juga mengikuti Program Kompetisi Kampus Merdeka (PKKM) yang merupakan bagian dari program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) sebagai peserta BKP Riset di CV. Bumi Wira Segara dari Agustus-Desember 2023.

Pada tahun 2024, penulis telah menyelesaikan tugas akhir untuk mendapatkan gelar sarjana dengan membuat skripsi yang berjudul “Pemanfaatan Lumpur Sawah Sebagai Starter untuk Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit Menjadi Biogas”.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

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

Atas rahmat Allah SWT

dengan mengucap Alhamdulillahil'alamin dan dengan segala kerendahan hati,
ku persembahkan karya sederhanaku ini teruntuk:

Kedua orang tuaku,

Ibu Sri Kunsiah dan Ayah Prawito tersayang yang telah membesarkan, merawat,
membimbing, mendidik, mendo'akan, mendukung, dan memberikan kasih sayang
yang tak terbatas serta cinta yang sangat besar dan tak ternilai. Dengan ini aku
ucapkan terima kasih atas segalanya.

Adikku yang selalu memberikan keceriaan, semangat, do'a, dan dukungan penuh
padaku serta keluarga besarku yang selalu memberi dukungan, doa dan motivasi
baik.

Dengan segala rasa hormat kepada Bapak Diky Hidayat, S.Si., M.Sc. Ibu Prof. Dr.
Kamisah D. Pandiangan, M.Si. dan Bapak Dr. Eng. Heri Satria, M.Si, serta seluruh
Dosen Pengajar yang telah membimbing dan mendidikku sampai menyelesaikan
pendidikan Sarjana.

Sahabatku dan seluruh teman-teman yang telah memberikan banyak bantuan,
dukungan, semangat, saran, dan motivasi.

Almamater Tercinta, Universitas Lampung

MOTTO

“Dan hanya kepada Tuhanmulah, hendaknya kamu berharap”
(Q.S Asy-syarh : 8)

“Janganlah khawatir, sesungguhnya Allah bersamamu,
Allah mendengar dan melihat.”
(Q.S Taha : 46)

“Dan janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah”
(Q.S. Yusuf : 82)

“Once you make a decision, put your trust in Allah”
(Q.S. Ali ‘Imran : 159)

“It’s okay, it’s not a crime to not be able to do it out of fear”
(J)

“Don’t be afraid, dreams are everywhere,”
(Ateez : My Way)

Jangan khawatir, kamu bisa melakukan apapun.
You’re not alone.
(Mama dan Romo)

“It’s okay to be happy”
(Penulis)

SANWACANA

Alhamdulillahirobbil'alamiin. Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala nikmat, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam teruntuk Nabi Muhammad SAW, semoga kita termasuk dalam umatnya yang mendapat syafa'at beliau di yaumul akhir kelak, aamiin yarabbal'alamin.

Skripsi yang berjudul **“Pemanfaatan Lumpur Sawah Sebagai Starter untuk Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit Menjadi Biogas”** merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Dalam pelaksanaan dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari kesulitan dan rintangan, namun itu semua dapat penulis lalui berkat bantuan, bimbingan, saran dan dorongan semangat dari orang-orang yang hadir di kehidupan penulis, Jazakumullahu Khairan Katsiran Wa Jazakumullah Ahsanal Jaza, Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orang tua yang saya cintai, Kanjeng Ibundaku Sri Kunsiah dan Kanjeng Romoku Prawito, untuk segala cinta, kasih sayang dan dukungan yang telah diberikan selama ini serta segala perjuangan dan pengorbanan serta do'a yang tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

3. Bapak Diky Hidayat, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I dan Pembimbing Akademik atas kebaikan, bimbingan, arahan, masukan, bantuan dan seluruh ilmu pengetahuan yang diberikan selama proses perkuliahan sampai dengan penyelesaian skripsi.
4. Ibu Prof. Dr. Kamisah Delilawati Pandiangan, M.Si selaku Dosen Pembimbing II atas kebaikan, bimbingan, arahan, masukan, dan seluruh ilmu pengetahuan yang diberikan dalam proses penyelesaian skripsi.
5. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung serta selaku Dosen Penguji/Pembahas atas masukan, saran dan seluruh ilmu pengetahuan yang diberikan dalam proses penyelesaian skripsi.
6. Bapak Prof. Wasinton Simanjutak, M.Sc., Ph.D yang sudah ikut berpartisipasi dan memberikan masukan serta saran dan penelitian ini dan skripsi ini dengan baik.
7. Ibu Dr. Mita Rilyanti, M.Si. selaku Kepala Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
8. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu, pengalaman, dan motivasi selama penulis menjalankan pendidikan di kampus.
9. Seluruh staf administrasi dan pegawai di lingkungan Jurusan Kimia, Dekanat FMIPA, serta Universitas Lampung yang senantiasa membantu dalam sistem akademik, perkuliahan, penelitian, serta penyusunan skripsi sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
10. Adikku, Achmad Ghany Ad-dharoby yang selalu menghibur dan telah memberikan keceriaan serta telah berperan sebagai bungsu yang baik
11. Keluarga besarku yang telah memberikan dukungan serta do'a baiknya.
12. Agil, Hamida, Sabrina, Gita, Alda, dan Ida yang telah menemani masa-masa beratku dan selalu memberikan bantuan, semangat, dukungan dan motivasi selama ini.
13. Sahabat penelitian, Annisa, Dina, Senna dan Dinda yang selalu kebersamai dalam segala kondisi selama penelitian yang telah kita lakukan bersama-sama.

14. Teman-teman Kimia Angkatan 2020 serta Anak Kelas C 2020 yang senantiasa memberikan informasi dan membantu penulis.
15. Teman-teman KKN di Desa Argomulyo, Zena, Falia, Alfin, Sabial dan Kak Iyan yang telah memberikan semangat serta menemani selama KKN yang menjadikan pengalaman yang luar biasa bagi penulis.
16. Keluarga besar Mbah putri dan Mbah putra di Desa Rejomulyo, serta keluarga Ibu dan Bapak di Desa Kuripan yang telah membantu selama penelitian
17. Semua pihak yang telah membantu dan mendukung dalam menyelesaikan skripsi penulis, serta almamater Universitas Lampung.
18. Terakhir, teruntuk diriku sendiri Eva Zaskia Anngelista kuberikan terima kasih yang besar kepada diriku yang sudah bertahan, terima kasih sudah berjuang, walau sering kali merasa tidak mampu, khawatir akan banyak hal dan banyak kegagalan yang menghampiri, namun terima kasih sudah mau berusaha percaya pada diri sendiri, terima kasih karena memilih tidak berhenti dan tidak menyerah. Walaupun masih banyak yang harus dihadapi namun saat ini aku menghargai, bersyukur, dan bangga pada diriku atas segalanya. *Let's go on without hesitation. Don't worry, just going your way. Don't forget you can do everything.*

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih terdapat beberapa kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca demi perbaikan penelitian selanjutnya. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan di masa depan.

Bandar Lampung, 17 Oktober 2024
Penulis,

Eva Zaskia Anngelista

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	3
1.3. Manfaat Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Kelapa Sawit	4
2.2. Limbah Cair Kelapa Sawit.....	5
2.3. Biogas	5
2.3.1. Manfaat Biogas	6
2.3.2. Pembentukan Biogas	7
2.3.3. Karakteristik Biogas.....	8
2.4. Lumpur Sawah	9
2.5. Digester.....	12
III. METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1. Waktu dan Tempat	13
3.2. Alat dan Bahan.....	13
3.3. Prosedur Penelitian.....	13
3.3.1. Analisis Substrat	13
3.3.2. Pembuatan Alat Digester.....	14
3.3.3. Persiapan Bahan Baku.....	14
3.4. Parameter Pengamatan	15
3.4.1. pH.....	15
3.4.2. <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	16
3.4.3. <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	16
3.4.4. <i>Total Suspended Solid</i> (TSS).....	17
3.4.5. <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS).....	17
3.4.6. Suhu.....	18
3.4.7. Volume Biogas.....	18
3.4.8. Uji Nyala	18
3.5. Diagram Alir	19

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1. Analisis Substrat.....	20
4.2. Pembuatan <i>Baseline</i>	21
4.3. Produksi Biogas dengan Tambahan Starter	25
4.3.1. pH.....	25
4.3.2. <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	27
4.3.3. <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	28
4.3.4. <i>Total Suspended Solid</i> (TSS).....	29
4.3.5. <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS).....	30
4.3.6. Suhu.....	31
4.3.7. Produksi Biogas	33
4.3.8. Uji Nyala	34
V. KESIMPULAN DAN SARAN	36
5.1. Kesimpulan	36
5.2. Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Digester	12
2. Rancang alat digester	14
3. Diagram alir	19
4. Perbandingan pengukuran suhu limbah (a) pagi hari dan	22
5. Perbandingan volume biogas antara limbah A dan B	23
6. Akumulasi volume biogas untuk limbah A dan B	24
7. Perbandingan pH pada ketiga perlakuan	26
8. Perbandingan nilai COD pada ketiga perlakuan.....	27
9. Perbandingan BOD pada ketiga perlakuan	28
10. Perbandingan TSS pada ketiga perlakuan	29
11. Perbandingan TDS pada ketiga perlakuan	30
12. Perbandingan pengukuran suhu (a) pagi hari dan (b) sore.....	32
13. Perbandingan volume biogas pada ketiga perlakuan	33
14. Akumulasi volume biogas pada ketiga perlakuan	34
15. Hasil uji nyala api pada perlakuan E2.....	35
16. Hasil analisis awal pada limbah A	44
17. Hasil analisis akhir pada limbah A	45
18. Hasil analisis awal pada limbah B	46
19. Hasil analisis akhir pada limbah B.....	47
20. Hasil analisis awal pada perlakuan E1	50
21. Hasil analisis akhir pada perlakuan E1	51
22. Hasil analisis awal pada perlakuan E2	52
23. Hasil analisis akhir pada perlakuan E2	53

24. Hasil analisis awal pada perlakuan E3	54
25. Hasil analisis akhir pada perlakuan E3	55

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi biogas.....	9
2. Variasi jenis limbah cair kelapa sawit.....	15
3. Variasi penambahan jumlah starter.....	15
4. Hasil analisis substrat.....	20
5. Hasil analisis <i>baseline</i> limbah A dan limbah B.....	21
6. Pengamatan harian suhu <i>baseline</i>	42
7. Pengamatan harian produksi biogas <i>baseline</i>	43
8. Pengamatan suhu harian pada perlakuan E1, E2 dan E3.....	48
9. Pengamatan harian volume biogas pada perlakuan E1, E2 dan E3.....	49

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis*, Jacq) merupakan salah satu komoditas unggulan yang memiliki andil yang signifikan bagi perekonomian Indonesia. Kelapa sawit merupakan sumber pendapatan bagi jutaan keluarga petani, sumber devisa negara, penyedia lapangan kerja, dan penggerak pertumbuhan dan perkembangan industri berbasis kelapa sawit. Indonesia memiliki kapasitas produksi 40 juta ton minyak sawit per tahun mulai tahun 2020 (Nanna, 2020).

Industri kelapa sawit di Provinsi Lampung memiliki potensi yang sangat besar. Potensi tersebut dapat dilihat dari luasnya wilayah dan tingginya produksi kelapa sawit di Provinsi Lampung. Pengembangan perkebunan kelapa sawit di Provinsi Lampung diharapkan dapat membuka dan memperluas kesempatan kerja di Provinsi Lampung. Namun, dampak positif dari perkembangan perkebunan kelapa sawit juga diikuti oleh dampak negatif terhadap lingkungan, seperti dihasilkannya limbah cair, padat dan gas. Produksi olahan kelapa sawit yang tinggi tentu sebanding dengan limbah yang dihasilkan.

Menurut Yuliansyah, Sunjana, dan Taufiqurrahman (2022), pabrik kelapa sawit menghasilkan setidaknya 60% limbah cair. Jumlah ini lebih besar dibandingkan jumlah limbah padat dari kelapa sawit. Limbah cair dari pabrik kelapa sawit yang memiliki konsentrasi tinggi dan berwarna coklat tua, serta mengandung bahan organik dan karbon karena penguraian beberapa senyawa organik oleh bakteri anaerob dapat menghasilkan biogas.

Limbah cair hasil pengolahan tandan buah segar kelapa sawit merupakan salah satu limbah yang memiliki pengaruh cukup besar terhadap lingkungan karena kandungan *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) didalamnya (Irwansyah, dkk. 2017). Pengaruh tingginya angka COD suatu buangan limbah dapat membahayakan dan mengkontaminasi rantai makanan apabila dibuang langsung ke saluran pembuangan tanpa diolah terlebih dahulu. Oleh sebab itu, pengolahan terbaik untuk buangan limbah yang memiliki kandungan organik yang tinggi adalah cara pengolahan secara anaerobik (Wihardja, dkk. 2021).

Sebagian besar air limbah yang diolah oleh pabrik kelapa sawit dibuang ke tangki dengan menggunakan sistem aerob saja. Pengolahan limbah cair kelapa sawit dengan sistem aerob dinilai kurang efektif karena bakteri ini hanya terdiri dari bakteri aerob dan habitat bakteri hanya terdapat pada dinding dan dasar penampungan. Kementerian Lingkungan Hidup telah mengeluarkan Peraturan Nomor 5 tahun 2014 tentang baku mutu limbah cair pemanfaatan kegiatan industri kelapa sawit, yang mengatur bahwa limbah tersebut harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke sumber air. Kandungan TSS yang dapat dibuang ke dalam air tidak melebihi 250 mg/L. Oleh karena itu, metode pengolahan terbaik untuk limbah dengan kandungan organik tinggi adalah pengolahan anaerob (Santoso, dkk. 2019). Dari pengolahan limbah cair secara anaerobik, bahan organik kompleks dalam limbah cair dapat diubah menjadi biogas oleh aktivitas bakteri anaerob.

Biogas adalah gas yang dihasilkan dari aktivitas anaerobik atau fermentasi bahan organik apa pun yang dapat terbiodegradasi dalam kondisi anaerobik. Biogas yang dihasilkan oleh biodigester sebagian besar terutama terdiri dari 54% – 70% metana (CH_4), 27%– 35% karbondioksida (CO_2), nitrogen (N_2), hidrogen (H_2), 0,1% karbon monoksida (CO), 0,1% oksigen (O_2) dan hidrogen sulfida (H_2S). Produksi biogas anaerobik dipengaruhi oleh sejumlah faktor antara lain yaitu suhu, pH, bahan organik, pengadukan dan starter (Wahyono dan Sudarno, 2012).

Produksi biogas memerlukan starter karena berperan dalam mendorong fermentasi anaerobik yang terjadi pada bahan organik yang digunakan sebagai bahan baku biogas. Starter yang digunakan mengandung bakteri metana yang dapat membantu mempercepat fermentasi anaerobik (Perdana, dkk. 2013). Bakteri bekerja dalam proses dekomposisi anaerobik untuk menghasilkan biogas, yang terutama terdiri dari metana dan karbon dioksida. Beberapa jenis starter yang digunakan antara lain lumpur aktif seperti lumpur kolam ikan, air limbah cair atau septik tank, pupuk kandang dan sampah organik. Dalam penelitian, starter juga digunakan untuk menentukan komposisi yang tepat untuk produksi biogas yang optimal (Subagyo dan Wijaya, 2017). Dalam proses pembentukan biogas terdapat beberapa faktor yang memengaruhi hasilnya seperti, derajat keasaman (pH), suhu, dan waktu. Namun, kajian variasi penambahan lumpur sawah sebagai starter terhadap produksi biogas dari limbah cair kelapa sawit menjadi fokus pada penelitian ini.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Mengolah limbah cair kelapa sawit menjadi biogas menggunakan metode anaerobik dengan penambahan starter lumpur sawah.
2. Mengamati pengaruh waktu terhadap produksi biogas.
3. Menguji sifat kualitatif biogas dengan uji nyala.
4. Melakukan pengukuran kualitas limbah, meliputi pH, COD, BOD, TSS dan TDS.

1.3. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dilakukannya penelitian ini yaitu memberikan informasi mengenai teknik pengolahan limbah cair kelapa sawit menjadi biogas menggunakan metode anaerobik dengan penambahan starter lumpur sawah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit merupakan tanaman yang menempati posisi penting dalam bidang pertanian dan hortikultura. Kelapa sawit merupakan komoditas andalan Indonesia dan pertumbuhannya sangat pesat. Tanah yang optimal untuk budidaya kelapa sawit harus didasarkan pada tiga faktor yaitu lingkungan, sifat fisik tanah, dan sifat kimia tanah (kesuburan tanah). Pohon kelapa sawit di perkebunan komersial dapat tumbuh dengan baik pada suhu antara 24-28°C. Untuk mencapai hasil yang optimal dalam budidaya kelapa sawit, perlu memperhatikan sifat fisik dan kimia tanah, termasuk struktur dan drainase yang baik. Dengan meningkatnya produksi kelapa sawit dari tahun ke tahun maka jumlah limbah pun akan semakin meningkat.

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq*) merupakan salah satu produk tanaman pangan yang mempunyai peranan penting dalam perekonomian Indonesia karena merupakan penyumbang devisa negara non migas yang cukup besar, serta sebagai sumber penerimaan devisa negara dan pajak serta dapat menciptakan lapangan kerja. Berdasarkan Direktorat Jenderal Perkebunan (2020), luas lahan kelapa sawit terus mengalami peningkatan selama beberapa tahun terakhir. Tahun. 2018-2020 baik perkebunan rakyat maupun perkebunan swasta meningkat sebesar 2,3%. Luas areal kelapa sawit diperkirakan akan terus meningkat, seiring dengan peningkatan kebutuhan minyak nabati dunia.

Kelapa Sawit merupakan salah satu tanaman budidaya penghasil minyak nabati berupa *Crude Palm Oil* (CPO), sangat banyak ditanam dalam perkebunan di Indonesia terutama di pulau Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Papua. Selain

menghasilkan CPO, dalam proses pengolahan kelapa sawit juga menghasilkan limbah sangat banyak. Dalam mengolah setiap ton tandan buah segar (TBS), pabrik pengolahan kelapa sawit akan menghasilkan limbah tandan kosong 230 – 250 Kg, serat 130- 150 Kg, dan limbah cangkang 60-65 Kg (Harihastuti, 2015). Hal ini mengakibatkan bertambahnya limbah dan menimbulkan permasalahan baru akibat dari bertambahnya limbah padat yang dihasilkan dari pabrik pengelolaan minyak sawit.

2.2. Limbah Cair Kelapa Sawit

Secara umum, limbah utama dari pabrik kelapa sawit terdiri atas 2 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 (Wihardja, dkk. 2021).

Limbah Cair Kelapa Sawit yang dihasilkan adalah berupa cairan kental seperti lumpur berwarna kecoklatan yang merupakan suspensi koloid tinggi dan memiliki bau yang spesifik, mengandung bahan organik yang tinggi dengan pH rendah (Rajani, dkk. 2019). Limbah cair yang dihasilkan pada proses pengolahan tandan buah sawit mentah mengandung *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang merupakan limbah yang mempunyai dampak besar terhadap lingkungan (Irwansyah, dkk. 2017).

2.3. Biogas

Biogas adalah gas mudah terbakar yang dihasilkan selama proses fermentasi (penguraian) bahan organik oleh bakteri anaerob (bakteri yang hidup tanpa adanya oksigen di udara). Biogas merupakan sumber energi terbarukan karena bahan bakunya dapat bertahan seumur hidup. Secara umum, semua jenis bahan organik

diolah untuk menghasilkan biogas, namun hanya bahan organik padat dan homogen, seperti urin ternak, yang cocok untuk pembangkit biogas (Prihatiningtyas, dkk. 2019). Gas yang ada pada biogas memiliki peran penting sebagai bahan bakar yaitu gas Metana (CH_4), gas CO_2 dan H_2 . Apabila gas yang diperoleh dengan proses fermentasi berhasil terbakar maka gas tersebut terdapat kandungan gas metana minimal 45% (Pratama, 2018).

2.3.1. Manfaat Biogas

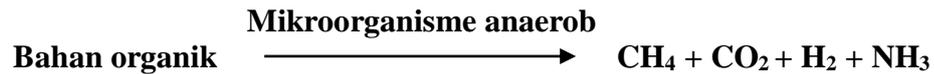
Dibandingkan dengan bahan bakar fosil, biogas memiliki beberapa keunggulan. Salah satu keunggulan biogas adalah ramah lingkungan dan bersifat terbarukan. Biogas yang dihasilkan dari instalasi secara tidak langsung dapat memberikan banyak manfaat bagi lingkungan. Limbah yang awalnya dibuang ke sungai, dengan dibangunnya instalasi biogas dapat dimanfaatkan dengan baik (Wahyuni S., 2015).

Saat ini biogas tidak hanya digunakan sebagai sumber energi bagi kompor dan lampu saja, tetapi juga dapat digunakan sebagai bahan bakar motor dalam seperti genset dan lainnya. Biogas supaya dapat dimanfaatkan dan digunakan untuk bahan bakar kendaraan, perlu proses untuk menghilangkan kandungan hidrogen sulfida, karbondioksida, dan air sehingga diperoleh biogas dengan kandungan metan yang lebih tinggi (Haryanti, 2006). Hal tersebut sudah dilakukan di beberapa negara maju.

Komponen utama biogas adalah metana, dimana metana sangat berguna untuk bahan bakar karena memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, yaitu sekitar 4.800 sampai 6.700 Kkal/ m^3 . Dengan nilai kalor yang tinggi itulah biogas dapat digunakan sebagai penerangan, memasak, menggerakkan mesin dan sebagainya. Perbandingan biogas dengan sumber energi lain adalah 1 m^3 biogas setara dengan elpiji 0,46 Kg; 0,62 L minyak; 0,52 L minyak solar; 0,80 L minyak bensin; 1,50 m^3 gas kota; dan 3,50 Kg kayu bakar (Sunaryo, 2014).

2.3.2. Pembentukan Biogas

Biogas pada umumnya diaplikasikan menggunakan alat yang dikenal dengan nama reaktor biogas (digester), yang dibuat kedap udara (anaerob), sehingga, organisme yang ada di dalam reaktor biogas dapat bekerja secara optimal untuk melakukan proses dekomposisi bahan :



Menurut Megawati dan Aji (2015) pembentukan biogas meliputi 4 (empat) tahap, yaitu:

a. Hidrolisis

Bahan organik (polimer) dipecah menjadi unit-unit yang lebih kecil. Proses ini mengubah polimer seperti karbohidrat, lemak, asam nukleat, dan protein menjadi glukosa, gliserin, purin, dan pirimidin. Mikroorganisme hidrolitik mengeluarkan enzim hidrolitik yang mengubah polimer menjadi senyawa yang lebih sederhana.

b. Asidogenesis

Pada tahap asidogenesis, produk dari hidrolisis dikonversi oleh bakteri asidogenik menjadi substrat metanogen, gula, asam amino, dan asam lemak terdegradasi menjadi asetat, CO_2 , dan H_2 (70%) serta menjadi Volatile Fatty Acid (VFA) dan alkohol (30%).

c. Asetogenesis

Pada tahap asetogenesis, produk dari asidogenesis yang tidak dapat diubah secara langsung menjadi CH_4 oleh bakteri metanogen diubah menjadi substrat metanogen. VFA dan alkohol dioksidasi menjadi substrat metanogen seperti asetat, hidrogen dan karbon dioksida.

d. Metanogenesis

Pada tahap metanogenesis hidrogen akan diubah menjadi metana. Asetogenesis dan metanogenesis biasanya sejajar, sebagai simbiosis dari dua kelompok organisme. Produksi metana dan karbon dioksida dari produk antara dilakukan oleh bakteri metanogen, 70% dari metana yang terbentuk berasal dari asetat, sedangkan 30% sisanya dari konversi H_2 dan CO_2 .

Menurut Simamora (2006) menyatakan bahwa banyak faktor yang memengaruhi keberhasilan produksi biogas. Ada beberapa faktor yang berpengaruh terhadap produksi biogas yakni sebagai berikut:

- a. Kondisi Anaerob
Instalasi pengolahan biogas harus kedap udara. Biogas dihasilkan dari proses fermentasi bahan organik oleh mikroorganisme anaerob.
- b. Bahan Baku
Bahan baku isian berupa bahan organik seperti kotoran ternak, limbah pertanian, sampah organik yang terhindar dari bahan anorganik.
- c. Rasio C/N
Rasio C/N yang terkandung dalam bahan organik sangat menentukan kehidupan dan aktivitas mikroorganisme.
- d. Derajat Keasaman (pH)
Derajat keasaman sangat berpengaruh terhadap keberlangsungan hidup mikroorganisme. pH yang optimum bagi mikroorganisme adalah 6,8-7,8.
- e. Suhu
Produksi biogas akan menurun apabila terdapat perubahan suhu yang signifikan di dalam instalasi biogas. Suhu ini akan berhubungan dengan kemampuan bakteri yang ada dalam reaktor. Suhu yang optimal untuk digester adalah suhu 30 – 35°C.
- f. Starter
Starter diperlukan untuk mempercepat proses perombakan bahan organik hingga menjadi biogas.

2.3.3. Karakteristik Biogas

Biogas yang dihasilkan oleh biodigester sebagian besar terutama terdiri dari 54% – 70% metana (CH_4), 27%– 35% karbondioksida (CO_2), nitrogen (N_2), hidrogen (H_2), 0,1% karbon monoksida (CO), 0,1% oksigen (O_2) dan hidrogen sulfida (H_2S). Produksi biogas anaerobik dipengaruhi oleh sejumlah faktor antara lain yaitu suhu, pH, bahan organik, pengadukan dan starter (Wahyono dan Sudarno, 2012).

Biogas memiliki berat 20% lebih ringan daripada udara, memiliki suhu pembakaran 650-750 °C, tidak berbau, dan tidak berwarna. Apabila dibakar, biogas akan menghasilkan warna biru. Nilai kalor gas metana sebesar 20 MJ/m³ dengan efisiensi pembakaran sebesar 60 % pada kompor biogas konvensional (Teguh, 2007). Biogas mulai terbentuk ketika mikroorganisme, khususnya bakteri, menurunkan kadar zat organik pada kondisi anaerob. Biogas terdiri dari 50% sampai 75% metana (CH₄), 25% sampai 45% karbon dioksida (CO₂) dan sejumlah kecil gas lainnya. Komposisi biogas ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 1. Komposisi biogas

No.	Unsur	Simbol	Konsentrasi (% Volume)
1	Metana	CH ₄	50-70
2	Karbondioksida	CO ₂	35-40
3	Air	H ₂ O	2-7
4	Hidrogen sulfide	H ₂ S	2
5	Nitrogen	N ₂	< 2
6	Oksigen	O ₂	< 2
7	Hidrogen	H ₂	< 1
8	Amonia	NH ₃	< 0,005

Sumber : (Vogeli, dkk. 2014)

Semakin tinggi kandungan metana maka semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas, dan sebaliknya semakin kecil kandungan metana (CH₄) semakin kecil nilai kalor (Murjito, 2008). Biogas merupakan campuran beberapa gas dengan komponen utama metana dan karbon dioksida, dengan sejumlah kecil uap air. Komposisi biogas tergantung dari bahan baku yang digunakan. Apabila menggunakan bahan baku kotoran manusia, kotoran hewan, atau limbah cair tempat pemotongan hewan, gas metana yang diproduksi dapat mencapai 70%. Bahan baku dari tumbuh tumbuhan seperti batang padi, jerami, atau eceng gondok menghasilkan gas metana sekitar 55% (Herman Nawir, dkk. 2018).

2.4. Lumpur Sawah

Starter adalah kumpulan mikroorganisme yang terdapat di dalam suatu bahan secara alami. Agustina (2011) menyatakan bahwa bioaktivator merupakan agen pengaktivasi berupa jasad renik dari makhluk hidup yang berperan untuk memulai

proses penguraian bahan organik menjadi produk yang berbeda sifat kimia maupun fisiknya. Untuk mempercepat proses penguraian, dapat ditambahkan starter berupa bakteri mikroorganisme perombak.

Lumpur sawah bisa digunakan untuk starter pembuatan biogas karena memiliki beberapa kemampuan dalam proses fermentasi dan pembentukan biogas. Lumpur sawah mengandung mikroorganisme anaerob yang diperlukan dalam proses fermentasi biogas. Mikroorganisme ini berperan dalam proses dekomposisi bahan organik secara anaerobik, yang menghasilkan gas metana dan karbon dioksida. Lumpur sawah memiliki konsentrasi yang cukup tinggi, sehingga memungkinkan mikroorganisme untuk menghabiskan zat-zat dari bahan organik dan memiliki kemampuan untuk menjaga keseimbangan pH dalam reaktor. Lumpur sawah memiliki kemampuan inisiasi yang cukup untuk menyerap zat-zat penting yang diperlukan dalam proses fermentasi, seperti amonia dan fosfat, memiliki kemampuan untuk menjaga keseimbangan kualitas biogas yang dihasilkan (Hidayat, dkk. 2016).

Bakteri aerobik dan anaerobik memiliki perbedaan dalam cara hidup dan metabolisme. Bakteri aerobik membutuhkan oksigen untuk melakukan respirasi sel, pertumbuhan, kelangsungan hidup, dan bereproduksi. Bakteri aerobik menggunakan oksigen untuk mengoksidasi substrat seperti gula dan lemak untuk memperoleh energi. Sedangkan bakteri anaerobik hidup tanpa oksigen atau dalam kondisi tanpa udara. Bakteri anaerobik dapat melakukan respirasi sel tanpa oksigen dengan menggunakan senyawa lain seperti nitrat, sulfat, atau karbon dioksida. Bakteri anaerobik juga dapat melakukan fermentasi, yaitu proses penguraian senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana tanpa melibatkan oksigen. Bakteri anaerobik memiliki peran penting dalam berbagai proses, seperti pengolahan limbah cair dan pembentukan biogas.

Proses ini memanfaatkan mikroorganisme, terutama bakteri anaerobik dan fakultatif, dalam kondisi tanpa oksigen untuk menguraikan bahan organik menjadi produk yang stabil dan gas seperti metana. Banyaknya biogas yang dihasilkan

sangat bervariasi tergantung pada jumlah bahan organik yang diumpungkan ke dalam biodigester dan suhu, yang sangat berpengaruh terhadap kecepatan proses penguraian bahan baku dan produksi biogas.

Menurut Hidayat, dkk. (2015) persiapan lumpur sawah sebelum digunakan sebagai starter dalam pembuatan biogas melibatkan beberapa langkah yang sistematis untuk memastikan kualitas dan ketersediaan mikroorganisme yang efektif. Berikut adalah detail langkah-langkah persiapan lumpur sawah:

a. Pengumpulan

Lumpur sawah yang akan digunakan harus dipilih dari sumber yang terpercaya dan memiliki kualitas yang baik. Biasanya, lumpur sawah yang berasal dari instalasi pengolahan limbah cair memiliki kandungan mikroorganisme yang lebih beragam dan aktif.

b. Pembersihan

Sebelum digunakan, lumpur sawah perlu dibersihkan dari benda-benda keras seperti batu, kerikil, atau potongan kayu yang dapat mengganggu proses fermentasi. Pembersihan ini dapat dilakukan dengan menggunakan sekop atau cangkul.

c. Penambahan air

Untuk memudahkan proses pengadukan dan memastikan bahwa mikroorganisme dapat bergerak dengan baik, air perlu ditambahkan ke dalam lumpur sawah. Perbandingan yang umum digunakan adalah 1:1 (lumpur sawah : air).

d. Pengadukan

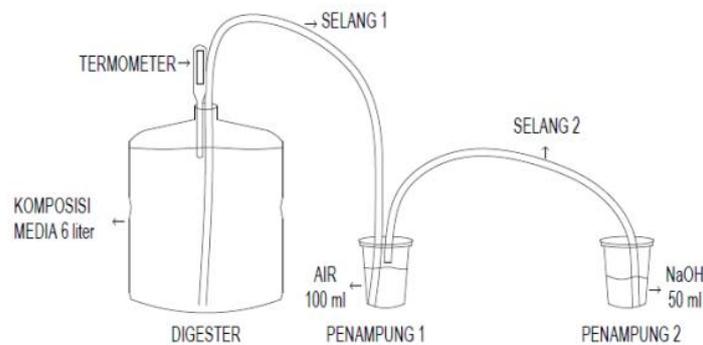
Setelah penambahan air, lumpur sawah perlu diaduk untuk memastikan bahwa semua komponen tercampur secara merata. Pengadukan ini dapat dilakukan dengan menggunakan sekop atau cangkul.

Lumpur sawah harus diambil dari sumber terpercaya, seperti instalasi pengolahan limbah atau area pertanian yang tidak terkontaminasi. Lumpur sawah diambil pada waktu yang tepat, misalnya setelah proses pengolahan limbah atau setelah masa panen untuk memastikan kualitas mikroorganisme masih tinggi.

2.5. Digester

Digester atau reaktor adalah tempat untuk produksi biogas. Prinsip 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. Pada dasarnya bahan organik yang ditumpuk atau dikumpulkan begitu saja dalam beberapa waktu tertentu dengan sendirinya akan membentuk gas metana. Namun, karena tidak ditampung gas itu akan hilang menguap ke udara. Oleh karena itu, untuk menampung gas yang terbentuk dari bahan organik dapat dibuat beberapa model konstruksi alat penghasil biogas (Wahyuni S., 2015).

Salah satu rancangan digester yang dapat dipakai dalam penelitian ini adalah digester yang dibuat oleh Adiani, dkk. (2020). Dari rancangan digester tersebut, volume biogas dapat diukur. Rancangan digester yang dapat dijadikan acuan dalam pembuatan digester pada penelitian ini dengan dilakukan modifikasi sesuai kebutuhan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Digester

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2024 sampai Agustus 2024. Pengambilan sampel dilaksanakan di Desa Kuripan, Kecamatan Padang Ratu, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung. Analisis sampel dilakukan di Badan Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Bandar Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu galon air mineral 20 L, selang *waterpass* ¼ inch, kran stop, pH meter, *thermometer gun*, pipa paralon 4 inch, *Total Dissolved Solid* (TDS) meter dan gelas ukur.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu limbah cair kelapa sawit (LCKS), lumpur sawah, dan air.

3.3. Prosedur Penelitian

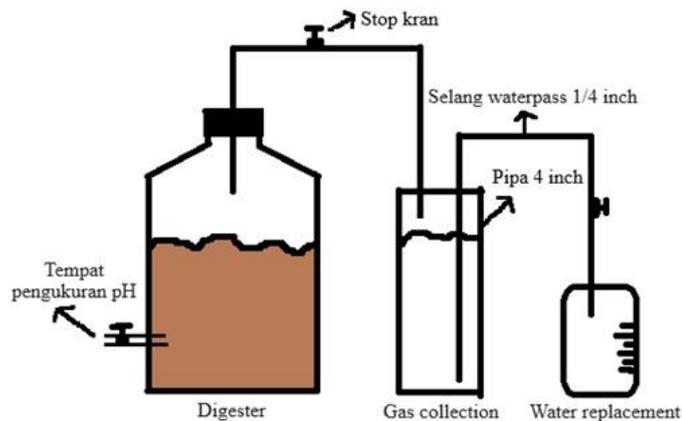
3.3.1. Analisis Substrat

Analisis substrat berfungsi untuk mengetahui kandungan bahan organik dalam limbah serta untuk merencanakan produksi biogas, termasuk penentuan jenis mikroorganisme dan kondisi lingkungan yang optimal. Dengan analisis ini dapat ditentukan kondisi nutrisi dan lingkungan bahan baku mendukung produksi biogas yang optimal (Violla, dkk., 2019). Selain itu, analisis substrat bertujuan untuk mengetahui sifat dan karakter limbah yang dipakai, sehingga bisa menjadi pembanding setelah penelitian dilaksanakan. Bahan yang dianalisis yaitu Limbah

A yang merupakan limbah yang berasal dari proses perebusan, dan limbah B yang diambil dari limbah air kolam. Parameter yang dianalisis dari masing-masing limbah antara lain pH, *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Total Suspended Solid* (TSS), dan *Total Dissolved Solids* (TDS).

3.3.2. Pembuatan Alat Digester

Digester anaerobik dibuat menggunakan galon isi ulang plastik ukuran 20 L, kran berukuran 1/4 inch, pipa sebagai wadah penampung biogas (Mujahidah, dkk. 2013). Bagian atas digester dihubungkan dengan selang berukuran 1/4 inch (dengan keran berukuran 1/4 inci terpasang) dan pipa berukuran 4 inch berisi air sebagai saluran keluar gas yang dihasilkan digester lalu dihubungkan dengan wadah lain sebagai penampung air yang keluar dari pipa. Kemudian dihubungkan lagi ke wadah air untuk mengetahui volume biogas yang dihasilkan.



Gambar 2. Rancang alat digester

3.3.3. Persiapan Bahan Baku

Limbah cair kelapa sawit (LCKS) didapatkan dari pabrik kelapa sawit yang berada di Desa Kuripan. Starter yang digunakan dalam fermentasi ini yaitu lumpur sawah. Pada penelitian ini dilakukan dua perlakuan terhadap limbah cair kelapa sawit. Perlakuan pertama yaitu pembuatan *baseline* yang bertujuan untuk mengetahui jenis LCKS yang lebih optimal untuk digunakan dalam tahapan selanjutnya yaitu produksi biogas. Perlakuan kedua yaitu produksi biogas dengan variasi jumlah penambahan starter lumpur sawah.

Untuk perlakuan pertama sampel limbah A diambil dari limbah proses perebusan, sedangkan limbah B diambil dari limbah air kolam. Perbandingan limbah cair yang digunakan ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Variasi jenis limbah cair kelapa sawit

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

Untuk perlakuan kedua, sampel yang digunakan yaitu sampel yang paling optimal diantara limbah A atau B. Kemudian ditambahkan starter lumpur sawah dengan perbandingan yang berbeda pada setiap digester. Perbandingan antara limbah cair dan starter yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Variasi penambahan jumlah starter

Perlakuan	Perbandingan Bahan (L)	
	Limbah Cair	Lumpur Sawah
E1	4	6
E2	5	5
E3	6	4

LCKS dan starter lumpur sawah yang telah dicampurkan kemudian dimasukkan ke dalam digester yang telah dibuat sebelumnya. Kemudian dilakukan fermentasi hingga dihasilkan biogas.

3.4. Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan yang dilakukan meliputi parameter pH, TSS, COD, BOD, TDS, suhu, produksi biogas, dan komposisi biogas.

3.4.1. pH

Berdasarkan SNI 6989.59:2008, dilakukan kalibrasi alat pH sebelum menganalisa sampel menggunakan larutan standar penyangga pH. Untuk sampel yang bersuhu tinggi, sesuaikan hingga sampai suhu kamar. Keringkan dan bilas elektroda alat

pH meter dengan air suling. Bilas elektroda dengan sampel yang ingin di analisa. Celupkan elektroda ke dalam sampel, sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap (konstan).

3.4.2. *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.

3.4.3. *Biological 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 $20^\circ C$ selama 5 hari. Setelah 5 hari, diukur DO pada semua sampel encer dan blanko diperiksa. Nilai BOD diperoleh dengan mengurangi nilai ($DO_i - DO_5$) (Sitorus dan Mardina, 2020). Alat yang digunakan untuk menghitung kadar nilai BOD pada Limbah cair kelapa sawit yaitu DO meter.

3.4.4. Total Suspended Solid (TSS)

Pada tahap ini dilakukan analisa karakteristik bahan substrat, yaitu *Total Suspended Solid (TSS)*. Analisa TSS digunakan untuk mengetahui jumlah dan sebaran material tersuspensi pada suatu perairan (Siswanto, 2010). 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. Diulangi tahapan tersebut sampai diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya.

3.4.5. Total Dissolved Solids (TDS)

Pengukuran TDS dilakukan dengan menggunakan TDS meter yang langsung dimasukkan ke dalam wadah penampungan air limbah untuk mengukur kadar TDS dengan pengamatan langsung.

3.4.6. Suhu

Pengukuran suhu dilakukan setiap hari semenjak bahan diisikan dalam digester menggunakan *thermometer gun*. Pengukuran dilakukan setiap hari secara rutin sebanyak 2 kali, yaitu dilakukan pada jam 09.00-10.00 WIB untuk pengukuran pertama dan pada jam 16.00-17.00 WIB untuk pengukuran kedua. Satuan yang digunakan adalah °C.

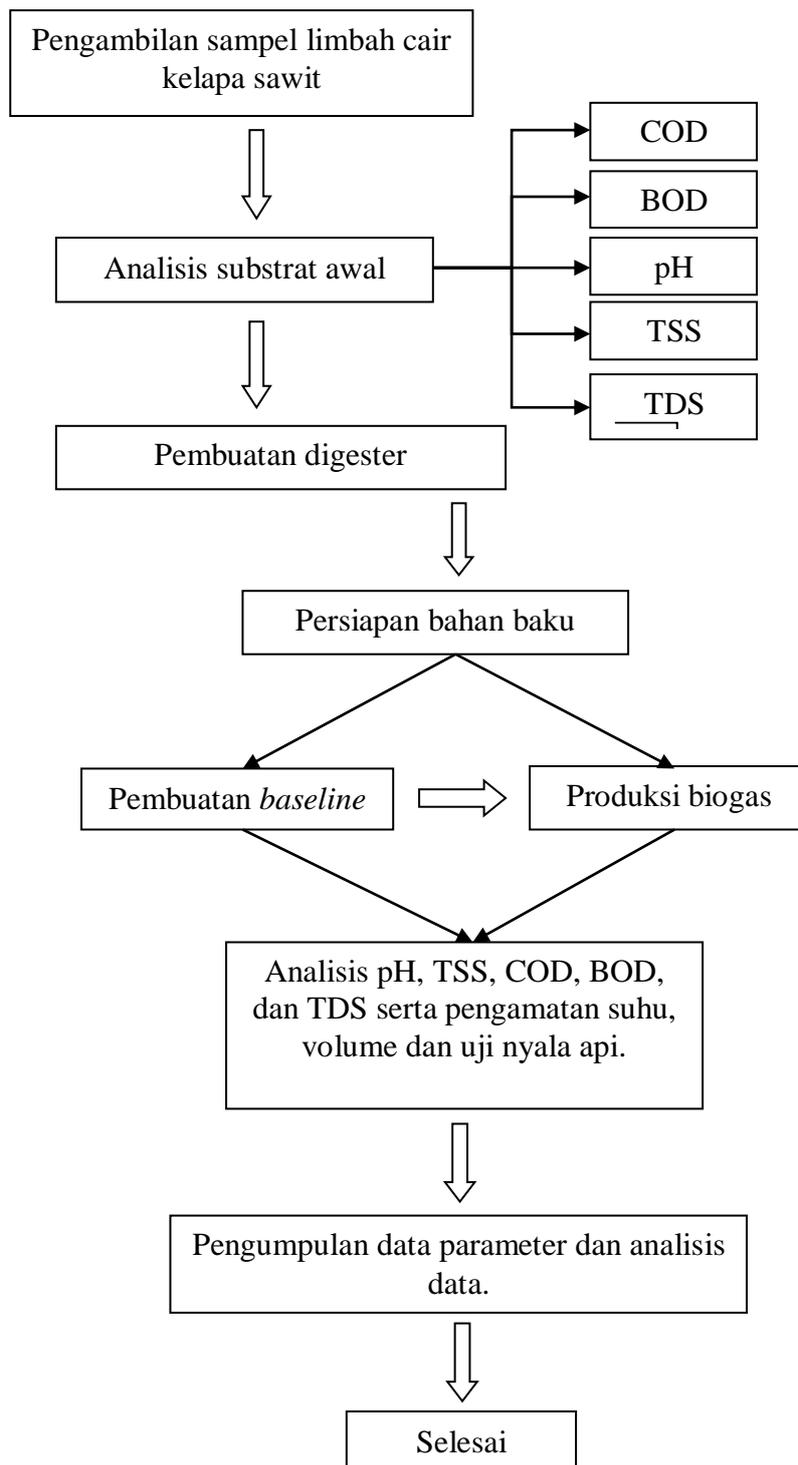
3.4.7. Volume Biogas

Volume gas yang terbentuk pada penampung diukur dengan cara dimasukkan ke dalam wadah penuh air (Rahim, dkk. 2017). Ketinggian air yang menurun dari wadah tersebut diukur volumenya dengan asumsi bahwa volume air yang keluar sama dengan volume gas yang ada pada penampung gas tersebut. Volume yang diperoleh kemudian dicatat dan dibuat grafik sehingga dapat diketahui kondisi optimum produksi biogas.

3.4.8. Uji Nyala

Pengamatan uji nyala api ini dilakukan untuk membuktikan adanya gas metana. Uji nyala dilakukan dengan menggunakan pemantik api yang diarahkan ke selang pada digester yang berisi substrat.

3.5. Diagram Alir



Gambar 3. Diagram alir

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

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

1. Limbah cair kelapa sawit dapat diolah menjadi sumber biogas dengan metode anaerobik menggunakan starter lumpur sawah.
2. Volume biogas yang diamati pada 1-40 hari masa fermentasi menunjukkan penambahan volume seiring bertambahnya waktu pada semua perlakuan yang diamati. Volume terbanyak diperoleh pada perlakuan E2 dengan volume sebanyak 9,94 L.
3. Biogas dari perlakuan E2 dapat menghasilkan nyala api.
4. Nilai COD, BOD, TSS, dan TDS pada biogas hasil fermentasi perlakuan E2 mengalami penurunan berturut-turut sebesar 70%, 73%, 56%, dan 21%.

5.2. Saran

Uji nyala hanya memberikan indikasi 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 (GC) atau perangkat lainnya diperlukan untuk mendapatkan informasi yang lebih akurat tentang proporsi masing-masing komponen gas.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiani, K.M., Gunandya, I. B.P., Setiyo, Y. 2020. Pengaruh Penambahan Urea dan Pemanasan terhadap Produksi Biogas. *JURNAL BETA (Biosistem dan Teknik Pertanian)*, VIII (1), 86-92.
- Agustina, F. 2011. Uji Beda Komposisi Campuran Kotoran Sapi dengan Beberapa Jenis Limbah Pertanian Terhadap Biogas yang Dihasilkan. *Skripsi* .
- Anugrah, E. N. 2017. Pengaruh pH dalam Produksi Biogas dari Limbah Kecambah Kacang Hijau. *Jurnal Prisma Fisika* , V (2), 72-76.
- Candra, A. 2017. Produksi Biogas Dari Campuran Kotoran Sapi Dengan Rumput Gajah (*Pennisetum Purpureum*). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* , VI (1), 21-32.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2020. *Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kelapa Sawit Tahun 2018-2020*. DKI Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Gerardi. 2003. *The Microbiology of Anaerobic Digesters*. Inc. Hoboken: New Jersey: John Wiley and Sons.
- Harihastuti, N. 2015. Potensi Air Limbah Kelapa Sawit (CPO) Sebagai Bioenergi Terbarukan. *Jurnal Nasional Pangan Lokal, Bisnis, dan Eko-Industri*, I (1), 43-44.
- Haryanti, T. 2006. Biogas Limbah Peternakan yang Menjadi Sumber Energi Alternatif. *Wartazoa*, 160-169.
- Hidayat, D., Utri, D. N., Pasymi, dan Rahman, E. D. 2016. Pembuatan Biogas Dari Sampah Organik Dengan Menggunakan Starter Lumpur Sawah. *Abstract Of Undergraduate Research, Faculty Of Industrial Technology, Bung Hatta University*, VIII (4).
- Indrawati, R. 2018. Penurunan BOD Pada Biogas Kotoran Sapi Campuran Limbah Cair Rumah Potong Hewan (RPH) dengan Variasi Kecepatan dan Lama Pengadukan. *Jurnal Teknologi Technoscientia* , X (2), 127-134.

- Irwansyah W., Danial, dan Hiendro, A. 2017. *Potensi Pemanfaatan Palm Oil Mill Effluent (POME) sebagai Bahan Baku Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg)*. Pontianak: Universitas Tanjungpura.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2014. *Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri*. Jakarta.
- Kresnawaty, I., Susanti, Siswanto, & Panji, T. 2008. Optimasi Produksi Biogas dari Limbah Lateks Cair Pekat dengan Penambahan Logam. *Menara Perkebunan* , 76 (1), 23-25.
- Malini E, Sarah M, & Husin A. 2022. Analisis Produksi Biogas Terhadap Penambahan Kulit Singkong pada Variasi Campuran Limbah Cair Domestik dan Aquadest. *Jurnal Teknik Kimia USU* , XI (2), 110-115.
- Megawati, M., dan Aji, K. 2015. Pengaruh Penambahan EM-4 (Effective Microorganism-4) pada Pembuatan Biogas dari Eceng Gondok dan Rumen Sapi. *IV* (2), 42-49.
- Mujahidah, Mappiratu, dan Rismawaty, S. 2013. Kajian Teknologi Produksi Biogas Dari Sampah Basah Rumah Tangga. *Online Jurnal of Natural Science*, II (1), 25-34.
- Murjito. 2008. *Desain Alat Penangkap Gas Methana Pada Sampah Menjadi Biogas*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Nanna, e. a. 2020. Making Paper From Mixture og Oil Palm Fronds (OPF) and Oil Palm Empty Fruit Bunches (OPEFB). *Jurnal Konversi*, IX (2), 67-72.
- Nasution, M. 2020. Smart-Design Instalasi Digester Biogas Skala Komunal Pesantren High Temperature. *Jurnal Agregat* , V (2), 475-480.
- Nugrahini, P., & Parnington, R. 2020. Pengaruh Penambahan NPK dalam Pendegradasian Limbah Cair Kelapa Sawit Menggunakan Anaerobic Baffled Reactor. *Jurnal Kelitbangan* , VIII (3), 281-295.
- Pambudi, S., Kiron, M., & Suhendi. 2018. Pengaruh Kadar Keasaman (pH) Terhadap Produksi Biogas dengan Menggunakan Campuran Kotoran Hewan dan Substrat Kentang Busuk pada Reaktor Anaerob. *V*, 7.
- Perdana, D. A., Ebrianto, A. L., dan Sari, T. I. 2013. Penggunaan Starter Envirosolve dan Biodekstran Untuk Memproduksi Biogas dari Bahan Baku Ampas Tahu. *Jurnal Teknik Kimia*, XIX (1), 16-20.
- Pratama, N. N. 2018. *Optimasi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Kotoran Sapi Di Pt. Greenfields Indonesia*.

- Prihatiningtyas, S., Sholihah, F. N., dan Nugroho, M. W. 2019. *Biodigester Untuk Biogas*. Jombang: Universitas KH. Wahab Hasbullah.
- Putra, D. 2017. Rancang Bangun Reaktor Biogas Tipe Portable Dari Limbah Kotoran Ternak Sapi. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*. 5(1).
- Pungus, M., Palilingan, S., & Tumimomor, F. 2019. Penurunan Kadar BOD dan COD dalam Limbah Cair Laundry Menggunakan Kombinasi Adsorben Alam Sebagai Media Filtrasi. *Fullerene Journal of Chemistry*, IV (2), 54-60.
- Rahim, I., Harianto, T., dan Jufri, K. 2017. *Efektivitas Pemanfaatan Biogas Serbuk Gergaji Dan Limbah Ternak Sebagai Sumber Energi Alternatif*. Gowa: Universitas Hasanudin.
- Rahmawan, M., Pramitasari, N., & Kartini, A. M. 2013. Pengaruh Aerasi Terhadap Penurunan Kadar COD Limbah Cair Laundry Pada Proses Fitotreatment Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*). *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 89-104.
- Rajani, Santosa, Saepudin, Gobikrishnan, dan Andriani. 2019. Review on biogas from palm oil mill effluent (POME): challenges and opportunities in Indonesia. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 293 (1), 4-12.
- Rusdiyono, A. P., Kirom, M. R., dan Qurthobi, A. 2017. Perancangan Alat Ukur Konsentrasi Gas Metana dari Anaerobic Baffled Reaktor (Abr) Semi-Kontinyu. *Proceeding of Engineering*, IV (1).
- Santoso, A., Harahap, S., dan Purwanto, E. 2019. Pengaruh Effective Microorganism-4 (EM4) Dalam Biofilter pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Untuk Menurunkan Kadar TSS dan Amoniak. *Duke Law Journal*, I (1), 1-8.
- Simamora. 2006. *Membuat Biogas Pengganti Bahan Bakar Minyak dan Gas Dari Kotoran Ternak*. Jakarta: AgroMedia Pustaka.
- Sinaga, P. V., Suanggana, D., & Haryono, H. D. 2022. Analisis Produksi Biogas Sebagai Energi Alternatif pada Kompor Biogas Menggunakan Campuran Kotoran Sapi dan Ampas Tahu. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, VIII (1), 61-69.
- Siswanto, A. 2010. Analisa Sebaran Total Suspended Solid (TSS) di Perairan Pantai Kabupaten Bangkalan Pasca Jembatan Suramadu. *Jurnal Kelautan*, III (2).
- Sitorus, Y., dan Mardina, V. 2020. Karakteristik Kimia dari Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit PTPN Y. *Jurnal Enviroment Science*, IV (2), 58-66.

- Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomor 6989 Bagian 72 Tahun 2009. Cara Uji Kandungan *Biological Oxygen Demand* (BOD) dalam limbah cair.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomor 6989 Bagian 59 Tahun 2008. Cara Uji Derajat Keasaman (pH) Menggunakan pH meter
- Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomor 6989 Bagian 2 Tahun 2019. Cara Uji Kandungan *Total Suspended Solid* (TSS) dalam limbah cair.
- Subagyo, R., dan Wijaya, R. 2017. Pembuatan Biogas Dengan Variasi Starter Ragi dan Kotoran Sapi Berbahan Baku Sampah Organik. *Jurnal Kinematika, II* (1), 53-65.
- Sunaryo. 2014. Rancang Bangun Reaktor Biogas Untuk Pemanfaatan Limbah Kotoran Ternak Sapi di Desa Limbangan Kabupaten Banjarnegara. *Jurnal PPKM UNSIQ I*, 21-30.
- Teguh, W. W. 2007. *Teknologi Biogas dan Aplikasinya*. Jakarta: Badan Litbang Pertanian Departemen Pertanian.
- Violla, D., Aryo, S., dan Ety, P. 2019. Karakteristik pH dan Suhu dalam Proses Pembuatan Biogas dari Substrat Limbah Rumah Makan, Limbah Cair Tahu dan Kotoran Sapi. *JOM FTEKNIK, VI* (2), 1-6.
- Vogeli, Lohri, C. R., Gallardo, Diener, S., dan Zurbrugg. 2014. Anaerobic Digestion of Biowaste in Developing Countries: Practical Information and Case Studies. *Dübendorf, Switzerland: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag)*, 33-34.
- Wahyono, E., dan Sudarno, N. 2012. *Biogas Energi Ramah Lingkungan*. Bogor: Diktat ITTO.
- Wahyuni, S. 2015. *Panduan Praktis Biogas*. Jakarta Timur: Penebar Swadaya.
- Wihardja, Winanti, Prasetyadi, W., dan Sitomurni. 2021. Produksi Biogas dari Limbah Cair Kelapa Sawit dengan Menggunakan Reaktor Unggun Tetap tanpa Proses Pretreatment. *Jurnal Teknologi Lingkungan, XXII* (1), 78-84.
- Yuliansyah, Sunjana, 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, III* (1), 76-80.