

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

(Skripsi)

Oleh

Annisa Nur Qurbaini



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

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

Oleh

ANNISA NUR QURBAINI

Salah satu industri yang cukup penting dalam memenuhi kebutuhan umat manusia adalah industri pengolahan kelapa sawit. Pabrik kelapa sawit menghasilkan setidaknya 60% limbah cair. Pada umumnya limbah cair kelapa sawit belum dimanfaatkan secara optimal walaupun memiliki potensi sebagai sumber energi yang tinggi dalam bentuk biogas.

Pada penelitian ini biogas diproduksi menggunakan tambahan starter kotoran sapi dibuat tiga perlakuan dengan perbandingan bahan yang berbeda, yakni A1 (4;6), A2 (5;5), dan A3 (6;4). Fermentasi biogas dilakukan selama 40 hari fermentasi dengan pengamatan harian suhu dan volume biogas. Pengukuran kualitas limbah meliputi pH, *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Total Suspended Solids* (TSS), dan *Total Dissolved Solid* (TDS) yang hanya diukur pada awal dan akhir proses fermentasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah cair kelapa sawit dapat diolah sebagai bahan baku biogas. Fermentasi biogas dilakukan selama 40 hari dengan volume tertinggi 22,300 L pada digester A1. Biogas dari perlakuan A1 dapat menghasilkan nyala api. Analisis dan pengamatan nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), dan *Total Dissolved Solid* (TDS) pada biogas hasil fermentasi mengalami penurunan berturut-turut sebesar 63%, 62%, dan 58% untuk nilai *Total Suspended Solids* (TSS) terjadi peningkatan sebesar 13%.

Kata kunci : Limbah cair kelapa sawit, biogas, anaerobik, kotoran sapi.

ABSTRACT

THE EFFECT OF TIME ON THE VOLUME OF BIOGAS FROM PROCESSED PALM OIL LIQUID WASTE USING COW DUNG STARTER

By

ANNISA NUR QURBAINI

One industry that is quite important in meeting the needs of humans is the palm oil processing industry. Palm oil mills produce at least 60% liquid waste. In general, palm oil liquid waste has not been optimally utilized despite its potential as a high energy source in the form of biogas.

In this study, biogas was produced using additional cow dung starter made in three treatments with different material comparisons, namely A1 (4;6), A2 (5;5), and A3 (6;4). Biogas fermentation was carried out for 40 days with daily observation of temperature and biogas volume. Waste quality measurements include *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Total Suspended Solids* (TSS), and *Total Dissolved Solid* (TDS) which are only measured at the beginning and end of the fermentation process.

The results showed that palm oil liquid waste can be processed as biogas raw material. Biogas fermentation was carried out for 40 days with the highest volume of 22,300 L in digester A1. Biogas from treatments A1 can produce flame. Analysis and observation of *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), and *Total Dissolved Solid* (TDS) values in fermented biogas decreased by 63%, 62%, and 58%, respectively, for *Total Suspended Solids* (TSS) values, there was an increase 13%.

Keywords: Palm oil liquid waste, biogas, anaerobic, cow manure.

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

Oleh

Annisa Nur Qurbaini

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 SAPI**

Nama : *Annisa Nur Qurbaini*

NPM : 2017011010

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

[Handwritten signature of Diky Hidayat]

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

Pembimbing II

[Handwritten signature of Prof. Dr. Kamisah D. Pandiangan]

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

2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA UNILA

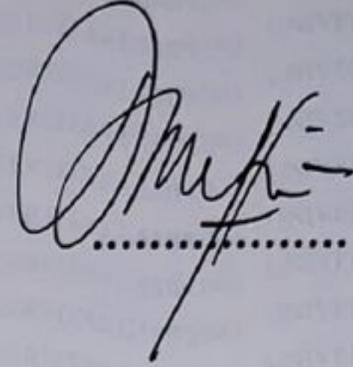
[Handwritten signature of Mita Rilyanti]

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

MENGESAHKAN

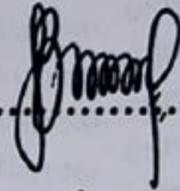
1. Tim Penguji

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

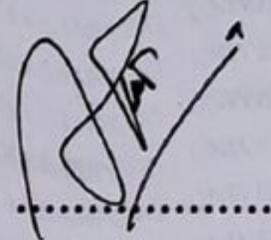


.....

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

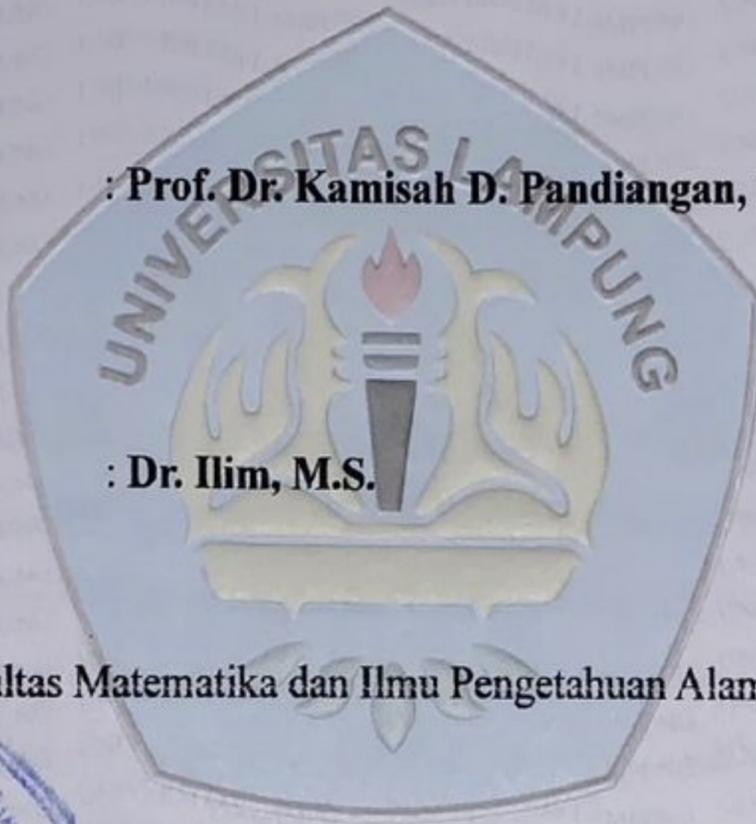


Anggota : **Dr. Ilim, M.S.**

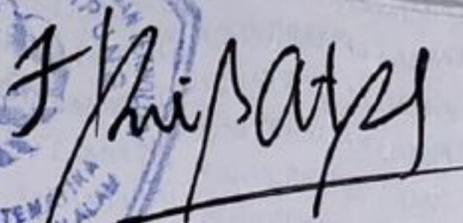


.....

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 14 November 2024

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Annisa Nur Qurbaini
Nomor Pokok Mahasiswa : 2017011010
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Pengaruh Waktu Terhadap Volume Biogas Hasil Olahan Limbah Cair Kelapa Sawit Menggunakan Starter Kotoran Sapi”** 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, 14 November 2024

Yang Menyatakan



Annisa Nur Qurbaini

RIWAYAT HIDUP



Nama lengkap penulis Annisa Nur Qurbaini, lahir di Bandar Lampung pada tanggal 20 Februari 2002, sebagai anak pertama dari tiga bersaudara, putri pertama dari Bapak Farman (alm) dan Ibu Asrianti. Penulis menganut agama Islam. Saat ini, penulis bertempat tinggal di Jl. Tamin Gg Balai Desa, Kelurahan Sukajawa, Kecamatan Tanjung Karang Barat, Kota Bandar Lampung, Lampung.

Penulis menyelesaikan pendidikan di TK Kartini pada tahun 2007, lalu melanjutkan ke SD Kartika II-5 Bandar Lampung pada tahun 2008-2014, SMP IT Fitrah Insani Bandar Lampung pada tahun 2014-2017, SMA YP Unila Bandar pada tahun 2017-2020. Pada tahun 2020, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

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, Koperasi Mahasiswa (Kopma) Unila sebagai anggota pada tahun 2021. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Way Ngison, Kecamatan Batu Ketulis, Kabupaten Lampung Barat, Lampung pada 6 Januari-11 Februari 2023. Pada Juni-Agustus 2023, penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di PT. Philips Seafood Indonesia Tbk dengan judul Pengujian Antibiotik

Chloramphenicol (Cap) pada Sampel Rajungan di Pt. Phillips Seafood Indonesia Lampung Plant Tanjung Karang Timur Bandar 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 Sapi”

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

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

Atas rahmat Allah SWT

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

Kedua orang tuaku,

Ibu Asrianti dan Bapak Farman (alm) 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.

Kedua Adikku, Maya dan Ranum serta keluarga besarku yang selalu memberi
dukungan, doa dan motivasi.

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

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

Almamater Tercinta, Universitas Lampung

MOTTO

“Maka sesungguhnya Bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras. Dan hanya kepada TUHAN mu lah engkau berharap”

(Q.S. Al-Insyirah, 6-8)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(Q.S. Al-Baqarah, 2: 286)

“Dan bersabarlah kamu, sesungguhnya janji Allah adalah benar”

(Q.S. Ar-Rum : 60)

“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanmu”

(Umar Bin Khattab)

“Hidup bukan saling mendahului, bermimpilah sendiri-sendiri.”

(Baskara)

“Motivasi tanpa aksi hanyalah halusinasi”

SANWACANA

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

Skripsi yang berjudul “**Pengaruh Waktu Terhadap Volume Biogas Hasil Olahan Limbah Cair Kelapa Sawit Menggunakan Starter Kotoran Sapi**”, 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. Ayahanda tercinta Alm. Farman, beliau memang tidak sempat menemani penulis dalam perjalanan selama menempuh pendidikan ini. Allhamdulillah kini penulis sudah berada di tahap ini, menyelesaikan karya tulis sederhana ini sebagai perwujudan terakhir sebelum engkau benar-benar pergi. Semoga Allah SWT melapangkan kubur dan menempatkan bapak di tempat yang paling mulia disisi Allah SWT.
3. Ibunda Asrianti, yang tidak henti-hentinya memberikan kasih sayang dengan penuh cinta dan selalu memberikan motivasi serta doa hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana.

4. Bapak Diky Hidayat, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I atas kebaikan, bimbingan, arahan, masukan, bantuan dan seluruh ilmu pengetahuan yang diberikan selama proses perkuliahan sampai dengan penyelesaian skripsi.
5. Ibu Prof. Dr. Kamisah D. Pandiangan, M.Si. selaku Dosen Pembimbing II atas kebaikan, bimbingan, arahan, masukan, dan seluruh ilmu pengetahuan yang diberikan dalam proses penyelesaian skripsi.
6. Ibu Dr. Ilim, M.S. selaku Dosen Penguji/Pembahas atas masukan, saran dan seluruh ilmu pengetahuan yang diberikan dalam proses penyelesaian skripsi.
7. Bapak Dr. Sonny Widiarto, S.Si., M.Sc. selaku Pembimbing Akademik atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis.
8. Bapak Prof. Wasinton Simanjuntak, M.Sc., Ph.D. atas kebaikan, bimbingan, arahan, masukan, dan seluruh ilmu pengetahuan yang diberikan dalam proses penyelesaian skripsi.
9. Ibu Dr. Mita Rilyanti, M.Si. selaku Kepala Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
10. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
11. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu, pengalaman, dan motivasi selama penulis menjalankan pendidikan di kampus.
12. 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.
13. Adik-adikku, Anna Maya Laila dan Ranum Anna Thasya, yang selalu memberikan semangat, dukungan, masukan, motivasi dan do'a yang tulus sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
14. Keluarga besar Mbah Putri dan Mbah Putra di Rejomulyo dan Keluarga Besar Mba Ida di Desa Kuripan.
15. Sahabatku, Alya Fayza , Azzah Mutia, Niswah Fadillah, Dea Adelia, dan Yurita Renaria yang selalu memberikan dukungan, semangat, masukan,

motivasi dan bantuan selama ini sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi.

16. Sahabat penelitian, Dina Novita, Eva Zaskia Anngelista, Dinda Abdillah dan Senna Febrianti yang selalu membersamai dalam segala kondisi selama penelitian yang telah kita lakukan bersama-sama.
17. Teman-teman Kimia Angkatan 2020 serta Anak Kelas C 2020 yang senantiasa memberikan informasi dan membantu penulis.
18. Semua pihak yang telah membantu dan mendukung dalam menyelesaikan skripsi penulis, serta almamater Universitas Lampung.
19. Dan yang terakhir, kepada diri saya sendiri. Annisa Nur Qurbaini. Terima kasih sudah bertahan sejauh ini. Terima kasih tetap memilih berusaha dan merayakan dirimu sendiri sampai di titik ini, walau sering kali merasa putus asa atas apa yang diusahakan dan belum berhasil, namun terima kasih tetap menjadi manusia yang selalu mau berusaha dan tidak lelah mencoba. Terima kasih karena memutuskan tidak menyerah sesulit apapun proses penyusunan skripsi ini dan telah menyelesaikan dengan baik, ini merupakan pencapaian yang patut dirayakan untuk diri sendiri. Berbahagialah selalu dimanapun berada, Annisa.

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, 14 November 2024
Penulis,

Annisa Nur Qurbaini

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	i
DAFTAR TABEL	ii
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 Teknik Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit.....	7
2.4 Biogas.....	8
2.4.1 Karakteristik Biogas	8
2.4.2 Pembentukan Biogas	9
2.4.3 Manfaat Biogas.....	10
2.5 Kotoran Sapi.....	11
2.6 Anaerobik degester	12
III. METODE PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.3 Prosedur Penelitian.....	13
3.3.1 Analisis Substrat.....	14
3.3.2 Pembuatan Alat Digester.....	15
3.3.3 Tahap Persiapan Bahan Baku	16
3.3.4 Pengamatan Parameter Biogas	17
3.4 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 Variasi Starter	25
4.3.1 Pengukuran Suhu.....	25
4.3.2 Pengamatan Volume Produksi Biogas.....	27
4.3.3 <i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	28

4.3.4 <i>Biochemical Oxygen Demand (BOD)</i>	30
4.3.5 <i>Total Suspended Solids (TSS)</i>	31
4.3.6 <i>Total Dissolved Solid (TDS)</i>	32
4.3.7 Pengukuran pH	33
4.3.8 Uji Nyala Api.....	34
V. KESIMPULAN DAN SARAN	36
5.1 Kesimpulan.....	36
DAFTAR PUSTAKA.....	37
LAMPIRAN.....	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Morfologi tanaman sawit	5
2. Rancangan alat digester.....	16
3. Diagram alir penelitian.....	19
4. Perbandingan suhu pagi (a) dan suhu sore (b)	23
5. Perbandingan volume Limbah A dan B	24
6. Perbandingan suhu pagi (a) dan suhu sore (b)	26
7. Perbandingan volume produksi biogas pada ketiga perlakuan	27
8. Nilai akumulasi volume produksi biogas	28
9. Perbandingan nilai COD pada ketiga perlakuan	28
10. Pengukuran nilai BOD pada ketiga perlakuan	30
11. Pengukuran nilai TSS	31
12. Pengukuran nilai TDS	33
13. Pengukuran nilai pH.....	34
14. Gambar (a) dan (b) nyala api pada perlakuan A1	35

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Baku mutu air limbah.....	6
2. Perkiraan produksi biogas dari beberapa starter	12
3. Variasi jenis limbah cair kelapa sawit (LCKS)	17
4. Variasi penambahan jumlah starter	17
5. Hasil analisis substrat awal	20
6. Hasil analisis substrat akhir.....	22
7. Perbandingan suhu pada produksi biogas menggunakan starter.....	42
8. Perbandingan suhu pada produksi biogas pembuatan baseline.....	43
9. Perbandingan volume pada produksi biogas menggunakan starter	44
10. Perbandingan volume pada produksi biogas pembuatan <i>baseline</i>	45

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman kelapa sawit memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi dan berpotensi diekspor dalam jumlah besar. Indonesia pada tahun 2015 memiliki total produksi kelapa sawit sebesar 31.070.015 ton dengan luas lahan 11.260.277 ha. Pada tahun 2016 produksi kelapa sawit mengalami peningkatan sebesar 33.229.381 ton dengan luas lahan 11.914.499 ha (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2016). Salah satu industri yang cukup penting dalam memenuhi kebutuhan umat manusia adalah industri pengolahan kelapa sawit. Menurut Yuliansyah dkk., (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.

Pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit hanya dibuang ke kolam penampungan dengan sistem aerob. Pengolahan limbah cair kelapa sawit dengan sistem aerob dianggap kurang efektif karena bakteri ini hanya terdiri dari bakteri aerob serta media hidup bakteri hanya berada di dinding dan dasar kolam penampungan. Pada umumnya limbah cair kelapa sawit belum dimanfaatkan secara optimal walaupun memiliki potensi energi yang tinggi (Parinduri, 2018). Limbah cair kelapa sawit memiliki kandungan BOD 30.000 mg/L dan COD 60.000 mg/L didalamnya sehingga pengaruhnya cukup besar terhadap lingkungan dan untuk standar baku mutu limbah cair kelapa sawit yaitu COD 350 mg/L dan BOD 100 mg/L. Oleh karena itu, agar tidak menjadi sumber pencemaran lingkungan, limbah cair kelapa sawit harus diolah dan dimanfaatkan

semaksimal dan menghasilkan energi keterbaruan (Hasanudin dan Haryanto, 2017).

Proses degradasi anaerobik merupakan proses fermentasi bahan organik akibat aktivitas bakteri anaerob pada kondisi tanpa adanya oksigen bebas dan merubahnya dari bentuk tersuspensi menjadi terlarut dan biogas. Proses anaerobik adalah salah satu teknologi yang paling hemat energi dan ramah lingkungan untuk produksi bioenergi (Fehrenbach *et al.*, 2008). Pengolahan limbah secara anaerobik dapat diartikan sebagai proses biokimia yang menghasilkan biogas dengan mengubah bahan organik kompleks menjadi sumber energi terbarukan (Warnida dan Sukawati, 2016).

Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari aktivitas anaerobik atau fermentasi bahan-bahan organik, termasuk diantaranya sampah rumah tangga, sampah *biodegradable* atau setiap limbah organik yang *biodegradable* dalam kondisi anaerobik. Biogas yang dihasilkan oleh biodigester sebagian besar terutama terdiri dari 54 - 70% metana (CH_4), 27 - 35% karbon dioksida (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 temperatur, pH, bahan organik, pengadukan dan starter (Wahyono dan Sudarno 2012).

Produksi biogas memerlukan starter karena berperan penting dalam mendukung 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. Selain itu, starter juga dapat membantu menyeimbangkan kadar C/N untuk mendukung produksi biogas (Perdana dkk., 2013). Bakteri bekerja dalam proses dekomposisi anaerobik untuk menghasilkan biogas, yang terutama terdiri dari metana dan karbon dioksida .

Kotoran sapi merupakan substrat yang dianggap paling cocok sebagai sumber pembuat biogas, karena substrat tersebut telah mengandung bakteri penghasil gas metan yang terdapat dalam perut hewan ruminansia. Kandungan hara yang tinggi pada kotoran sapi memiliki energi yang berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan baku penghasil biogas (Sukmana dkk., 2011). Feses sapi mengandung hemiselulosa sebesar 18,6 %, selulosa 25,2%, lignin 20,2%, nitrogen 1,67%, fosfat 1,11%, dan kalium 0,56% (Rompas, 2018).

Berdasarkan hal tersebut yang telah disampaikan, maka pada penelitian ini akan dilakukan perlakuan terbentuknya biogas dengan menggunakan starter kotoran sapi, dengan variabel pengukuran seperti COD, BOD TSS, TDS, suhu, pH, uji nyala dan juga volume gas dari biogas.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengolah limbah cair kelapa sawit menjadi biogas dengan metode anaerobik dengan penambahan starter kotoran sapi.
2. Mengamati pengaruh waktu terhadap produksi biogas.
3. Melakukan uji kualitatif biogas dengan uji nyala api.
4. Melakukan pengukuran kualitas limbah meliputi COD, BOD, TSS, TDS serta pH.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi mengenai teknik pengolahan limbah cair kelapa sawit menjadi biogas dengan metode anaerobik penambahan starter kotoran sapi sehingga dapat dimanfaatkan untuk biogas.

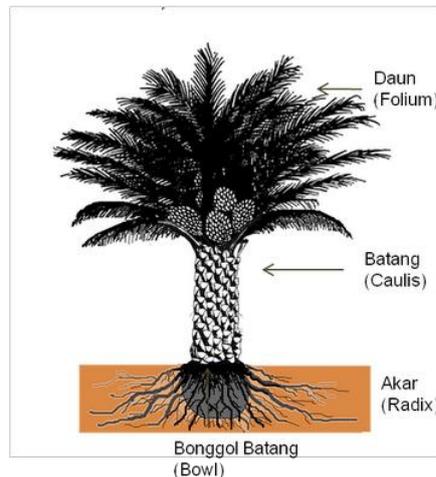
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit merupakan tanaman perkebunan yang banyak dijumpai di Indonesia dan telah menjadi sumber mata pencaharian bagi masyarakat Indonesia yang umumnya tinggal berdekatan dengan sentra perkebunan kelapa sawit. Luas area tanaman kelapa sawit di Indonesia dapat mencapai 12,3 juta Ha (Dirjenbun, 2019). Luas lahan perkebunan kelapa sawit tersebut mengalami peningkatan yang berbanding lurus dengan peningkatan produksi dari minyak sawit yang dikenal dengan istilah *Crude Palm Oil* (CPO) yang mencapai 35,5 juta ton (Dirjenbun, 2019). Produksi CPO yang tinggi ini mengakibatkan produksi limbah kelapa sawit khususnya tandan kosong kelapa sawit juga semakin meningkat sehingga tandan kosong tersebut tersebar di berbagai wilayah penghasil minyak kelapa sawit di Indonesia.

Kelapa sawit merupakan tumbuhan monokotil yang tidak memiliki akar tunggang. Radikula (bakal akar) pada bibit terus tumbuh memanjang ke arah bawah selama enam bulan terus-menerus dan panjang akarnya mencapai 15 meter. Batang Tanaman kelapa sawit umumnya memiliki batang yang tidak bercabang. Pada pertumbuhan awal setelah fase muda (*seedling*) terjadi pembentukan batang yang melebar tanpa terjadi pemanjangan internodia (*ruas*). Daun Tanaman kelapa sawit memiliki daun (*frond*) yang menyerupai bulu burung atau ayam. Bunga jantan berbentuk lonjong memanjang, sedangkan bunga betina agak bulat. Daging buah (*mesocarp*) dari susunan serabut (*fiber*) dan mengandung minyak, kulit biji (*endocarp*) atau cangkang atau tempurung yang berwarna hitam dan keras, daging biji (*endosperm*) yang berwarna putih dan mengandung minyak, serta lembaga (*embryo*). Lembaga (*embryo*) yang keluar

dari kulit biji akan berkembang ke dua arah. Buah yang sangat muda berwarna hijau pucat. Semakin tua warnanya berubah menjadi hijau kehitaman, kemudian menjadi kuning muda, dan setelah matang menjadi merah kuning (Pahan, 2012).



Gambar 1. Morfologi tanaman 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 (Wiharja dkk., 2021).

Limbah cair industri kelapa sawit memiliki resiko pencemaran lingkungan yang cukup tinggi. Banyak kandungan bahan terlarut yang terdapat dalam limbah cair kelapa sawit (Wibowo dkk., 2018). Bahan yang paling banyak terkandung dalam limbah cair kelapa sawit yaitu bahan organik jenis lignin selulosa yang mengandung minyak. Karakteristik limbah cair kelapa sawit yang bersifat panas, berwarna coklat, kental, dan memiliki bau yang khas (Shintawati dkk., 2017).

Pabrik kelapa sawit memiliki karakteristik limbah cair yang berbeda-beda tetapi pada umumnya mengandung padatan terlarut dan tersuspensi berupa koloid dan residu minyak dengan nilai *Biological Oxygen Demand* (BOD) yang tinggi, berwarna kecoklatan, dan bersuhu tinggi.

Standar baku mutu air limbah bagi usaha atau kegiatan industri minyak kelapa sawit mengacu ke Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Baku mutu air limbah

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu
1.	COD	mg/L	350
2.	BOD	mg/L	100
3.	TSS	mg/L	250
4.	Minyak dan Lemak	mg/L	25
5.	N	mg/L	50
6.	pH		6-9

Sejalan dengan meningkatnya produksi kelapa sawit dari tahun ke tahun, maka terjadi peningkatan produk samping berupa limbah cair dan limbah padat. Limbah tersebut berupa tandan kosong kelapa sawit, cangkang, dan serat buah (sabut). Diketahui untuk 1 ton kelapa sawit dapat menghasilkan limbah tandan kosong kelapa sawit sebanyak 230 kg, limbah cangkang (*shell*) sebanyak 6,5% atau 65 kg, *Wet Decanter Solid* (lumpur sawit) 4 % atau 40 kg, serabut (*fiber*) 13% atau 130 kg serta limbah cair sebanyak 50%. Setiap ton TBS kelapa sawit menghasilkan rata-rata air limbah 0,7 m³ atau setiap ton CPO (*Crude Palm Oil*) menghasilkan 3,33 ton LCPKS (Wantanasak *et al.*, 2015). Menurut BPS (2016) pada tahun 2015 Indonesia menghasilkan LCPKS 92.850.000 ton dan tandan kosong 29.476.190 ton. Salah satu dampak pencemaran yang dihasilkan yaitu timbulnya bau busuk dari LCPKS dan adanya pelepasan gas metan dari LCPKS. Gas metan yang dilepaskan dari setiap 1 ton limbah kelapa sawit dari kolam anaerobik yaitu rata-rata 12,36 kg (Yacob *et al.*, 2006).

Limbah hasil pengolahan kelapa sawit akan merugikan jika tidak ditangani dengan baik. Di sisi lain, limbah pengolahan kelapa sawit akan sangat menguntungkan bila dapat dikelola dengan baik. Dari hasil pengolahan limbah

kelapa sawit akan dapat diketahui kandungan unsur-unsur yang terkandung dalam cairan tersebut seperti diantaranya adalah BOD, COD, dan pH hingga dapat mencapai kondisi yang dipersyaratkan untuk dimanfaatkan. Maka dari itu limbah yang semestinya merugikan akan dapat dimanfaatkan. Hasil pengolahan limbah kelapa sawit ini juga dapat dimanfaatkan dalam bidang pertanian khususnya pada tanaman kelapa sawit itu sendiri. Limbah sebagai hasil buangan industri yang selama ini berdampak negatif terhadap lingkungan, ternyata dapat dimanfaatkan sebagai sumber potensial yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber unsur hara bagi pertumbuhan tanaman. Limbah yang dihasilkan oleh tanaman kelapa sawit apabila dapat diolah dengan baik akan dapat memberikan manfaat yang besar bagi kehidupan, antara lain untuk pembuatan pupuk organik dan karbon aktif (Wibowo dkk., 2018).

2.3 Teknik Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit

Limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) merupakan salah satu produk samping berupa buangan dari pabrik pengolahan kelapa sawit yang berasal dari air kondensat pada proses sterilisasi, air dari proses klarifikasi, air *hydrocyclone* (*claybath*), dan air pencucian. LCPKS ini tidak dapat langsung dibuang ke perairan karena memiliki konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang tinggi mencapai 50.000 mg/L, kandungan lemaknya mencapai 4000 mg/L dan *Total Solid* (TS) 40.500 mg/L. Maka perlu dilakukan pengolahan terhadap LCPKS tersebut sebelum dapat dibuang ke perairan (Ewaldo, 2015).

Teknik pengolahan LCPKS pada umumnya menggunakan metode pengolahan limbah kombinasi yaitu dengan sistem proses anaerobik dan aerobik. Limbah cair yang dihasilkan oleh pabrik dialirkan ke bak penampungan untuk dipisahkan antara minyak yang terikat dan limbah cair. Kemudian, limbah cair dialirkan ke bak anaerobik untuk dilakukan proses pengolahan secara anaerobik. Pengolahan limbah secara anaerobik merupakan proses degradasi senyawa organik seperti karbohidrat, protein dan lemak yang terdapat dalam limbah cair oleh bakteri anaerobik tanpa kehadiran oksigen (Febriana, 2017).

2.4 Biogas

Biogas telah mendapat perhatian yang signifikan sebagai biofuel yang relevan dan dapat digunakan dalam produksi energi, memberikan beberapa manfaat ekonomi, lingkungan, dan iklim. Tergantung pada sumber bahan organik yang digunakan, biogas sebagian besar terdiri dari metana (50 - 75%), karbon dioksida (25 - 50%), dan gas lainnya, seperti ammonia, hidrogen, dan hidrogen sulfida. Hal ini dapat digunakan untuk menghasilkan panas atau listrik atau diubah menjadi biometana dan digunakan sebagai bahan bakar kendaraan atau disuntikkan ke jaringan gas alam. Hal yang menjadi tantangan dari proses produksi biogas yaitu, proses dimana harus meminimalkan konsentrasi CO₂ dalam biogas dan gas pengotor lainnya sehingga diharapkan dapat meningkatkan kandungan metana dan nilai energinya (Gustafsson *et al.*, 2020).

Metana yang terkandung dalam biogas merupakan gas yang tidak berbau, tidak berwarna dan mudah terbakar. Gas ini biasanya digunakan terutama sebagai bahan bakar untuk menghasilkan panas dan listrik untuk penerangan. Hal ini juga digunakan untuk memproduksi bahan kimia organik. Metana dapat terbentuk melalui penguraian bahan-bahan alami dan umum terjadi di tempat pembuangan sampah, lahan basah, *septic tank* dan saluran pembuangan (Setyawaty, 2011).

2.4.1 Karakteristik Biogas

Biogas merupakan campuran gas yang dihasilkan oleh bakteri metanogenik yang terjadi pada material-material yang dapat terurai secara alami dalam kondisi anaerobik. Biogas tidak berbau dan berwarna dan apabila dibakar, akan menghasilkan nyala api biru cerah seperti gas LPG (Wahyuni, 2015).

Biogas merupakan kumpulan beberapa gas yang dihasilkan oleh bahan organik melalui proses fermentasi anaerobik. Biogas mengandung komponen utama yaitu metana dan karbon dioksida tetapi juga mengandung unsur gas lainnya. Gas

alam merupakan gas yang terdiri dari beberapa unsur gas dengan komposisi kimia yang berbeda. Komposisi biogas yang dihasilkan dari proses anaerobik anatar lain metana (CH_4), karbon dioksida (CO_2), beberapa gas inert, dan senyawa sulfur. Metana merupakan gas yang berasal dari gas alam yang dapat dibakar (Sheinhauser and Deublein, 2008).

2.4.2 Pembentukan Biogas

Biogas secara karakteristik fisik merupakan gas. Oleh karena itu, proses pembentukannya membutuhkan ruangan dalam kondisi kedap atau tertutup agar stabil. Pada prinsipnya, biogas terbentuk melalui beberapa proses yang berlangsung dalam ruang yang anaerob atau bebas oksigen. Mekanisme terbentuknya biogas secara umum (Wahyuni, 2013).

Pembentukan biogas secara keseluruhan terdapat tiga proses utama dalam pembentukan biogas, yaitu proses hidrolisis, pengasaman, dan metanogenesis. Keseluruhan proses ini tidak terlepas dari bantuan kinerja mikroorganisme anaerob.

a. Hidrolisis

Hidrolisis merupakan tahap awal dari proses fermentasi. Tahap ini merupakan penguraian zat organik yang mengandung senyawa kompleks yang memiliki sifat mudah larut seperti lemak, protein, dan karbohidrat menjadi senyawa yang lebih sederhana. Senyawa yang dihasilkan dari proses ini antara lain asam organik, glukosa, etanol, CO_2 , dan senyawa hidrokarbon lainnya. Senyawa ini akan digunakan oleh mikroorganisme sebagai sumber energi untuk melakukan aktivitas fermentasi (Wahyuni, 2013).

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi derajat dan laju hidrolisis substrat, di antaranya adalah :

- Suhu operasional digester
- Waktu tinggal substrat di dalam digester
- Komposisi substrat (yaitu kandungan lignin, karbohidrat, dan protein).

- pH medium
- Konsentrasi NH_4^+ .
- Konsentrasi produk hidrolisis (VFA)

Produk larut dari tahap hidrolisis ini dimetabolisme dalam sel bakteri yang memfermentasi dan diubah menjadi beberapa senyawa sederhana, yang kemudian dikeluarkan oleh sel. Senyawa yang dihasilkan antara lain alkohol, asam laktat, CO_2 , H_2 , ammonia, H_2S , dan sel bakteri baru (Haryanto, 2014).

b. Pengasaman (Asidifikasi)

Senyawa yang terbentuk pada tahap hidrolisis akan digunakan sebagai sumber energi bagi mikroorganisme untuk melakukan tahap selanjutnya, yaitu pengasaman atau asidifikasi. Pada tahap ini, bakteri akan menghasilkan senyawa asam organik seperti asam asetat, asam propionat, asam butirat, dan asam laktat serta produk samping berupa alkohol, CO_2 , hidrogen, dan zat ammonia.

c. Metanogenesis

Bakteri metanogen seperti *methanococcus*, *methanosarcina*, dan *methanobacterium* akan mengubah menjadi gas metana, karbondioksida, dan air yang merupakan komponen penyusun biogas. Jumlah energi yang dihasilkan dalam pembentukan biogas sangat bergantung pada konsentrasi gas metana yang dihasilkan pada proses metanogenesis. Semakin tinggi kandungan metana yang dihasilkan, maka semakin besar pula energi yang terbentuk. Sebaliknya, apabila konsentrasi gas metana yang dihasilkan rendah, maka energi yang dihasilkan juga semakin rendah. Kualitas biogas yang dihasilkan juga dapat ditingkatkan melalui penghilangan hidrogen sulfur, kandungan air, dan karbondioksida yang turut terbentuk didalamnya (Wahyuni, 2013).

2.4.3 Manfaat Biogas

Energi biogas bermanfaat untuk menghasilkan gas metana 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 biasa diperbaharui (Pertiwiingrum, 2016).

2.5 Kotoran Sapi

Dari semua produk ternak ruminansia, sapi menghasilkan lebih banyak CH_4 dibandingkan ruminansia lainnya. Emisi CH_4 terbesar di Indonesia pada sub sektor peternakan dilaporkan adalah sapi, yaitu sebesar 65,12% dari emisi ruminansia atau 58,84% dari total emisi CH_4 dari seluruh produk peternakan. Oleh karena itu, peningkatan pertumbuhan ternak akan menyebabkan peningkatan emisi CH_4 ke Indonesia. Untuk mengurangi dampak emisi gas dari kotoran ternak, kotoran ternak harus diolah untuk menguraikan kandungan CH_4 yang mencemari lingkungan. Kotoran sapi adalah substrat yang sempurna untuk produksi biogas karena sudah mengandung bakteri metanogenik yang ada di perut ruminansia. Keberadaan bakteri di usus besar ternak ruminansia mendukung proses fermentasi dan memungkinkan proses pembentukan biogas di biodigester berlangsung lebih cepat (Irawan dkk., 2020).

Secara teori, jumlah metana yang dihasilkan dari karbohidrat, protein, dan lemak berturut-turut adalah 0,37; 1,0; 0,58 $\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{kg}$ bahan organik kering. Kotoran sapi memiliki ketiga unsur organik tersebut, sehingga diyakini lebih efektif untuk dikonversi menjadi gas metana (Drapcho *et al.*, 2008). Kotoran sapi merupakan limbah dari kegiatan hasil peternakan sapi yang bersifat padat dan pada proses pembuangannya selalu bercampur dengan urin dan gas saat dibuang. Kandungan nutrisi yang ada pada kotoran sapi berbeda-beda tergantung pada tingkat produksi, jenis, dan jumlah pakan yang dikonsumsi masing-masing individu ternak tersebut. Kandungan unsur hara pada kotoran sapi, terdiri dari nitrogen (0,29%), P_2O_5 (0,17%) dan K_2O (0,35%). Kandungan hara yang tinggi pada kotoran sapi memiliki energi yang berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan baku

penghasil biogas (Sucipto, 2009). Adapun perkiraan produksi biogas dari beberapa starter dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perkiraan produksi biogas dari beberapa starter (Suyitno dkk., 2010).

Jenis Kotoran	Produksi Biogas (m³) per kg kotoran
Sapi	0,0023-0,04
Babi	0,04-0,059
Unggas	0,065-0,116
Manusia	0,02-0,028
Kuda	0,02-0,035
Domba	0,01-0,031
Jerami Padi	0,017-0,028
Rumput Gajah	0,033-0,056
Sayuran	0,03-0,04
Alga	0,038-0,055

2.6 Anaerobik degester

Anaerobik degester adalah proses alami dimana bakteri mengubah bahan organik menjadi biogas, pada lingkungan bebas oksigen (anaerob). Melalui proses pengasaman bakteri menguraikan bahan organik menjadi gas metana (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂) sebagai produk utama, selebihnya adalah berupa gas nitrogen (N₂), hidrogen sulfida (H₂S), hidrogen (H₂) dan oksigen (O₂). Proses ini memiliki kemampuan untuk mengolah sampah atau limbah yang keberadaanya melimpah dan tidak bermanfaat menjadi produk yang lebih bernilai. Aplikasi anaerobik digester telah berhasil pada pengolahan limbah industri, pertanian dan peternakan. Produk biogas dapat digunakan untuk menghasilkan panas penggerak turbin atau bila dimurnikan bisa digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor (Barat dan Wilayah, 2017).

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 conditioner tanah. Proses ini menurunkan kandungan mineral seperti Nitrogen, Fosfor, Kalium, dan mikroorganisme patogenik melalui pembentukan lumpur dan pelepasan ammonia ke udara bebas (Galuh dkk., 2018).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

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

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu; galon air mineral 20 L, selang plastik, kran stop, pipa 4 inch, pH meter, thermometer, gelas ukur, dan TDS meter EZ9908.

Adapun bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu; limbah cair kelapa sawit, starter (kotoran sapi), *aquades*, HgSO_4 , K_2CrO_4 0,25 N, H_2SO_4 , Ag_2SO_4 , indikator ferroin, dan ferro ammonium sulfat.

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur dalam penelitian ini mencakup beberapa tahapan, yaitu pengukuran analisis substrat secara menyeluruh, persiapan pembuatan alat digester, dan tahap persiapan bahan baku pembuatan biogas.

3.3.1 Analisis Substrat

3.3.1.1 *Total suspended solid* (TSS)

Pada tahap ini dilakukan analisis karakteristik bahan substrat, yaitu *Total Suspended Solid* (TSS). Analisis TSS digunakan untuk mengetahui kuantitas dan sebaran material tersuspensi pada suatu perairan (Siswanto, 2010).

1. Persiapan Media Saring

Kertas saring diletakkan diatas corong kaca pada rangkaian alat vakum lalu dibilas dengan *aquades* sebanyak 20 mL. Kertas saring divakum menggunakan pompa vakum sampai tiris. Kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 103 °C- 105 °C selama 1 jam. Lalu kertas saring dikeluarkan dari dalam oven dan dimasukkan ke dalam desikator selama 30 menit. Kertas saring ditimbang menggunakan neraca analitik. Lalu dicatat hasilnya.

2. Prosedur *Total Suspended Solid* (TSS)

Limbah cair disaring menggunakan kertas saring. Kemudian, sebelumnya dibahasi dengan sedikit *aquades*. Contoh uji diaduk hingga diperoleh hasil yang homogen, kemudian diambil contoh secara kuantitatif dengan volume tertentu dan dimasukkan ke dalam media penyaring. Sistem vakum dinyalakan. Jika proses penyaringan membutuhkan waktu lebih dari 10 menit, maka kurangi volume contoh uji. Volume contoh uji yang diambil harus menghasilkan berat residu kering antara 2,5 mg sampai 200 mg. Media penyaring dibilas 3 kali dengan masing-masing 10 ml *aquades*, dilanjutkan penyaringan dengan sistem vakum hingga tiris. Contoh uji dengan padatan terlarut yang tinggi memerlukan pencucian tambahan. Media penyaring (*glass-fiber filter*) dipindahkan secara hati-hati dari peralatan penyaring ke media penimbang. Penjepit (*pinset*) digunakan untuk memindahkan media penyaring dari peralatan. Media penimbang yang berisi media penyaring dikeringkan dalam oven minimal selama 1 jam pada kisaran suhu 103 °C sampai dengan 705 °C, lalu didinginkan dalam desikator, dan ditimbang selama pengerjaan pengeringan, oven tidak boleh dibuka tutup. Diulangi sampai diperoleh berat tetap (W1).

3.3.1.2 *Total dissolved solids (TDS)*

Sampel limbah cair kelapa sawit diukur dengan TDS meter EZ9908 untuk mengukur jumlah padatan atau partikel terlarut di dalam limbah cair tersebut.

3.3.1.3 *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.

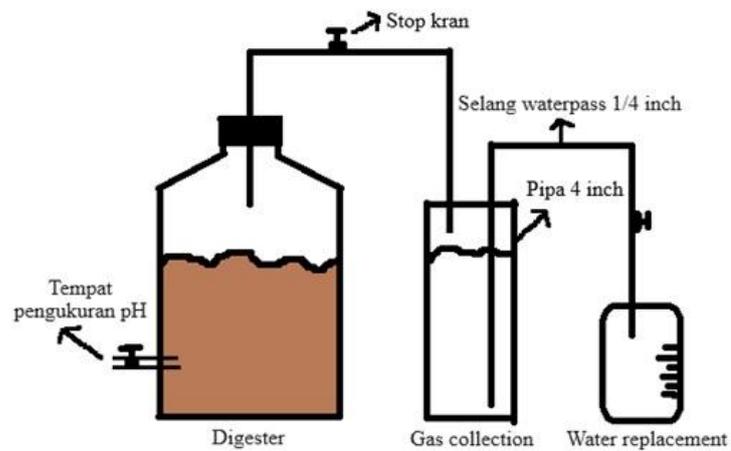
3.3.1.4 *Biological oxygen demand (BOD)*

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.

3.3.2 Pembuatan Alat Digester

Rangkaian alat digester menggunakan galon isi ulang bervolume 20 L yang terbuat dari bahan plastik, kran $\frac{1}{4}$ inch, dan balon penampung biogas (Mujahidah, 2013). Bagian atas digester terhubung dengan selang angin $\frac{1}{4}$ inch

(sudah dipasang keran angin $\frac{1}{4}$ inch) dan dilubangi sebagai saluran keluarnya gas yang diproduksi dari digester menggunakan pipa berukuran 4 inch yang berisi air. Komponen yang terdapat pada digester yaitu satu lubang bagian atas digester yang dipasang selang angin $\frac{1}{4}$ inch dan kran angin $\frac{1}{4}$ inch yang disalurkan ke pipa berukuran 4 inch yang berfungsi untuk pengukuran gas yang terbentuk dalam digester dan satu lubang bagian bawah digester bertujuan untuk pengukuran pH. Rangkaian alat percobaan biogas seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan alat digester

3.3.3 Tahap Persiapan Bahan Baku

Limbah cair kelapa sawit didapatkan dari pabrik kelapa sawit yang berada di Desa Kuripan. Kotoran sapi akan digunakan sebagai starter. Kotoran sapi diperoleh dari perternakan sapi di Desa Kuripan, Lampung Tengah. 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 dilakukan dengan variasi jumlah starter kotoran sapi untuk mengetahui produksi biogas.

Perlakuan pertama, sampel limbah A diambil dari limbah perebusan, sedangkan sampel B diambil dari limbah air kolam. Perbandingan limbah cair yang digunakan ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Variasi jenis limbah cair kelapa sawit (LCKS)

Sampel	Perbandingan Bahan (%)	
	Limbah Cair	Air
A	50	50
B	50	50

Untuk perlakuan kedua, sampel yang digunakan yaitu sampel yang paling optimal diantara sampel A atau B. Kemudian ditambahkan starter kotoran sapi dengan perbandingan yang berbeda pada setiap digester. Perbandingan antara limbah cair dan starter yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Variasi penambahan jumlah starter

Sampel	Perbandingan Bahan (%)	
	Limbah Cair	Starter
A1	40	60
A2	50	50
A3	60	40

Limbah cair kelapa sawit dan starter kotoran sapi yang telah dicampurkan dengan variasi penambahan jumlah starter kemudian dimasukkan ke dalam digester yang telah dibuat.

3.3.4 Pengamatan Parameter Biogas

3.3.4.1 Pengukuran suhu

Metode pengukuran yang digunakan yaitu dengan cara mengukur suhu setiap harinya semenjak bahan diisikan. Pengukuran suhu dilakukan setiap 2 kali sehari pada pukul 09.00 pagi hari dan 16.00 sore hari. Pengukuran suhu diukur menggunakan *thermometer gun*. Suhu yang diukur yaitu suhu di dalam digester dengan satuan °C.

3.3.4.2 Pengukuran 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).

3.3.4.3 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.

3.3.4.4 Uji nyala

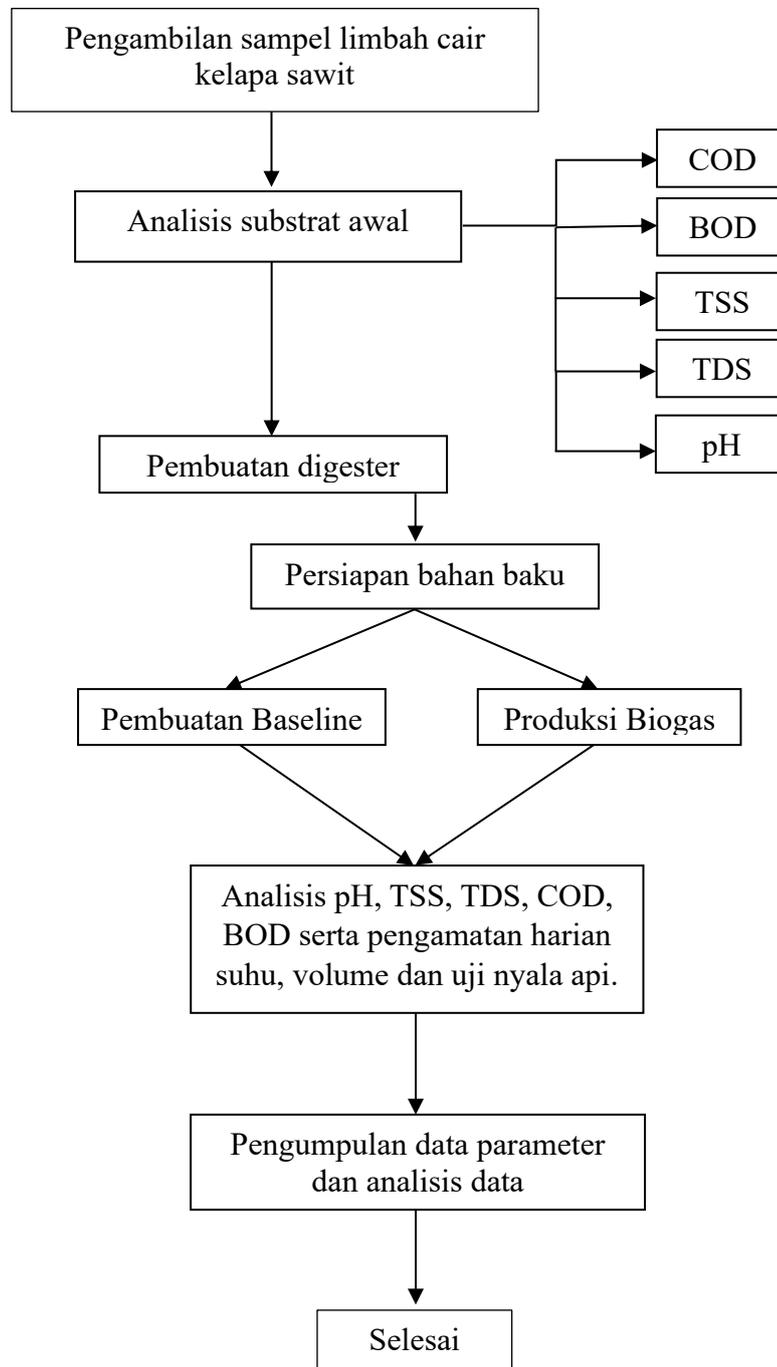
Pengamatan uji nyala api ini dilakukan untuk membuktikan adanya gas metan dan mengetahui besar atau kecilnya nyala api yang dihasilkan. Spesifikasi gas methan ditandai dengan nyala api yang berwarna biru.

3.3.4.5 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 didalamnya. Selanjutnya, volume biogas yang dihasilkan dapat diamati dan diukur.

3.4 Diagram Alir

Secara menyeluruh alur penelitian ini dapat digambarkan dalam diagram penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

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 sapi.
2. Volume biogas yang diamati pada 1- 40 hari fermentasi menunjukkan penambahan volume seiring bertambahnya waktu pada semua perlakuan yang diamati. Volume terbanyak diperoleh sebanyak 22,300 L pada perlakuan A1.
3. Biogas dari perlakuan A1 dapat menghasilkan nyala api sedangkan A2 dan A3 tidak dapat menghasilkan nyala api.
4. Biogas hasil fermentasi perlakuan A1 mengalami penurunan COD sebesar 63%, BOD sebesar 62%, dan TDS sebesar 58%, sedangkan TSS mengalami peningkatan sebesar 13%.

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

- Abdulgani, I.K. 1988. *Seluk Beluk Kotoran Sapi Serta Manfaat Praktisnya. Fakultas Peternakan*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- 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*. Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia.
- Aji Santoso. 2019. Pengaruh Effective Microorganism-4 (Em4) dalam Biofilter pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit untuk Menurunkan Kadar TSS dan Amoniak. *Duke Law Journal*, 1(1).
- Anugrah, E.T., Nurhasanah, dan Nurhanisa, M. 2017. Pengaruh pH dalam Produksi Biogas dari Limbah Kecambah Kacang Hijau. *Jurnal Prisma Fisika*. 5(2): 72-76.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2016. *Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2005 dan 2016*. Jakarta.
- Deublein, D., and A. Steinhauser. 2008. Biogas from Waste and Renewable Resource. *Wiley-VCH Verlag GmbH and Co. KgaA*. Weinheim.
- Ewaldo E. 2015. Analisis Ekspor Minyak Kelapa Sawit di Indonesia. *e-Jurnal Perdagangan Industri dan Moneter*. 3(1). ISSN: 2303-1204.
- Febriana . 2017. Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit Menggunakan Membran Berbasis Kitosan, dan Silika. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*. 9(2): 73-84. ISSN 2085-580 .
- Fehrenbach H, Giegrich J, Reinhardt G, Sayer U, Gretz M. 2008. *Kriterien Einer Nachhaltigen Bioenergi Enutzungim Globalen UBA-Forschungsbericht* 206: 41–112.
- Gustafsson, M., Cruz, I., Svensson, N., and Karlsson, M. 2020. Scenarios for Upgrading and Distribution of Compressed and Liquefied Biogas Energy, Environmental, and Economic Analysis. *J. Clean Prod.* 256.

- Hardjowigeno, S. 2003. *Ilmu tanah*. Penerbit Akadernika Pressindo. Jakarta.
- Haryanto, A. 2014. *Energi Terbarukan*. Bandar Lampung. 195-246.
- Hasanudin, U., dan Haryanto, A. 2017. Karakteristik Pengolahan Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit dalam Bioreaktor Cigar Semi Kontinu. *Teknik Pertanian Lampung*. 6(2): 81-88.
- Hussain, S. Z., dan Maqbool, Khusnuma. 2014. *GC-MS : Principle, Technique and Its Application in Food Science*. 13(1): 116-126.
- Irawan, D., Ridhuan, K. Mafruddin, Riswanto, Juliyanto, J., Saputra, D. 2020 Pemanfaatan Kotoran Sapi Menjadi Biogas Sebagai Bahan Bakar Rumah Tangga di Desa Astomulyo Kecamatan Punggur Kabupaten Lampung Tengah. *Jurnal Pusat Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(1): 7-16.
- Lubis, F.S., Irvan., Dedy A., Harahap B.A., Bambang T. 2014. Kajian Awal Pembuatan Pupuk Cair Organik dari Effluent Pengolahan Lanjut Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS). *Jurnal Teknik Kimia USU*. Medan. 3(1): 33.
- Mani, D., Kalpana, M. S., Patil, D. J., & Dayal, A. M. 2017. Organic Matter in Gas Shales: Origin, Evolution, and Characterization. *In Shale Gas: Exploration and Environmental and Economic Impacts*. 36(9): 144-145.
- Pahan. 2012. *Panduan Lengkap Kelapa Sawit Manajemen Agribisnis dari Hulu Hingga Hilir*. Bogor.
- Parinduri, L. 2018. Analisa Pemanfaatan Pome untuk Sumber Pembangkit Listrik Tenaga Biogas di Pabrik Kelapa Sawit. *Journal of Electrical Technology*. 1099: 180-183.
- 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*.
- Pertiwiningrum Ambar . 2016. *Instalasi Biogas*, Cetakan Pertama. Jogja.
- Putra. 2017. Rancang Bangun Reaktor Biogas Tipe Portable dari Limbah Kotoran Ternak Sapi. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*. 5(1).
- Qyyum, M. A., Haider, J., Qadeer, K., Valentina, V., Khan, A., Yasin, M., Aslam, M., Guido, G. D. E., Pellegrini, L. A., and Lee, M. 2020. Biogas to Liquefied Biomethane: Assessment of Production, Processing, and Prospects. *Sustain Energy Rev*. 119, 109561.
- Rahayu. 2011. *Kemampuan Upflow Anaerobic Fixed Bed (UAFB) Reaktor dalam Mempertahankan Kondisi Optimum dalam Penyisihan Senyawa Organik*

pada Biowaste Fasa Cair Tanpa Menggunakan Pengaturan pH. Tesis Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung. Bandung.

- Rahim, I., Harianto, T., dan Jufri, K. 2017. *Efektivitas Pemanfaatan Biogas Serbuk Gergaji dan Limbah Ternak Sebagai Sumber Energi Alternatif.* Gowa: Universitas Hasanudin.
- Rompas, C. 2018. Geser Tanah. *Jurnal Sipil Statik*, 6(10): 793–800.
- Sari, S., N. Sutina, M. Pratama.,Y. 2013. Biogas yang Dihasilkan dari Dekomposisi Eceng Gondok (*Eicchornia crassipes*) dengan Penambahan Kotoran Sapi Sebagai Starter. *Jurnal Institut Teknologi Nasional* 1(2): 1-10.
- Septiana Rahayu Ningtyas. 2022. Pemanfaatan Limbah Cair *Palm Oil Mill Effluent* (POME) Sebagai Bahan Penghasil Biogas Menggunakan Metode Anaerobik. *Laporan MBKM Magang Kampus Merdeka.*
- Setyawaty, R. 2011. Current Tapioca Strach Wastewater (TSW) Management in Indonesia. *IDOSI Publications* 14(5): 658-665.
- Shintawati, U. Hasanudin, dan A. Haryanto. 2017. Karakteristik Pengolahan Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit dalam Bioreaktor Cigar Semi Kontinu. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 6(2): 81-88.
- Sholeh, A., Sunyoto., dan Al-Janani., D.A. 2012. *Analisis Komposisi Campuran Air dengan Limbah Kotoran Sapi dan Peletakan Posisi Digester Terhadap Tekanan Gas yang Dihasilkan.* 1: 14-20.
- Siswanto, A. 2010. Analisa Sebaran *Total Suspended Solid* (TSS) di Perairan Pantai Kabupaten Bangkalan Jembatan Suramadu. *Jurnal Kelautan*. III (2).
- Sucipto, I. 2009. *Biogas Hasil Fermentasi Hidrolisat Menggunakan Konsorium Bakteri Termofilik Kotoran Sapi.* Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sukmana, Rika, W. dan A. Muljatiningrum. 2011. *Biogas dari Limbah Ternak: Nuansa.* Bandung.
- Suyitno., Sujono Agus., dan Dharmanto. 2010. *Teknologi Biogas.* Cetakan Pertama. Yogyakarta.
- Tchobanoglous. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse 4th edition.* McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
- Wahyono, E.H. dan Sudarno, N. 2012. *Biogas Energi Ramah Lingkungan,* Diktat ITTO, Bogor.
- Warnida, H., dan Sukawati, Y. 2016. Formulasi Ekstrak Daun Kokang *Lepisanthes Amoena* dalam Bentuk Gel Anti Acne Formulation of Kokang

- Leaves Extract in Anti-acne Gel. *Indonesian Journal On Medical Science*, 3(2).
- Wahyuni, S. 2013. *Biogas Energi Alternatif Pengganti BBM, Gas, dan Listrik*. PT. Agro Media Pustaka. Jakarta Selatan.
- Wahyuni, S. 2015. *Panduan Praktis Biogas*. Penebar Swadaya. Jakarta Timur.
- Wang, X., et al. 2018. Anaerobic Digestion, Modeling and Prediction of Biogas Production, Quality and Composition. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 421-439.
- Wantanasak, S., P. Kongjan, and O.T. Sompong. 2015. *Biohythane Production from Co-Digestion of Palm Oil Mill Effluent with Solid Residues by Two-Stage Solid State Anaerobic Digestion Process*. International Conference on Alternative Energy in Developing Countries and Emerging Economies.
- Wati, D.S., dan Prasetyani, R.D. 2011. *Pembuatan Biogas dari Limbah Cair Industri Bioetanol Melalui Proses Anaerob (Fermentasi)*. Skripsi Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Wiharja, 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.
- Wilayah, D., dan Barat, K. 2017. *Potensi Limbah Perkebunan Kelapa Sawit Sebagai Sumber Energi Alternatif Terbarukan*. 9(2): 22–29.
- Wibowo., Martina, dan J.N. Muliarahayu. 2018. Penerapan Green Solvent: Amonium Hidroksida pada Proses Pretreatment Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Adsorben Alami dalam Pengolahan Limbah Cair Sawit. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*.
- Yacob, S., Hasan, M.A., Shirai, Y., Minato Wakisaka, M., Subash, S. 2006. Baseline Study of Methane Emission from Anaerobic Ponds of Palm Oil Mill Effluent Treatment. *Science of The Total Environment*. 366(1): 187-196.
- Yuliansyah, Sujana, 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.
- Yusuf, M. O., et al. 2019. The Role of Total Suspended Solids (TSS) in The Anaerobic Digestion of Organic Waste: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 115, 109410.