

TUGAS AKHIR

SISTEM BIOGAS SEBAGAI ENERGI TERBARUKAN SKALA RUMAH TANGGA DENGAN MEMANFAATKAN LIMBAH AMPAS TAHU

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*



Disusun Oleh :

ALDO RAO RIVALDO

16.331.0435

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2021

KATA PENGANTAR



Rasa syukur disampaikan kepada Allah Subhana wa Ta'ala karena atas Rahmat dan limpahan ilmu dari-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Riau. Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dan mendorong penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini serta memperoleh ilmu pengetahuan selama perkuliahan. Tanpa bantuan dari mereka tentu akan sulit rasanya untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik ini. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua Orang tua terkasih Ayahanda Drs. Zaidar Efendi (Almarhum) dan Ibunda Devi Hartati, serta keluarga besar atas segala kasih sayang, dukungan moril maupun materil serta doa yang selalu diberikan sampai penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Ir. Syawaldi, M.Sc. selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Universitas Islam Riau.
3. Rafil Arizona, ST., M.Eng. selaku Sekretaris Prodi serta dosen-dosen yang sangat banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan dan hal lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu.
4. Eddy Elfiano, ST., M.Eng. selaku pembimbing Tugas Akhir yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan arahan dan masukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. M. Raja Randy, ST., Ilham Maulana Ikhsan dan Habib Hadiyatullah, terimakasih atas dukungan dan doa yang telah diberikan selama ini.
6. Jihan Syafira, SE. terimakasih atas dukungan, semangat, motivasi dan doa yang telah diberikan selama ini.

7. Muhammad Cendikia, ST. terimakasih atas waktu, arahan dan petunjuk dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini.
8. Alfinovawan Lumban Tobing, Gamma Alan Sukma, Ibrahim Rasyid, Ibnu Rasyid, M. Arif Rahmat dan Niko Tacker, ST. terimakasih atas kebersamaan, dukungan serta bantuannya yang telah diberikan selama ini.
9. Teman-teman seperjuangan angkatan 2016, terkhususnya untuk Teknik Mesin kelas B terimakasih atas kebersamaannya selama menjalani proses perkuliahan, serta teman dan sahabat yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Teriring doa saya, semoga Allah SWT. memberikan balasan atas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, Juni 2021

Penulis

ALDO RAO RIVALDO

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR NOTASI.....	xii
ABSTRAK	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sejarah Biogas.....	5
2.2 Biogas.....	6
2.3 Pemanfaatan Biogas	8
2.4 Limbah Ampas Tahu.....	12

2.4.1 Limbah Padat.....	13
2.4.2 Limbah Cair.....	14
2.5 Proses Pembuatan Gas	15
2.6 Mikroorganisme Pembantu	17
2.7 Bahan Baku Biogas	18
2.7.1 Karakteristik Bahan Baku.....	21
2.8 Digester	24
2.8.1 Jenis-Jenis Digester	25
2.9 Kebutuhan Digester.....	29
2.10 Volume Biogas.....	31
2.11 Peralatan Instalasi.....	33
2.12 Karakteristik Nyala Api	37
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	39
3.2 Studi Literatur	40
3.3 Alat Dan Bahan Yang Digunakan.....	40
3.4 Metode Pengujian.....	46
3.5 Sistem Biogas.....	48
3.6 Jadwal Kegiatan Penelitian	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Data Hasil Penelitian	50
4.1.1 Analisa Data Hasil Penelitian Pada Ketinggian Air Manometer	52
4.2 Perhitungan Digester	53

4.3 Perhitungan Biogas	60
4.3.1 Volume Ruang Gas.....	60
4.3.2 Tekanan Biogas	60
4.3.2.1 Analisa Hasil Perhitungan Tekanan Biogas.....	62
4.3.3 Volume Perkembangan Biogas	63
4.3.3.1 Analisa Hasil Perhitungan Volume Perkembangan Biogas.....	64
4.3.4 Volume Biogas Pada Digester.....	65
4.3.4.1 Analisa Hasil Perhitungan Volume Biogas Pada Digester.....	66
4.3.5 Potensi Biogas	67
4.4 Analisa Karakteristik Nyala Api	68
4.5 Analisa Sistem Biogas Skala Rumah Tangga	69
4.6 Analisa Perbandingan Biogas Yang Dihasilkan Pada Kotoran Burung Puyuh Dan Limbah Ampas Tahu	70

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	71
5.2 Saran.....	72

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Target Bauran Energi Primer Nasional	6
Gambar 2.2 Manfaat Biogas Untuk Memasak.....	9
Gambar 2.3 Biogas Untuk Lampu Penerangan.....	10
Gambar 2.4 Mobile Digester.....	10
Gambar 2.5 Diagram Proses Terbentuknya Biogas	16
Gambar 2.6 Digester Kubah Tetap (<i>Fixed Dome</i>)	27
Gambar 2.7 Digester <i>Fiber Glass</i>	28
Gambar 2.8 Rancangan Desain Digester <i>Floating Drum</i>	29
Gamabr 2.9 Pipa PVC.....	34
Gamabr 2.10 Selang.....	24
Gambar 2.11 Katup Atau Keran Gas	35
Gambar 2.12 Manometer	35
Gambar 2.13 <i>Water Trap</i>	37
Gambar 2.14 Karakteristik Nyala Api	38
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	39
Gambar 3.2 Digester Biogas	40
Gamba 3.3 Manometer.....	41
Gambar 3.4 Katup <i>Inlet</i> dan <i>Outlet</i>	41
Gambar 3.5 Katup Gas	42
Gambar 3.6 Selang Gas.....	42
Gambar 3.7 Kompor Biogas	43

Gambar 3.8 <i>Water Trap</i>	43
Gambar 3.9 Pipa PVC	44
Gambar 3.10 <i>Stopwatch</i>	44
Gambar 3.11 Timbangan.....	45
Gambar 3.12 Gelas Ukur.....	45
Gambar 3.13 Alat Uji Penelitian.....	47
Gambar 3.14 Sistem Biogas	48
Gambar 4.1 Alat Ukur Manometer	50
Gambar 4.2 Grafik Ketinggian Manometer (m) dengan Hari fermentasi.....	52
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Tekanan Biogas Dan Hari Fermentasi	62
Gambar 4.4 Grafik Volume Perkembangan Biogas Dan Hari Fermentasi	64
Gambar 4.5 Grafik Volume Gas Digeser Dan Hari Fermentasi	66
Gambar 4.6 Pengujian Nyala Api Pada Kompor	69

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Perkiraan Produksi Biogas Dari Beberapa Jenis Limbah	8
Tabel 2.2 Komposisi Biogas Berdasarkan Penelitian	17
Tabel 2.3 Komposisi Biogas	20
Tabel 2.4 kadar zat toksik yang menghambat produksi gas.....	22
Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian	49
Tabel 4.1 Tabel Data-Data Penunjang	50
Tabel 4.2 Data Hasil Penelitian.....	51
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Data Digester.....	59
Tabel 4.4 Tekanan Biogas Per Hari	61
Tabel 4.5 Volume Perkmbangan Biogas Perhari	64
Tabel 4.6 Volume Biogas Pada Digester Perhari.....	66
Tabel 4.7 Data Hasil Pengukuran Kandungan Biogas	67

DAFTAR NOTASI

<u>Notasi</u>	<u>Nama</u>	<u>Satuan</u>
V	Kapasitas Digester	m ³
h	Tinggi Digester	m
V ₁	Kapasitas Isi Digester	m ³
V _o	Jumlah Ampas Tahu	m ³
n ₁	Perbandingan Bahan Organik	
V _a	Jumlah Air	m ³
n ₂	Perbandingan air	
ρ	Massa Jenis Limbah Ampas Tahu	kg/m ³
M ₁	Massa Limbah	kg
M _a	Massa Air	kg
V _{rg}	Volume Ruang Gas	m ³
V _g	Volume Perkembangan Gas	m ³
P ₁	Tekanan Digester Awal	N/m ²
P ₂	Tekanan Digester Akhir	N/m ²
V _{gd}	Volume Gas Digester	m ³
P _g	Potensi Biogas Yang dihasilkan	m ³ /kg
P _{abs}	Tekanan absolut	N/m ²
ρ _{H2O}	Massa jenis air	998 kg/m ³
g	Percepatan gravitasi	9,81 m/s ²
Δh	Perbedaan ketinggian kolom zat cair yang digunakan	m

SISTEM BIOGAS SEBAGAI ENERGI TERBARUKAN SKALA RUMAH TANGGA DENGAN MEMANFAATKAN LIMBAH AMPAS TAHU

Nama Mahasiswa : Aldo Rao Rivaldo
NPM : 16.331.0435
Jurusan : Teknik Mesin
Dosen Pembimbing : Eddy Elfiano, ST., M.Eng.

Abstrak

Pada saat ini kebutuhan terhadap energi semakin meningkat. Peningkatan kebutuhan akan energi tersebut menjadikan energi fosil semakin berkurang. Oleh sebab itu diperlukannya energi alternatif untuk membantu mengurangi kebutuhan energi fosil. Energi alternatif yang berpeluang untuk dikembangkan yaitu energi biogas. Teknologi biogas merupakan salah satu teknologi tepat guna untuk mengolah limbah yang dapat menghasilkan energi dengan memanfaatkan mikroorganisme untuk merombak limbah organik yang ditempatkan pada ruang kedap udara. Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan desain sistem biogas sederhana skala rumah tangga dengan bahan baku limbah ampas tahu. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental dengan melihat perbedaan ketinggian manometer, tekanan biogas, perkembangan volume gas, jumlah volume gas, potensi biogas, dan uji nyala api. Penelitian ini menggunakan campuran bahan baku limbah ampas tahu dan air dengan perbandingan 1 : 2 pada kapasitas digester 0,122 m³. Pengambilan data dilakukan selama 27 hari. Hasil dari penelitian ini adalah jumlah volume biogas yang dihasilkan sebesar 1,31 m³ dan gas methane yang dihasilkan dapat digunakan oleh kompor selama 20 menit 37 detik.

Kata Kunci : Energi, Biogas, Mikroorganisme, Limbah Organik, Gas Methane, Limbah Ampas Tahu

**BIOGAS SYSTEM AS A RENEWABLE ENERGY HOUSEHOLD SCALE BY
UTILIZING KNOW WASTE**

Student Name : Aldo Rao Rivaldo
NPM : 16.331.0435
Department : Mechanical Engineering
Lecturer : Eddy Elfiano, ST., M.Eng.

Abstract

At this time the need for energy is increasing. The increasing need for energy will reduce fossil energy. Therefore, alternative energy is needed to help reduce the need for fossil energy. Alternative energy that has the opportunity to be developed is biogas energy. Biogas technology is one of the most appropriate technologies for processing waste that can produce energy by utilizing microorganisms to remodel organic waste placed in an airtight space. The purpose of this study was to obtain a simple household scale biogas system design using tofu dregs as raw material. The method used in this study is an experimental method by looking at the differences in manometer height, biogas pressure, gas volume development, total gas volume, biogas potential, and flame test. This study used a mixture of tofu waste and water with a ratio of 1: 2 at a digester capacity of 0.122 m³. Data were collected for 27 days. The result of this research is the total volume of biogas produced is 1.31 m³ and the methane gas produced can be used by the stove for 20 minutes 37 seconds.

Keywords: *Energy, Biogas, Microorganisms, Organic Waste, Methane Gas, Tofu Dregs Waste*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Undang-undang RI Nomor 30 Tahun 2007 tentang energi. Sumber daya energi adalah sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan, baik sebagai sumber energi maupun sebagai energi (Sri Wahyuni 2017). Energi alternatif yang berpeluang untuk dikembangkan adalah energi biogas. Teknologi biogas merupakan salah satu teknologi tepat guna untuk mengolah limbah yang dapat menghasilkan energi, dengan memanfaatkan mikroorganisme untuk merombak dan mengolah berbagai limbah organik yang ditempatkan pada ruang kedap udara (Delvi, Bueno, Rifky 2017). Teknologi biogas dapat digunakan secara skala besar dan skala kecil. Contoh dari penggunaan biogas skala besar yaitu pada pemanfaatan *Palm Oil Effluent* (POME) atau limbah cair kelapa sawit, dengan adanya pemanfaatan *Palm Oil Effluent* (POME) menjadi biogas dapat dijadikan sebagai pengganti bahan bakar mesin pada industri kelapa sawit (Ade Sri Rahayu 2015). Sedangkan penggunaan biogas skala kecil yaitu pada pemanfaatan limbah rumah makan, dengan memanfaatkan limbah rumah makan menjadi biogas dapat dijadikan sebagai pengganti *Liquid Petroleum Gas* (LPG) (Anugrah Adi Santoso 2010).

Biogas merupakan energi yang bisa digunakan untuk pengganti listrik dan untuk bahan bakar minyak. Kelebihan biogas ini ketersediaan bahan baku banyak dan gratis. Bahan yang dimanfaatkan untuk menghasilkan biogas adalah limbah-limbah organik yaitu limbah kotoran ternak, pertanian, industri, sampah organik, kotoran manusia dan organik cair yang berupa limbah industri tahu, tempe, tapioka, dan gula (M.Cendekia Fadhila 2019). Di Indonesia, pemanfaatan biogas masih terbatas pada bahan bakar kompor untuk memasak. Ketertarikan akan sumber energi biogas akhir-akhir ini meningkat. Hal ini didasarkan pada fakta

bahwa cadangan sumber energi fosil semakin berkurang. Salah satu buktinya adalah adanya kebijakan pemerintah dalam konversi minyak tanah ke gas (LPG).

Pada penelitian yang dilakukan Muhammad Cendekia, membuat biogas dengan menggunakan bahan baku kotoran burung puyuh dan gas yang dihasilkan dapat digunakan pada kompor selama 96 menit dengan volume 0,121 m³. Pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan Biogas sederhana skala rumah tangga dengan volume yang sama dengan penelitian Muhammad Cendekia, tetapi menggunakan bahan baku limbah ampas tahu. Indonesia banyak terdapat industri pembuatan tahu, yang menghasilkan baik limbah cair maupun limbah padat setiap harinya. Pemanfaatan limbah tahu padat dapat dimanfaatkan sebagai makanan ternak dan dapat diolah sebagai makanan, sedangkan limbah cair tahu hanya dibuang tanpa adanya pemanfaatan yang berlanjut. Pada penelitian saat ini mencoba untuk memanfaatkan limbah tahu untuk mengurangi pembuangan limbah tersebut, dengan cara memakai konsep instalasi biogas sederhana. Pembuangan limbah ini mempunyai akibat yang cukup membahayakan bagi masyarakat dan lingkungan sekitar. Selain aromanya yang kurang enak, pembuangan limbah ini juga bisa menjadi tempat munculnya berbagai bibit penyakit, pengaruh efek rumah kaca, merusak keindahan lingkungan dan akibat-akibat lainnya (Pamalia Coniwati 2009).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Berapa lama waktu retensi (fermentasi) dari limbah ampas tahu untuk menjadi biogas?
2. Bagaimana tekanan gas yang dihasilkan pada manometer selama proses fermentasi?
3. Bagaimana perbandingan biogas yang diperoleh dengan bahan baku limbah kotoran burung puyuh dan limbah ampas tahu?

4. Berapa banyak ampas tahu yang dibutuhkan pada digester dan berapa lama pemakaian gas yang dihasilkan dari banyaknya ampas tahu tersebut?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan waktu retensi (fermentasi) dari limbah ampas tahu untuk menjadi biogas
2. Mendapatkan tekanan gas yang dihasilkan pada manometer selama proses fermentasi
3. Mendapatkan perbandingan biogas yang diperoleh dari bahan baku kotoran burung puyuh dengan limbah ampas tahu
4. Mendapatkan ampas tahu yang dibutuhkan dan lamanya pemakaian gas dari banyaknya ampas tahu tersebut

1.4 Batasan Masalah

Dari tujuan penelitian diatas penulis memberikan batasan masalah agar memberikan arah yang jelas pada penelitian ini, maka penelitian ini dibatasi sebagai berikut :

1. Bahan baku biogas menggunakan limbah ampas tahu
2. Perbandingan komposisi bahan baku dan air adalah 1 : 2

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan dalam penulisan penelitian ini adalah :

Bab I Pendahuluan

Bab ini berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi penjelasan dasar-dasar teori biogas beserta gambar, proses pembentukan biogas, dan rumus rumus yang digunakan dalam perencanaan.

BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini berisi diagram alir penelitian, studi literatur, alat dan bahan, prosedur pengujian dan pengolahan data.

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisi data hasil penelitian, analisa hasil penelitian, perhitungan tekanan gas, perhitungan volume gas, pengamatan dan perhitungan lama waktu nyala api pada kompor.

BAB V Penutup

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

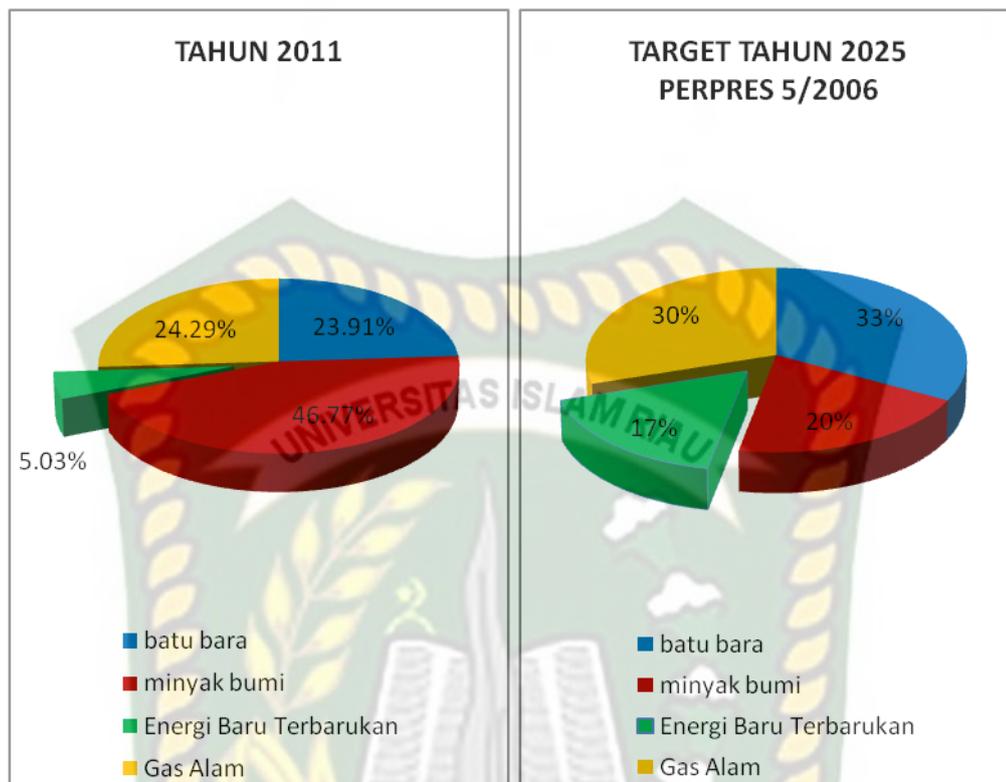
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah Biogas

Biogas pertama kali digunakan oleh masyarakat Mesir, China dan Roma berupa gas *methane* yang dibakar untuk menghasilkan panas. Proses fermentasi untuk menghasilkan gas *methane* pertama kali ditemukan oleh Alessandro Volta pada tahun 1776. Pada tahun 1806, Wiliam Henry melakukan penelitian terhadap gas yang mudah terbakar. Pada penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Becham, Pasteur dan Tappeiner (1882) pada penelitian ini memperlihatkan asal mikrobiologis dari pembentukan *methane*. Pada masa Perang Dunia II banyak petani di Benua Eropa yang membuat alat penghasil biogas dalam skala kecil yang digunakan untuk menggerakkan traktor. Pada tahun 1950 pemakaian biogas dihentikan, karena kemudahan dalam memperoleh bahan bakar minyak (BBM) dan harganya sangat murah. Tetapi di negara-negara berkembang sangat membutuhkan sumber energi yang murah dan selalu tersedia. Oleh karena itu, di India proses produksi biogas terus dilakukan semenjak abad ke 19. Saat ini, negara berkembang seperti China, Filipina, Korea, Taiwan, dan Papua Nugini telah melakukan berbagai penelitian dan pengembangan alat penghasil biogas (Ambar Pertiwiningrum 2016).

Pada abad ke 21 mulai disadari pentingnya kebutuhan energi sebagai pengganti energi fosil, berbagai Negara mulai menciptakan energi baru terbarukan, salah satunya biogas. Negara Indonesia juga sudah mengeluarkan kebijakan pengembangan energi baru terbarukan, salah satu energi baru terbarukan adalah energi biogas, dalam Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 Pemerintah Indonesia memiliki target bauran energi primer Nasional (Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan Dan Konservasi Energi, 2013). Pada gambar 2.1 dibawah menunjukkan target bauran energi primer Nasional.



Gambar 2.1 Target Bauran Energi Primer Nasional
Direktorat Jendral Energi Terbarukan 2013

2.2 Biogas

Biogas merupakan gas yang mudah terbakar (*flammable*), yang dihasilkan dari proses pembusukan (*fermentasi*) bahan organik oleh bakteri *anaerob* (bakteri yang hidup dalam kondisi tanpa oksigen yang ada dalam udara). Bahan organik adalah bahan yang dapat terurai kembali menjadi tanah, misal sampah, kotoran hewan/manusia, dan limbah *domestik* (limbah rumah tangga). Proses *fermentasi* terjadi secara alami tetapi membutuhkan waktu yang *relatif* lama. Biogas salah satu sumber energi terbarukan karena bahan baku akan terus ada selama kehidupan ini masih berlangsung. Biogas berbeda dengan bahan bakar fosil (minyak bumi dan batu bara) yang merupakan bahan bakar tidak dapat diperbaharui (Ambar Pertiwiningrum 2016).

Proses produksi biogas melalui *proses fermentasi* bahan organik seperti kotoran ternak secara *anaerobik* merupakan salah satu solusi teknologi untuk memproduksi energi alternatif, teknologi ini digunakan untuk masyarakat pedesaan untuk memenuhi kebutuhan energi. Adapun bahan baku pembuatan biogas adalah bahan-bahan organik seperti limbah peternakan, pertanian, industri, sampah organik, dan kotoran manusia. Proses produksi biogas dari limbah peternakan dapat berasal dari kotoran sapi, kerbau, babi, kuda, kelinci, ayam, itik, burung puyuh, dan ternak lainnya (Sri Wahyuni 2017). Biogas terbentuk akibat proses fermentasi yang menghasilkan bakteri-bakteri dari fermentasi yang membantu proses pembentukan biogas. Pada umumnya hampir semua jenis bahan organik dapat diolah menjadi biogas. Untuk membuat biogas sederhana, bahan organik yang paling banyak digunakan di Indonesia adalah dari kotoran dan *urine* hewan. Beberapa bahan lain yang digunakan adalah dari kotoran manusia, sampah bio (organik), dan sisa proses pembuatan tahu (Suyitno, Sujono Agus, Dhamanto 2010).

Biogas dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme dalam kondisi tanpa udara (*anaerobik*). Biogas yang diproduksi dapat dimanfaatkan untuk keperluan memasak, penggerak generator untuk pembangkit listrik, dan kedepannya dapat digunakan pada otomotif. Cairan dan lumpur dari proses produksi biogas juga dapat digunakan sebagai pupuk tanaman (Ambar Pertiwi Ningrum 2016). Ada beberapa potensi gas yang dapat dihasilkan dari limbah dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini :

Tabel 2.1 Perkiraan Produksi Biogas Dari Beberapa Jenis Limbah (Suyitno, Sujono Agus, Dharmanto 2010)

Jenis kotoran	Perkiraan produksi biogas (m ³) per kg kotoran
Sapi/kerbau	0,023-0,04
Babi	0,04-0,059
Unggas	0,065-0,116
Manusia	0,02-0,028
Kuda	0,02-0,035
Domba/Kambing	0,01-0,031
Jerami padi	0,017-0,028
Jerami jagung	0,035-0,048
Rumput	0,028-0,055
Rumput gajah	0,033-0,056
Bagase	0,014-0,019
Sayuran	0,03-0,04
Alga	0,038-0,055

2.3 Pemanfaatan Biogas

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

A. Memasak

Biogas adalah gas metan yang dapat digunakan sebagai bahan bakar kompor untuk memasak. Nyala api gas bio kurang lebih seperti nyala api dari bahan baku LPG. Jika dibandingkan dengan minyak tanah, LPG, atau bahkan kayu, biogas lebih murah karena bahan baku yang digunakan merupakan limbah buangan yang tidak perlu membayar untuk mendapatkannya. Meskipun secara ekonomi biogas jauh lebih murah dari pada gas LPG, namun dalam

pemakaiannya, gas LPG lebih praktis dan mudah mendapatkannya, karena ketika persediaan gas habis, maka hanya datang ke warung-warung pengecer gas LPG dan membelinya konsumen langsung dapat menggunakan gas LPG kembali. Oleh karena itu, penelitian saat ini melakukan bagaimana biogas dikemas dalam tabung dan dapat digunakan oleh masyarakat dengan mudah (Ambar Pertiwiingrum 2016).



Sebelum Menggunakan Energi Biogas

Setelah Menggunakan Energi Biogas

Gambar 2.2 Manfaat Biogas Untuk Memasak

Ambar Pertiwiingrum, 2016

B. Lampu Penerangan

Biogas dapat digunakan untuk menghidupkan lampu. Lampu yang dipakai adalah lampu khusus yang memang didesain untuk menggunakan energi dari biogas. Beberapa negara yang sudah memanfaatkan biogas untuk lampu penerangan, antara lain Thailand dan China (Ambar Pertiwiingrum 2016).

C. Pembangkit Listrik

Di beberapa negara seperti China dan India, sudah memanfaatkan energi biogas untuk menghasilkan listrik. Negara tersebut melakukan pemurnian gas dan kemudian mengalirkannya ke penampungan gas yang nantinya mengalir ke genset (*gas engine*) untuk diubah ke dalam bentuk energi listrik. Genset yang digunakan

adalah genset khusus dan sudah banyak tersedia di pasaran (Ambar Pertiwiingrum 2016). Gambar 2.3 menunjukkan desain pembangkit listrik tenaga biogas



Gambar 2.3 Biogas Untuk Lampu Penerangan

Ambar Pertiwiingrum 2016

D. Bahan Bakar Mesin

Biogas juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar mesin (biasanya kendaraan). Pemanfaatan ini sudah banyak diaplikasikan di beberapa negara di eropa. Gas bio di kemas dalam tabung bertekanan tinggi yang kemudian di pakai dalam kendaraan berbahan bakar gas. Perlu dilakukan pemurnian dan kompresi gas agar gas dapat dkemas dalam tabung (Ambar Pertiwiingrum 2016).



Gambar 2.4 Mobile Digester

Ambar Pertiwiingrum 2016

E. Pemanfaatan Sludge (Hasil Samping Biogas)

Sisa hasil fermentasi biogas yang berbentuk lumpur (*sludge*) yang telah mengalami dekomposisi anaerob sehingga bisa langsung diaplikasikan. Pada proses fermentasi dalam digester terjadi perombakan anaerobik bahan organik menjadi biogas dan asam organik BM rendah. N, P dan K meningkat karena proses peruraian ini *sludge* dapat dipisahkan menjadi pupuk padat dan pupuk cair. *sludge* mengandung berbagai mineral yang dibutuhkan oleh tumbuhan seperti fosfor, magnesium, kalsium, kalium, tembaga dan seng (Ambar Pertiwiingrum 2016).

Sludge sebenarnya sudah menjadi kompos tetapi karena berbentuk lumpur maka akan ada kesulitan dalam pengepakan dan pengangkutan sehingga disarankan untuk memisahkan *sludge* menjadi padatan dan cairan. Pemisahan bisa dilakukan dengan saringan beberapa tahap: saringan pasir, kawat halus dan saringan kelapa (Ambar Pertiwiingrum 2016). Kegunaan *Bio-Slurry/Sludge* yaitu:

a. Pupuk (*Bio-Fertilizer*)

Slurry kaya akan berbagai jenis nutrisi senyawa kimia seperti nitrogen, pospor and kalium (NPK).

b. Biogas *slurry/effluent* yang telah terfermentasi dengan sempurna dapat memperbaiki sifat-sifat fisis, kimia dan biologis dari tanah yang mengakibatkan kenaikan hasil panen secara kuantitas maupun kualitas.

c. Dapat digunakan sebagai pengganti lapisan tanah bagian atas yang sekaligus bisa melepaskan nutrisi ke tanaman.

d. Pakan ternak dan ikan

Kegunaan lain dari cairan keluar biodigester adalah ditebarkan ke kolam sebagai nutrisi dari alga, ikan dan itik. *Slurry* dapat dipakai untuk substitusi pakan ikan sampai dengan 15% dan akan melipat gandakan hasil perikanan. Bisa juga digunakan untuk pupuk tanaman hidroponik.

e. Media tanam jamur dan media hidup cacing tanah

Pemanfaatan biogas secara keseluruhan dapat diterapkan dengan sistem *integrated farming* yaitu sistem usaha tani yang diarahkan untuk memperpanjang siklus biologis dengan mengoptimalkan lahan, hasil samping pertanian, perkebunan dan peternakan sehingga setiap mata rantai siklus menghasilkan produk baru yang bernilai ekonomis (Ambar Pertiwiingrum 2016).

2.4 Limbah Ampas Tahu

Limbah dapat dibedakan menjadi tiga jenis, pertama limbah organik, terdiri dari bahan-bahan penyusun tumbuhan dan hewan yang diambil dari alam atau dihasilkan dari pertanian, perikanan, peternakan, rumah tangga, industri dan lain-lain, yang secara alami mudah terurai (oleh aktivitas mikroorganisme). Kedua, limbah anorganik, berasal dari sumber daya alam tak terbarui seperti mineral dan minyak bumi, atau hasil samping proses industri. Limbah anorganik tidak mudah hancur/lapuk. Sebagian zat anorganik secara keseluruhan bahkan tidak dapat diuraikan oleh alam, sedangkan sebagian lainnya hanya dapat diuraikan dalam waktu yang sangat lama. Ketiga, limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), merupakan sisa suatu usaha yang mengandung bahan berbahaya/beracun, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat merusak atau mencemarkan dan membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia, serta makhluk hidup lainnya (Nanik Setyowati 2019).

Pengelolaan limbah dapat dilakukan dengan cara pengurangan sumber (*source reduction*), penggunaan kembali, pemanfaatan (*recycling*), pengolahan (*treatment*) dan pembuangan. Banyak jenis limbah dapat dimanfaatkan kembali melalui daur ulang atau dikonversikan ke produk lain yang berguna (Anugrah Adi Santoso 2010). Limbah yang dapat dikonversikan ke produk lain, misalnya limbah dari industri pangan. Limbah tersebut biasanya masih mengandung: serat, karbohidrat, protein, lemak, asam organik, dan mineral, sehingga dapat

mengalami perubahan secara biologis dan dapat dikonversikan ke produk lain seperti: energi, pangan, pakan, dan lain-lain (Elly Yuliarti Sano 2006).

Pada dasarnya, limbah adalah bahan yang terbuang atau dibuang dari hasil aktivitas manusia maupun proses alam yang belum memiliki nilai ekonomis. Tingginya produksi limbah industri terjadi akibat karena perkembangan *industrialisasi*. Perkembangan industri di Indonesia saat ini menunjukkan terjadinya kemajuan pesat dibidang ekonomi. Perkembangan ini tidak hanya terjadi diskala industri besar tetapi juga terus merambah sampai di tingkat industri kecil seperti industri rumah tangga (*home industry*) (Elly Yuliarti Sano 2006). Dampak yang ditimbulkan bermacam-macam mulai dari dampak positif seperti peningkatan pendapatan keluarga dan penyerapan tenaga kerja, serta dampak negatif berupa meningkatnya jumlah limbah. Salah satu limbah industri rumah tangga bidang pangan yang banyak ditemukan adalah limbah pengolahan tahu (Kemas Ridhuan 2016).

Limbah industri tahu pada umumnya dibagi menjadi 2 (dua) bentuk limbah, yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah padat dihasilkan dari proses penyaringan dan penggumpalan, limbah ini kebanyakan dijual dan diolah menjadi tempe gembus, kerupuk ampas tahu, pakan ternak, dan diolah menjadi tepung. Sedangkan limbah cairnya dihasilkan dari proses pencucian, perebusan, pengepresan dan pencetakan tahu, oleh karena itu limbah cair yang dihasilkan sangat tinggi (Kemas Ridhuan 2016).

2.4.1 Limbah Tahu Padat

Limbah padat (ampas tahu) merupakan hasil sisa perasan bubur kedelai. Ampas ini mempunyai sifat cepat basi dan berbau tidak sedap kalau tidak segera ditangani dengan cepat. Ampas tahu akan mulai menimbulkan bau yang tidak sedap 12 jam setelah dihasilkan (Pamalia Coniwati 2009). Limbah padat atau disebut ampas yang dihasilkan belum dirasakan memberikan dampak negatif terhadap lingkungan karena dapat dimanfaatkan untuk makanan ternak sapi, serta

dibuat produk makanan yang bermanfaat meskipun masih sangat terbatas yaitu menjadi tempe gembus. Pemanfaatan menjadi tempe gembus dapat dilakukan karena limbah tahu termasuk dalam limbah biologis yang merupakan sumber bahan organik terutama karbon, dalam bentuk karbohidrat dan bahan berguna lainnya yaitu protein, lemak, vitamin dan mineral. Ampas tahu masih layak dijadikan bahan pangan karena masih mengandung protein sekitar 5%. Oleh karena itu pemanfaatan ampas tahu menjadi produk pangan masih terus dikembangkan, diantaranya adalah pembuatan kecap ampas tahu yang diperoleh melalui proses fermentasi ampas tahu (Kemas Ridhuan 2016).

2.4.2 Limbah Tahu Cair

Limbah cair tahu adalah limbah yang ditimbulkan dalam proses pembuatan tahu dalam bentuk cairan. Limbah cair tahu dihasilkan dari proses pencucian, perebusan, pengepresan, dan proses pencetakan tahu, oleh karena itu limbah cair yang dihasilkan sangat tinggi. Limbah cair tahu memiliki kandungan senyawa organik yang tinggi dan memiliki potensi untuk menghasilkan biogas melalui proses *anaerobic* (Sri Subekti 2011). Limbah cair ini mengandung padatan tersuspensi maupun terlarut yang akan mengalami perubahan fisika, kimia dan biologis yang akan menghasilkan zat beracun atau menciptakan media untuk tumbuhnya kuman, dimana kuman tersebut dapat berupa kuman penyakit ataupun kuman yang merugikan baik pada tahu sendiri maupun tubuh manusia. Selain itu, limbah cair yang berasal dari industri tahu merupakan masalah serius dalam pencemaran lingkungan, karena menimbulkan bau busuk dan pencemaran sumber air. Limbah cair akan mengakibatkan bau busuk dan bila dibuang disungai akan menyebabkan tercemarnya sungai tersebut. Jumlah limbah cair yang dihasilkan oleh industri pembuat tahu sekitar 15-20 l/kg perharinya. Diantara limbah cair dari proses produksi tahu, memberikan beban pencemaran terbesar, karena masih mengandung zat-zat organik seperti protein, karbohidrat dan lemak (Kemas Ridhuan 2016).

2.5 Proses Pembentukan Gas

Pembentukan bahan organik menjadi biogas membutuhkan ruang kedap udara, tanpa ada oksigen (anaerob). Karena proses pembentukan biogas di ruang kedap udara (anaerob), sehingga sistem biogas tidak ada bau atau aroma dari proses pengolahan bahan organik menjadi biogas. Dalam pembentukan biogas ada tiga proses utama, yaitu proses hidrolisis, pengasaman (asidifikasi), dan metanogenesis (Suyitno, Sujono Agus, Dharmanto 2010).

1. Hidrolisis

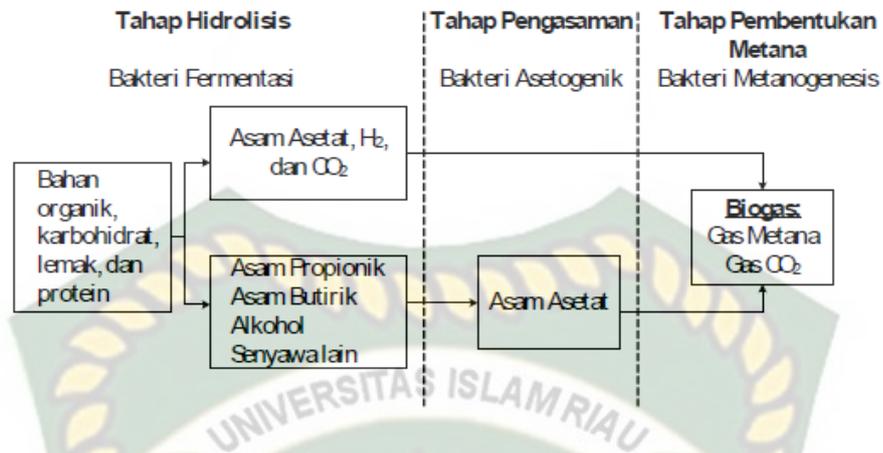
Hidrolisis adalah proses yang utama dari proses fermentasi bahan organik. Pada proses ini adalah terjadinya penguraian bahan organik dengan senyawa kompleks yang sifatnya larut, seperti protein, lemak, dan karbohidrat, menjadi senyawa yang lebih sederhana. Senyawa yang dihasilkan dari proses hidrolisis di antaranya senyawa asam organik, glukosa, etanol, CO₂, dan senyawa hidrokarbon lainnya. Senyawa-senyawa tersebut dimanfaatkan oleh mikroorganisme menjadi sumber energi untuk melakukan aktivitas fermentasi (Sri Wahyuni 2017).

2. Pengasaman (*Asidifikasi*)

Pada proses pengasaman (*asidifikasi*) senyawa-senyawa yang telah terbentuk pada proses hidrolisis akan dimanfaatkan menjadi sumber energi bagi mikroorganisme untuk melakukan proses pengasaman (*asidifikasi*). Pada tahap ini, bakteri akan menghasilkan senyawa-senyawa asam organik, seperti asam *asetat*, asam *propionate*, asam *butirat*, dan asam *laktat* beserta produk sampingan berupa alkohol, CO₂, *hydrogen* dan zat *ammonia* (Sri Wahyuni 2017).

3. Metanogenesis

Pada proses metanogenesis, bakteri metanogen, yaitu *methanobacterium*, dan *methanococcus* akan mengubah senyawa-senyawa dari proses pengasaman menjadi komponen penyusun biogas yaitu gas metana, karbondioksida dan air (Suyitno, Sujono Agus, Dharmanto 2010). Proses pembentukan biogas dapat dilihat pada gambar 2.5 dibawah.



Gambar 2.5 Diagram Proses Terbentuknya Biogas

Suyitno, Sujono Agus, Dharmanto 2010

Jumlah energi biogas yang dihasilkan pada sistem biogas tergantung pada konsentrasi gas metana yang dihasilkan saat proses metanogenesis. Semakin besar gas metana yang dihasilkan, maka semakin besar energi yang terbentuk. Sebaliknya jika gas metana yang dihasilkan rendah, maka energi yang terbentuk juga rendah. Untuk meningkatkan kualitas biogas dilakukan dengan cara menghilangkan kandungan hydrogen sulfur, karbondioksida, dan kandungan air. Hidrogen sulfur adalah senyawa yang mengandung racun dan bisa menyebabkan korosi, jika dalam biogas terdapat senyawa ini maka akan mengakibatkan rusaknya instalasi sistem biogas. Menghilangkan kandungan air bertujuan untuk meningkatkan titik penyalaan biogas (Sri Wahyuni 2017).

Tabel 2.2 Komposisi Biogas Berdasarkan Penelitian (Sri Wahyuni 2017)

NO	Gas	Hadi (1981)	Price (1981)
1	Metana (CH ₄)	54-70%	65-75%
2	Karbondioksida (CO ₂)	27-35%	25-30%
3	Nitrogen (N ₂)	0,5-2,0%	<0,1%
4	Hidrogen (H ₂)	-	<0,1%
5	Karbon monoksida (CO)	0,1%	-
6	Hidrogen sulfida (H ₂ S)	Rendah kecil	<0,1%

2.6 Mikroorganisme Pembantu

Mikroorganisme pembantu adalah bakteri yang membantu proses fermentasi bahan baku biogas menjadi biogas, bakteri tersebut adalah bakteri metanogenik. Bakteri metanogenik adalah bakteri yang hidup akibat proses fermentasi bahan organik. Bakteri metanogenik juga terkandung dalam bentuk cair dan campuran bahan organik. Bakteri metanogenik hidup dalam lingkungan kedap udara, tanpa oksigen (aerob) dan bekerja dengan cara merombak bahan organik kemudian mengubahnya menjadi gas metana. Bakteri metanogenik ini sensitif terhadap perubahan suhu digester, oleh karena itu diperlukan perlakuan khusus agar populasi bakteri metanogenik bertahan pada kadar-kadar yang diperlukan. Perubahan suhu di digester dapat menyebabkan pertumbuhan bakteri tidak optimal dan mengakibatkan produksi gas metana menjadi rendah (Sri Wahyuni 2017). Penempatan digester juga diperlukan pada posisi dan lokasi yang tepat agar suhu didalam digester dapat mendukung kinerja bakteri metanogenik.

2.7 Bahan Baku Biogas

Bahan utama biogas adalah bahan organik dan air. Bahan baku yang dimanfaatkan untuk biogas harus memiliki beberapa persyaratan atau kriteria yaitu (Suyitno, Sujono Agus, Dharmanto 2010) :

- a. Bahan organik seperti sampah, limbah pertanian, harus mengandung unsur karbon dan hidrogen serta nitrogen. Unsur nitrogen diperlukan bakteri untuk pembentukan sel.
- b. Agar fermentasi lebih cepat, bahan yang kasar harus digiling atau dirajang terlebih dahulu.
- c. Bahan baku harus berbentuk bubur oleh karena itu kandungan air harus cukup tinggi (optimum : 7-9%). Kadar air dalam kotoran sapi kira-kira 18% (rata-rata hewan 11-25%), maka perlu diencerkan dengan perbandingan 1:1.
- d. Air yang tidak mengandung zat-zat yang dapat menghambat pemngembang biakan bakteri.
- e. Perbandingan unsur karbon dan nitrogen (C/N) paling baik untuk pembentukan biogas adalah 30.

Beberapa bahan organik yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biogas yaitu:

- a. Limbah rumah tangga

Limbah yang dipakai misalnya limbah kulit buah, kertas, sekam, daun, limbah sisa makanan, dan lain-lain.

- b. Kotoran ternak

Kotoran sapi, kerbau, babi, kambing, dan unggas.

c. Kotoran manusia

Kotoran manusia dapat menghasilkan gas bio. Namun sebelum digunakan untuk bahan baku biogas, cukup penting melakukan karakteristik awal beberapa sampel tinja.

e. Limbah organik

Limbah organik dapat berasal dari sisa tumbuh-tumbuhan, rumput-rumputan, atau sisa proses industri misalnya limbah organik cair yang berupa limbah industri tahu, tempe, industri tapioka, industri gula (Sri Wahyuni 2017).

Salah satu permasalahan yang dihadapi dalam fermentasi anaerob adalah keberadaan senyawa-senyawa tertentu yang bertindak sebagai *inhibitor*. Oleh karena itu, perlu ditambahkan sesuatu pada bahan baku supaya menghilangkan pengaruh *inhibitor* yang ada (Suyitno, Sujono Agus, Dharmanto 2010).

Rasio ideal C/N untuk proses dekomposisi anaerob untuk menghasilkan metana adalah 25-30. Oleh karena itu, pada proses pencemaran bahan baku diusahakan memenuhi rasio ideal (Suyitno, Sujono Agus, Dharmanto (2010). Rasio C/N dari beberapa bahan organik dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.3 Komposisi Biogas (Suyitno, Sujono Agus, Dharmanto (2010))

Bahan organik	N dalam %	C/N
Kotoran manusia	6	5,9-10
Kotosan sapi	1,7	16,6-25
Kotoran babi	3,8	6,2-12,5
Kotoran ayam	6,3	5-7,1
Kotoran kuda	2,3	25
Kotoran domba	3,8	33
Jerami	4	12,5-25
Lucemes	2,8	16,6
Alga	1,9	100
Gandum	1,1	50
Serbuk jerami	0,5	100-125
Ampas tebu	0,3	140
Serbuk gergaji	0,1	200-500
Kol	3,6	12,5
Tomat	3,3	12,5
Mustard (Runch)	1,5	25
Kulit kentang	1,5	25
Sekam	0,6	67
Bonggol Jagung	0,8	50
Daun yang gugur	1	50
Kedelai	1,3	33
Kacang toge	0,6	20

2.7.1 Karakteristik Bahan Baku

Pada tahapan proses pembentukan biogas ada beberapa parameter bahan dan faktor yang harus diperhatikan, Kondisi operasi dalam proses produksi biogas sangat dipengaruhi oleh temperatur, pH, pengadukan (*stirring*), bahan penghambat, konsentrasi substrat (*slurry*), dan luas permukaan substrat. Selain itu, laju produksi biogas juga bergantung kepada sifat alami dari substrat, laju pengumpanan, toksisitas, ketersediaan nutrisi bagi mikroorganisme, ukuran dan konstruksi dari digester, rasio karbon terhadap nitrogen (C/N ratio), waktu retensi, umpan awal (*initial feeding*) (Suyitno, Sujono Agus, Dharmanto (2010).

1. Substrat bahan organik

Jenis bahan organik yang digunakan berpengaruh terhadap lamanya waktu dekomposisi bahan untuk menghasilkan gas *methane*. Kandungan bahan organik berdasarkan urutan lamanya dekomposisi terdiri dari gula, protein, lemak, hemiselulosa, dan lignin. Bahan organik pertanian hijau yang mengandung selulosa dan lignin lebih lama terdekomposisi dibandingkan dengan limbah kotoran ternak (Sri Wahyuni 2017).

2. Nisbah C/N

Nisbah C/N adalah nilai perbandingan jumlah karbon dan nitrogen pada suatu bahan organik. Karbon dan nitrogen adalah dua unsur utama yang membentuk substrat bahan organik. Karbon dan nitrogen dibutuhkan mikroorganisme sebagai sumber energi untuk melakukan aktivitas perombakan. Mikroorganisme akan optimal bekerja menghasilkan biogas pada nilai nisbah C/N sebesar 25-30 (Sri Wahyuni 2017). Jika nilai C/N tinggi akan berpengaruh terhadap kinerja mikroorganisme menjadi rendah, sehingga produksi gas metana juga ikut rendah. Jika nilai C/N terlalu rendah berpengaruh terhadap asam-asam organik yang terbentuk dalam jumlah tinggi.

Jika bahan baku yang digunakan memiliki nilai C/N yang tinggi seperti bahan hijau-hijauan, bahan tersebut harus dicacah agar bakteri metanogenik lebih mudah melakukan fermentasi dan tidak menimbulkan bau busuk. Jika bahan baku

yang digunakan memiliki nilai C/N rendah seperti kotoran ternak, sebaiknya kotoran ternak dicampur bahan hijau-hijauan (Suyitno, Sujono Agus, Dharmanto 2010).

3. Zat toksik

Zat toksik termasuk golongan unsur hara yang terkandung dalam bahan yang berasal dari substrat bahan organik. Zat toksik dalam proses pembentukan biogas masih dapat ditoleransi dalam batas tertentu, jika kadar zat toksik melebihi batas maka dapat meracuni mikroorganisme dan menurunkan produksi gas metana. Contoh zat toksik tersebut di antaranya ion-ion mineral dan logam berat, seperti tembaga, sisa detergen, pestisida, kaporit, dan antibiotik (Sri Wahyuni 2017).

Tabel 2.4 Kadar zat toksik yang menghambat produksi gas
(Sri Wahyuni 2017)

NO	Zat Toksik	Konsentrasi yang menghambat
1	NaCl	40.000 ppm
2	ABS (Detergen)	20-40 ppm
3	Amonia (NH ₄)	1500-3000 mg/l
4	Sodium (Na)	3.500-5.500 mg/l
5	Potasium (K)	2.500-4500 mg/l
6	Kalsium (Ca)	2.500-4.500 mg/l

4. Derajat keasaman

Derajat keasaman (pH) sangat berpengaruh terhadap kinerja dari mikroorganisme dalam membantu proses fermentasi. Pada pH 6,5-7,5 mikroorganisme akan bekerja efektif untuk membantu proses fermentasi. Saat tahap awal fermentasi pH akan turun, namun setelah 2-3 minggu, pH kembali naik karena dengan adanya pertumbuhan bakteri metanogenik. Laju penurunan atau peningkatan pH yang terlalu ekstrem biasanya cenderung mengakibatkan populasi mikroba terutama bakteri ikut turun sehingga proses pencernaan aeorob ikut terganggu (Sri Wahyuni 2017).

5. Pengadukan

Pengadukan bahan organik dengan air sangat penting, agar bahan baku tercampur dengan rata, Karena pada saat bahan-bahan tersebut dicampur dengan air bahan-bahan tersebut belum tercampur dengan merata. Pengadukan dilakukan sebelum bahan organik dimasukkan ke dalam digester atau ketika bahan tersebut sudah dimasukkan ke dalam digester. Pengadukan dilakukan agar tidak terjadi pengendapan didalam digester yang dapat menimbulkan kerak. Karena pengendapan dari bahan organik dapat menyebabkan produksi gas terhambat karena mikroorganisme tidak bisa mengolah bahan organik secara optimal (Suyitno, Sujono Agus, Dharmanto 2010).

6. Laju pengisian ulang

Kerja mikroorganisme melakukan fermentasi harus dijaga agar tetap kontinu, Pengisian ulang bahan organik harus dilakukan dalam waktu tertentu agar rasio C/N tetap pada angka yang dibutuhkan mikroorganisme. Pengisian ulang dilakukan setiap hari dengan memperhitungkan waktu dekomposisi, jenis, dan volume digester (Sri Wahyuni 2017).

7. Suhu

Suhu atau temperatur di dalam digester harus dikontrol/dijaga selama proses fermentasi berlangsung. Mikroorganisme penghasil biogas sangat bergantung pada suhu di dalam digester. suhu yang optimal untuk produksi biogas adalah 32-37° C (Sri Wahyuni 2017). Jika perubahan temperatur di dalam digester terlalu ekstrem, maka populasi mikroorganisme akan menurun sehingga produksi biogas juga akan menurun. Menurut Pengukuran suhu dilakukan pada waktu pagi, siang, dan sore hari selama produksi biogas berlangsung. Pengukuran dilakukan dengan cara membuat instalasi khusus yang dipasang termometer (Suyitno, Sujono Agus, Dharmanto 2010).

8. Waktu retensi

Waktu retensi adalah waktu saat bahan organik dimasukkan ke digester dan selama bahan organik difermentasikan. Lama waktu pembentukan biogas diketahui setelah volume biogas mulai terbentuk sampai biogas tidak terbentuk lagi dan dicatat lama waktu yang dibutuhkan untuk proses pembentukan biogas. Waktu retensi ini dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti suhu, pengenceran, dan laju pengisian ulang bahan organik. Waktu retensi biasanya berkisar 29-60 hari tergantung dari jenis bahan organik yang digunakan (Sri Wahyuni 2017).

2.8 Digester

Digester merupakan peralatan utama untuk membuat sistem biogas. Digester merupakan tempat untuk menguraikan bahan organik oleh bakteri secara *anaerob* (tanpa udara) menjadi gas *methane*. Model digester tergantung dari jenis bahan baku yang digunakan, temperatur, dan bahan konstruksi (Sri Wahyuni 2017). Ada beberapa pertimbangan yang dilakukan untuk memilih digester, sebagai berikut :

1. Bahan konstruksi mudah dalam pemasangan
2. Digester mudah dipindahkan jika tidak digunakan
3. Bahan konstruksi mudah diperbaiki jika ada kerusakan
4. Perawatan praktis
5. Digester harus bersifat kedap udara
6. Bahan konstruksi tahan terhadap cuaca ekstrem
7. Bahan konstruksi memiliki umur pakai yang cukup lama

2.8.1 Jenis-Jenis Digester

Jenis-jenis digester dapat dilihat berdasarkan konstruksi, jenis aliran dan posisi permukaan tanah. Jenis digester yang ingin digunakan tergantung dari tujuan pembuatan digester tersebut, yaitu untuk mengurangi jumlah kotoran dan menghasilkan biogas yang mempunyai kandungan CH_4 yang tinggi (Suyitno, Sujono Agus, Dharmanto 2010).

Pada umumnya, bahan yang digunakan untuk pembuatan biogas adalah campuran bahan padat dan air dengan perbandingan tertentu. Energi dihasilkan dari padatan bahan-bahan organik. Pada saat menginginkan biogas yang dihasilkan secara kontinu, maka bahan baku harus mengalir secara kontinu tanpa bantuan dari pompa, oleh karena itu digester harus didesain agar bisa mengalirkan campuran bahan baku dan air secara kontinu dan didesain agar tidak terjadi penyumbatan (Suyitno, Sujono Agus, Dharmanto 2010).

1. Jenis Digester Berdasarkan Cara Pengisian Bahan Baku

Jenis Digester dibedakan berdasarkan cara pengisian bahan baku, diantaranya adalah :

a. *Batch Feeding*

Digester pada jenis ini proses pengisian bahan organik hanya dilakukan sekali sesuai kapasitas digester, lalu ditunggu sampai gas metana dihasilkan. Isi digester dikeluarkan setelah biogas tidak berproduksi lagi, lalu diisi dengan bahan baku yang baru. Pada umumnya digester ini didesain untuk limbah padatan berupa sayuran atau hijauan (Sri Wahyuni 2017). Digester ini tidak membutuhkan pipa untuk sisi inlet dan sisi outlet, karena digester dapat dibuka lalu sisa bahan organik yang telah difermentasi dapat langsung dikeluarkan dan kemudian digester dapat diisi kembali dengan bahan organik yang baru (Suyitno, Sujono Agus, Dharmanto 2010).

b. *Continuous Feeding*

Digester jenis ini saat proses pengisian bahan organik dilakukan pada setiap hari dalam jumlah tertentu. Pada saat pengisian awalnya, digester ini diisi sesuai kebutuhan isi digester, setelah biogas telah diproduksi. Kemudian bahan baku dilakukan secara kontinu setiap hari dalam jumlah yang telah ditentukan. Digester ini didesain dengan membuat lubang pengeluaran dan lubang pemasukan, sehingga setiap proses pengisian bahan baku akan diikuti pengeluaran sludge (bahan sisa) (Sri Wahyuni 2017). Digester dengan jenis ini akan mempercepat produksi biogas dan konsisten dengan bahan sisa yang sedikit setiap harinya.

Digester tipe *continuous feeding* ini terdiri dari dua model, yaitu model tetap (*fixed*) dan model terapung (*floatated*), dua model ini memiliki perbedaan pada bagian penampung gas. Pada konstruksi model tetap, digester dan penampung gas didesain menjadi satu, sedangkan pada konstruksi model terapung, penampung gas didesain untuk bergerak naik dan turun. Bahan konstruksi digester model tetap diantaranya pasir, batu bata, dan semen. Sedangkan bahan-bahan digester model terapung yaitu stainless steel, plat besi, serta fiber glass. Untuk membuat digester model terapung diperlukan modal awal yang cukup besar, namun jangka waktu pemakaiannya lebih lama, pengoperasiannya mudah, dan perawatannya juga tergolong mudah (Suyitno, Sujono Agus, Dharmanto 2010).

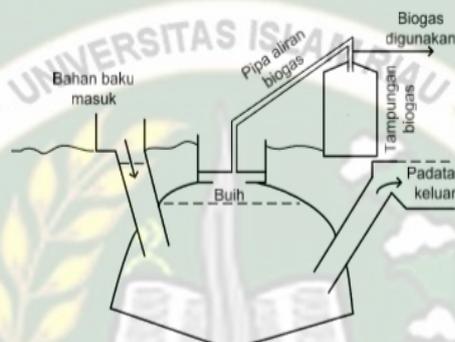
2. Jenis Digester Berdasarkan Bahan Baku Pembuatannya

Jenis Digester juga dibedakan berdasarkan bahan baku pembuatan, diantaranya adalah :

a. Digester Kubah tetap (*Fixed Dome*)

Digester pada jenis ini mempunyai bentuk menyerupai kubah. Digester ini pada umumnya dibuat di dalam tanah, dan bahan konstruksi yang umum digunakan adalah batu bata, batu, pasir, dan semen. Digester tipe kubah tetap ini terdiri dari dua bagian, tangki atau sebagai tempat berlangsungnya proses fermentasi oleh

bakteri dan bagian kubah sebagai wadah pengumpul gas yang tidak bergerak (Sri Wahyuni 2017). Keuntungan menggunakan digester ini adalah biaya pembuatan yang murah, dan perawatan yang mudah. Namun kerugian dari digester ini adalah dibutuhkan waktu yang lama untuk proses pembangunannya, tidak dapat dipindahkan, dan mudah mengalami keretakan (Suyitno, Sujono Agus, Dharmanto (2010). Gambar digester kubah tetap dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Digester Kubah Tetap (*Fixed Dome*)

Suyitno, Sujono Agus, Dharmanto 2010

b. Digester Balon

Digester balon disebut juga dengan digester plastik, karena digester ini terbuat dari bahan plastik. Digester ini terdiri dari satu bagian, yaitu sumur pencernaan yang berfungsi sebagai tempat fermentasi dan juga berfungsi sebagai penyimpan gas, digester ini cocok digunakan untuk biogas skala rumah tangga. Keuntungan digester ini harganya murah, konstruksi sederhana, mudah dipindahkan, waktu instalasi yang singkat. Tapi kelemahan digester ini adalah mudah mengalami kebocoran (Suyitno, Sujono Agus, Dharmanto 2010).

c. Digester *Fiber Glass*

Digester jenis ini terbuat dari bahan *fiberglass*, sehingga digester *fiber glass* ini lebih efisien dalam perawatan dan mudah untuk dipindahkan. Digester *fiber glass* ini terdiri dari satu bagian, yaitu ruang digester yang berfungsi sebagai ruang fermentasi bahan baku dan juga berfungsi sebagai penampung gas. Untuk saat ini digester *fiber glass* banyak digunakan pada industri kecil dan untuk skala rumah tangga. Keunggulan digester *fiber glass* ini adalah, ruang digesternya sangat kedap udara dan ringan, perawatan praktis, mudah dalam pemasangan, mudah dalam perbaikan, tahan terhadap cuaca dan gempa (Suyitno, Sujono Agus, Dharmanto 2010). Digester *fiber glass* dapat dilihat pada gambar 2.7



Gambar 2.7 Digester *Fiber Glass*

Sri Wahyuni 2017

d. Digester Silinder (*Floating Drum*)

Digester silinder (*Floating Drum*) disebut juga sebagai digester terapung, digester *floating drum* ini pertama kali ditemukan di india. Digester *floating drum* terdiri dari ruang untuk *fermentasi* bahan baku dan ruang untuk menampung gas, berbeda dengan digester kubah, penampung gas dalam digester silinder menggunakan peralatan bergerak yang terbuat dari drum. Keuntungan dari digester *floating drum* ini yaitu volume gas yang dihasilkan dapat terlihat pada

pergerakan drum penampung gas (Suyitno, Sujono Agus, Dharmanto 2010). Gambar rancangan desain digester *floate*d drum dapat dilihat pada gambar 2.8



Gambar 2.8 Rancangan Desain Digester *Floating Drum*
Suyitno, Sujono Agus, Dharmanto 2010

2.9 Kebutuhan Isi Digester

Pengisian campuran bahan organik dan air harus tepat, jika bahan baku terlalu banyak dimasukkan ke dalam digester, ruang yang tersisa untuk gas hanya sedikit, akibatnya produksi gas menjadi terbatas. Sebaliknya jika bahan baku terlalu sedikit dimasukkan ke dalam digester, ruang yang tersisa untuk gas terlalu besar, akibatnya ketika gas sudah terbentuk, tekanan dari gas tersebut rendah sehingga gas sulit untuk mengalir ke kompor biogas (Sri Wahyuni). Oleh karena itu perbandingan bahan organik, air dan kapasitas isi digester dihitung. Untuk menghitung pengisian bahan organik ke digester menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V = \pi r^2 h \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

V : Kapasitas Digester (m³)

r² : Jari-Jari Digester (m)

h : Tinggi Digester (m)

Kapasitas isi digester adalah 60% dari volume digester dengan perhitungan sebagai berikut :

$$V_1 = V \times 60\% \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

V_1 : Kapasitas Isi Digester (m^3)

V : Kapasitas Isi Digester (m^3)

Kebutuhan jumlah limbah yang dimasukkan ke digester dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$V_o = n_1 \times V_1 \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

V_o : Jumlah Limbah Ampas Tahu (m^3)

n_1 : Perbandingan Bahan Organik

V_1 : Kapasitas Isi Digester (m^3)

Kebutuhan jumlah air yang dimasukkan ke digester dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$V_a = n_2 \times V_1 \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

V_a : Jumlah Air (m^3)

n_2 : Perbandingan Air

V_1 : Kapasitas Isi Digester (m^3)

Dalam menghitung jumlah bahan organik, memerlukan perhitungan massa jenis limbah ampas tahu tersebut, dengan rumus :

$$\rho = m/v \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

ρ : Massa Jenis Limbah Ampas Tahu (kg/m^3)

m: Massa (kg)

v: Volume Limbah (m^3)

Setelah massa jenis kotoran diketahui, selanjutnya lakukan perhitungan massa atau banyaknya limbah ampas tahu yang dibutuhkan untuk dimasukkan kedalam digester dengan menggunakan rumus :

$$M_l = \rho \times V_o \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan :

M_l : Massa Limbah (kg)

ρ : Massa Jenis Limbah (kg/m^3)

V_o : Jumlah Air (m^3)

Setelah itu lakukan perhitungan massa atau banyaknya air yang dibutuhkan untuk dimasukkan kedalam digester menggunakan rumus :

$$M_a = \rho \times V_a \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan :

M_a : Massa Air (kg)

ρ : Massa Jenis Air (kg/m^3)

V_a : Jumlah Air (m^3)

2.10 Volume Biogas

Untuk mengetahui volume gas yang dihasilkan didalam digester diperlukan perhitungan dengan parameter, tekanan awal digester, tekanan akhir digester, dan volume gas digester. Suhu digester dianggap konstan karena perubahan suhu didalam digester tidak signifikan dan tekanan didalam digester tidak selamanya meningkat, terdapat penurunan suhu didalam digester akibat suhu

lingkungan digester (M.Cendekia Fadhila 2019). Tekanan awal dan akhir digester dapat diketahui dari menghitung perbedaan ketinggian air pada manometer, volume ruang gas didalam digester dapat dihitung dengan persamaan 2.8 dibawah ini :

$$V_{rg} = V \times 40\% \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

V_{rg} : Volume Ruang Gas (m^3)

V : Volume Digester (m^3)

Volume digester dikali dengan 40% karena sebelumnya bahan organik dan air dimasukkan kedalam digester sebanyak 60% dari kapasitas digester, sehingga ruang yang tersisa untuk menampung gas adalah 40%. Untuk menghitung volume gas yang dihasilkan didalam digester menggunakan persamaan gas ideal dengan hubungan tekanan dan volume gas pada suhu konstan menggunakan hukum boyle sebagai berikut (M.Cendekia Fadhila 2019) :

$$P_1.V_1 = P_2.V_2$$

$$V_2 = (P_1 \times V_1) / P_2$$

Sehingga untuk menghitung volume perkembangan gas yang dihasilkan didalam digester persamaan tersebut dapat ditulis menjadi :

$$V_g = (P_1) / P_2 \times V_g \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

V_g : Volume perkembangan gas (m^3)

P_1 : Tekanan Digester Awal (N/m^2)

P_2 : Tekanan Digester Akhir (N/m^2)

V_{rg} : Volume Ruang Gas (m^3)

Untuk menghitung jumlah volume gas di digester dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$V_{gd} = V_{g1} + V_{g2} \dots \dots \dots (2.10)$$

Keterangan :

V_{gd} : Volume Gas Digester (m^3)

V_{g1} : Volume Gas Digester Awal (m^3)

V_{g2} : Volume Gas Digester Akhir (m^3)

Potensi biogas yang dihasilkan dari bahan baku menggunakan limbah ampas tahu dapat dihitung menggunakan rumus :

$$P_g = V_{gd} / M_k \dots \dots \dots (2.11)$$

Keterangan :

P_g : Potensi Biogas Yang dihasilkan (m^3/kg)

V_{gd} : Volume Gas Digester (m^3)

M_k : Massa Limbah (kg)

2.11 Peralatan Instalasi Biogas

Selain digester sebagai komponen utama, ada beberapa bagian atau komponen dalam sistem biogas, yaitu :

1. Pipa PVC

Pipa PVC berfungsi sebagai penyaluran gas dari penampung water trap dan menuju ke kompor. Panjang pipa yang digunakan tergantung jarak digester dengan peralatan biogas, dapat dilihat pada gambar 2.9



Gambar 2.9 Pipa PVC

2. Selang

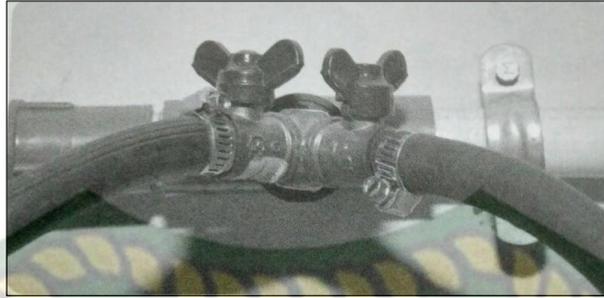
Berfungsi sebagai penghubung untuk penyaluran gas dari keran gas ke peralatan biogas. Jumlah selang yang digunakan tergantung jarak antara keran gas dengan peralatan aplikasi. Selang dapat dilihat pada gambar 2.10



Gambar 2.10 Selang

3. Katup Atau Keran Gas

Katup atau keran gas berfungsi untuk mengatur aliran gas, umumnya untuk satu sistem biogas dibutuhkan 3-6 buah keran. Katup atau keran gas dapat dilihat pada gambar 2.11

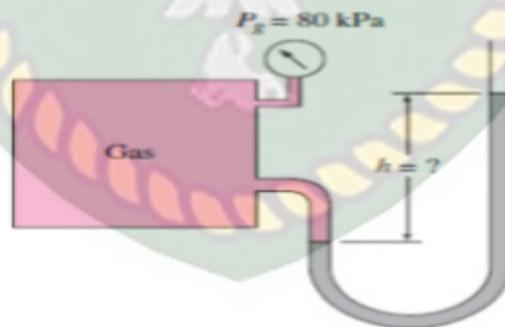


Gambar 2.11 Katup Atau Keran Gas

M.Cendekia Fadhila 2019

4. Manometer

Tekanan biogas dapat diukur dengan melihat perbedaan ketinggian air manometer yang diukur setiap hari. Manometer adalah alat untuk mengukur tekanan, manometer dibuat dengan menggunakan selang transparan dengan prinsip pipa U di isi dengan fluida air yang diberi zat warna untuk mengetahui tekanan biogas yang dihasilkan dalam satuan atm (A. Yunus Cengel dan Michael .A. Boles 1989). Manometer ditunjukkan pada gambar 2.12



Gambar 2.12 Manometer

A. Yunus Cengel dan Michael .A. Boles 1989

Jika salah satu kolom manometer diberi tekanan, maka air di kolom lainnya akan naik hingga ketinggian tertentu. Perbedaan ketinggian air manometer dinyatakan dengan nilai (Δh), menghitung tekanan alat manometer menggunakan rumus :

$$P_{abs} = P_{atm} + \rho_{H_2O} \cdot g \cdot \Delta h \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

P_{abs} : Tekanan absolut (N/m^2)

ρ_{H_2O} : Massa jenis air ($998 \text{ kg}/m^3$)

g : Percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m}/s^2$)

Δh : Perbedaan ketinggian kolom zat cair yang digunakan (m)

1 atm : $101325 \text{ N}/m^2$

5. Water Trap

Water trap merupakan komponen yang berfungsi untuk memisahkan antara uap air dan gas *methane* dari digester, supaya uap air dari digester tidak akan masuk ke penampung gas, *water trap* dapat menyerap beberapa persen uap air sehingga uap air tidak mengganggu jalannya biogas dari penampung ke kompor gas. Jika gas *methane* masih mengandung uap air berlebih yang mengalir ke kompor, maka api yang dihasilkan akan cenderung berwarna merah, dengan menggunakan *water trap* warna api biru dan sedikit kemerahan yang berada di ujung atas api tersebut. Warna api biru dan sedikit kemerahan menandakan masih ada uap air, namun tidak banyak jika dibandingkan tidak menggunakan *water trap* (Sri Wahyuni 2017).

Water trap dapat dibuat dengan sangat sederhana, bisa memanfaatkan botol bekas dengan melubangi bagian atas botol, kemudian lubang bagian atas tersebut dimasukkan selang dari digester, selang pertama terendam didalam air, dan saluran untuk ke penampung tidak terendam kedalam air, lalu lubangi botol

sebagai lubang air. Lubang air pada tabung penjebak selain berfungsi sebagai lubang pengisian juga sebagai pengatur tinggi air muka (Sri Wahyuni 2017).

Ketinggian air pada *water trap* harus diperhatikan, jika air didalam *water trap* terlalu tinggi, maka tekanan yang ada akan semakin tinggi dan akan menghambat proses biogas, jika air pada *water trap* terlalu rendah gas akan keluar dari air sebelum mencapai tekanan yang diinginkan (Suyitno, Sujono Agus, Dharmanto 2010). *Water trap* terdapat dilihat pada gambar 2.13 dibawah ini:



Gambar 2.13 *Water Trap*

M.Cendekia Fadhila 2019

2.12 Karakteristik Nyala Api

Proses pembakaran terjadi dengan adanya campuran bahan bakar dengan udara. Pembakaran yang baik menghasilkan warna api yang cenderung biru, dan pembakaran yang kurang baik akan menghasilkan warna api cenderung merah. Warna api dapat dipengaruhi oleh kandungan bahan bakar, dan campuran udara yang ikut terbakar. Nyala api yang berwarna merah memiliki nilai kalor yang rendah, karena udara yang diperlukan saat pembakaran hanya sedikit, atau terdapat kandungan air yang terkandung dalam bahan bakar. Api berwarna merah memiliki suhu dibawah 1000 derajat Celcius. Api jenis ini termasuk api “kurang panas” karena jarang digunakan pada pabrik-pabrik industri material dan nyala api yang berwarna biru memiliki nilai kalor yang tinggi karena udara saat pembakaran sesuai, dan tidak ada air yang terkandung di dalam bahan bakar. Rata-rata suhu api yang berwarna biru kurang dari 2000 derajat Celcius, api ini mengalami

pembakaran yang sempurna (M.Cendekia Fadhila 2019). Api yang berwarna merah dapat dilihat pada gambar 2.14



Gambar 2.14 Karakteristik Nyala Api

M.Cendekia Fadhila 2019

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Metode penelitian merupakan langkah-langkah yang dijadikan pedoman untuk melakukan penelitian. Langkah-langkah dalam melaksanakan penelitian akan diperlihatkan pada gambar 3.1 sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Studi Literatur

Dalam melakukan penelitian harus dilakukan teknik penyusunan sistematis untuk memudahkan langkah-langkah yang akan diambil. Begitu pula yang dilakukan penulis dalam penelitian ini, langkah pertama yaitu dengan melakukan studi literatur pada buku-buku yang membahas tentang Biogas, jurnal, dan penelitian yang telah dilakukan. Data yang didapat dari studi literatur ini akan digunakan sebagai acuan untuk membuat tahapan-tahapan penelitian.

3.3 Alat Dan Bahan Yang Digunakan

Bahan yang digunakan untuk menghasilkan biogas dalam penelitian ini adalah air dan limbah ampas tahu. Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Digester Biogas

Digester berfungsi sebagai alat tempat fermentasi bahan baku ampas tahu yang dilakukan \pm 30 hari. Pada penelitian ini menggunakan digester kubah tetap sebagai tempat untuk fermentasi bahan baku limbah ampas tahu. Digester ini terbuat dari bahan *fiber Glass* dengan volume 0.121 m^3 atau 1210 L.



Gambar 3.2 Digester biogas

2. Manometer

Tekanan gas *mhetane* yang dihasilkan selama proses fermentasi dapat diukur dengan melihat ketinggian air pada manometer. Manometer dibuat dengan menggunakan selang air transparan dengan prinsip pipa U dan di isi dengan fluida air yang diberi zat warna untuk mengetahui tekanan biogas yang dihasilkan dalam satuan Pascal (Pa),^[2] dengan persamaan sebagai berikut : $P_{abs} = P_{atm} + \rho_{H_2O} \cdot h$.



Gambar 3.3 Manometer

3. Katup *Inlet* dan *Outlet*

Katup *inlet* berfungsi sebagai tempat memasukan campuran bahan baku ampas tahu dan air kedalam digester, sedangkan katup *outlet* berfungsi sebagai untuk mengeluarkan campuran ampas tahu dan air yang telah di fermentasi ± 30 hari. Pada penelitian ini menggunakan katup *ball* dengan ukuran 1 in.



Gambar 3.4 Katup Inlet dan Outlet

4. Katup Gas

Katup gas digester berfungsi untuk menutup gas *methane* yang dihasilkan selama proses fermentasi agar tidak keluar melalui selang gas, dan untuk membuka gas *methane* yang telah dihasilkan dari proses fermentasi agar gas *methane* tersebut dapat mengalir ke selang gas. Pada penelitian ini menggunakan katup gas digester dengan ukuran $\frac{1}{2}$ in.



Gambar 3.5 Katup Gas

5. Selang Gas

Setelah proses fermentasi, gas yang dihasilkan akan disalurkan melalui selang gas menuju kompor biogas yang akan dikonversikan dari gas menjadi energi panas. Pada penelitian ini menggunakan selang gas dengan ukuran diameter dalam 10 mm dan diameter luar 17 mm.



Gambar 3.6 Selang Gas

6. Kompor Biogas

Kompor biogas digunakan untuk mengkonversikan gas *methane* yang dihasilkan pada proses fermentasi menjadi energi panas. Pada penelitian ini menggunakan kompor biogas karena kompor biogas ini memiliki tekanan yang rendah dibandingkan dengan kompor gas pada umumnya.



Gambar 3.7 Kompor Biogas

7. Water Trap

Water trap berfungsi untuk memisahkan antara uap air dan gas *methane* dari digester, agar gas *methane* yang dihasilkan tidak mengandung uap air ketika dikonversikan menjadi energi panas. Misalkan gas *methane* masih mengandung air maka api yang dihasilkan akan cenderung berwarna merah, dengan adanya *water trap* warna api biru dan sedikit kemerahan karena uap air tidak sepenuhnya hilang (M.Cendekia Fadhila 2019).



Gambar 3.8 *Water Trap*
M.Cendekia Fadhila 2019

8. Pipa PVC

Pipa PVC digunakan untuk jalur memasukan atau mengeluarkan bahan baku campuran ampas tahu dan air dengan ukuran pipa PVC ± 4 in dan pipa PVC juga digunakan untuk jalur gas *mhetane* menuju selang gas dengan ukuran pipa PVC ± 1 in.



Gambar 3.9 Pipa PVC

11. *Stopwatch*

Stopwatch digunakan untuk menghitung lamanya pemakaian gas *mhetane* yang dikonversikan menjadi panas melalui kompor biogas.



Gambar 3.10 *Stopwatch*

12. Timbangan

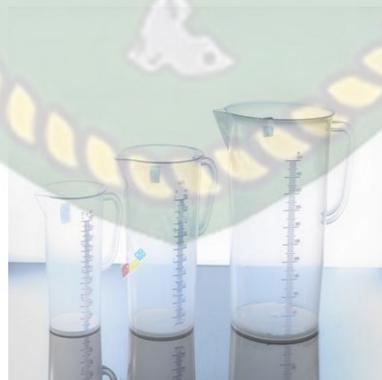
Timbangan digunakan untuk menghitung berapa banyak limbah ampas tahu yang digunakan dalam proses fermentasi.



Gambar 3.11 Timbangan

13. Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur berapa banyak air yang digunakan dalam proses fermentasi. Gelas ukur memiliki ukuran kecil dengan ukuran 10 ml-50ml, sedangkan ukuran besar 1-2 liter. Pada penelitian ini menggunakan gelas ukur yang ukuran besar.



Gambar 3.12 Gelas Ukur

3.4 Metode Pengujian

Alat dan bahan yang telah diuraikan diatas adalah alat dan bahan utama dalam pembuatan alat sistem biogas sederhana. Adapun alat tambahan dalam pembuatan alat sistem biogas ini seperti gergaji besi, bor tangan, tang jepit, amplas dan sebagainya. Adapun bahan tambahan dalam pembuatan alat sistem biogas ini seperti lem dextone, lem lilin, lem pipa dan sebagainya. Dalam proses pembuatan alat sistem biogas sederhana ini, langkah pertama yang perlu dilakukan adalah membuat pipa katup *inlet*, katup *outlet*, dan katup gas dengan menggunakan lem pipa agar pipa-pipa merekat kuat dengan katup. Langkah kedua dalam proses pembuatan alat ini adalah membuat digester atau tempat untuk fermentasi bahan baku limbah ampas tahu dengan drum air. Penelitian ini menggunakan digester jenis kubah tetap yang terbuat dari *fiber glass* dengan volume $0,121 m^3$. Dengan kapasitas digester tersebut digunakan untuk 60% bahan baku dan 40% ruang untuk menyimpan gas *metane* hasil fermentasi. Selanjutnya untuk menghubungkan pipa katup *inlet*, katup *outlet*, dan katup gas pada digester, perlu melubangi body drum sesuai dengan ukuran pipa katup *inlet* dengan ukuran 4 in, pipa katup *outlet* dengan ukuran 4 in, dan pipa katup gas dengan ukuran 1 in. Setelah pipa katup *inlet*, katup *outlet*, dan katup gas terhubung dengan digester, lalu langkah selanjutnya selang manometer dan selang gas dihubungkan pada *line* pipa katup gas. Setelah semuanya terhubung, baik pipa antara katup, pipa antara selang gas dan selang manometer lalu membuat kerangka untuk tempat dudukan alat sistem biogas sederhana yang telah dibuat ini.

Jika semuanya telah selesai dibuat maka porses selanjutnya ialah melakukan pengujian limbah ampas tahu menjadi biogas. Penelitian ini dilakukan 2 kali percobaan agar dapat membandingkan data-data yang terbaik, dan dapat juga untuk memastikan penelitian ini berhasil. Pada penelitian ini menggunakan bahan baku campuran ampas tahu dan air dengan perbandingan 20% : 40%, yang difermentasi selama ± 30 hari didalam digester tanpa udara (*anaerob*). Campuran ampas tahu dengan air tersebut ditambahkan starter (Limbah kotoran burung

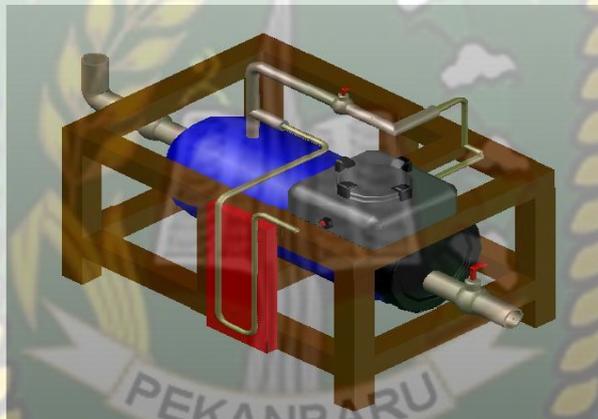
buyuh) untuk mempercepat perkembangan bakteri agar menghasilkan gas *methane* lebih cepat. Selama proses fermentasi, untuk melihat perkembangan gas *methane* yang ada didalam digester, dapat dilihat dari ketinggian air pada manometer. Untuk menghitung tekanan absolute dapat dihitung dari persamaan sebagai berikut : $P_{abs} = P_{atm} + \rho_{H_2O} \cdot g \cdot \Delta h$. Setelah tidak ada perkembangan ketinggian air pada manometer atau konstan, maka pada proses fermentasi tidak adanya gas *methane* yang dihasilkan lagi. Maka gas *methane* tersebut akan dikonversikan ke energi panas menggunakan kompor biogas. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.11 dibawah ini, merupakan gambar rancangan alat sistem biogas sederhana.



Gambar 3.13 Alat Uji Penelitian

3.5 Sistem Biogas

Sistem biogas pada penelitian ini disusun berbagai macam komponen untuk memudahkan suatu proses yang dilakukan, untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Sistem biogas ini merupakan suatu sistem yang dirancang sesuai dengan kebutuhan rumah tangga. Banyak nya ampas tahu yang dibutuhkan dalam penelitian ini sebanyak 13 kg dan air yang dibutuhkan sebanyak 27 liter, proses fermentasi dari bahan baku limbah ampas tahu ini selama 27 hari dengan tekanan biogas yang ada didalam ruang digester sebesar 104062,62 Pa. Dibawah ini merupakan gambar sistem biogas pada penelitian ini.



Gambar 3.14 Sistem Biogas

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

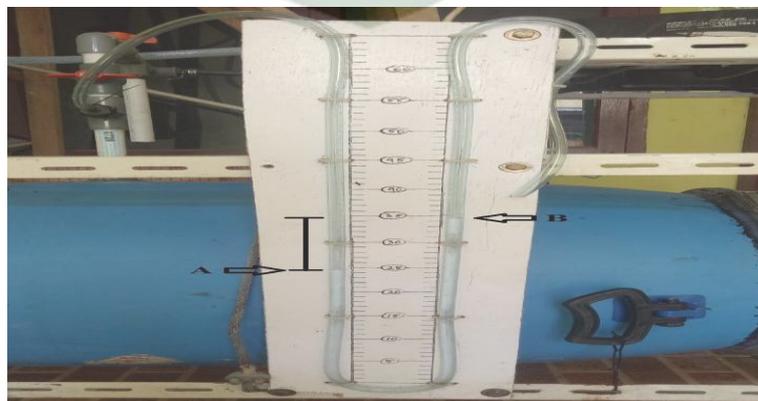
4.1 Data Hasil Penelitian

Untuk mengolah data hasil penelitian, maka diperlukan data-data penunjang yang akan digunakan dalam mengolah data hasil penelitian, data tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 Data-Data Penunjang

No	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
1	Diameter Drum	D	0,44	m
2	Tinggi Drum	h	0,8	m
3	Jari-Jari Drum	r	0,22	m
4	Massa Jenis Air	ρ_a	997	kg/m ³
5	Massa Jenis Starter	ρ_s	950	kg/m ³
6	Gravitasi	g	9,80665	m/s ²
7	Tekanan Atmosfer	P_{atm}	101325	P _a

Pengambilan data eksperimen ini dilakukan dengan cara melihat ketinggian air pada mometer. Pada penelitian ini digunakan alat ukur manometer untuk melihat perkembangan gas atau tekanan gas *methane* yang dihasilkan selama proses fermentasi berlangsung, manometer yang dipakai pada penelitian dapat dilihat pada gambar 4.1 dibawah ini :



Gambar 4.1 Alat Ukur Manometer

Cara menggunakan manometer ini, dapat diukur perbedaan ketinggian dari permukaan air bagian A dan permukaan air bagian B, dengan mengukur perbedaan ketinggian tersebut dapat diperoleh nilai ketinggian air pada manometer, pengukuran terhadap perbedaan ketinggian permukaan air manometer ini dilakukan selama proses fermentasi atau dilakukan pada setiap harinya. Penelitian ini dilakukan 2 kali percobaan agar dapat membandingkan data-data yang terbaik, dan dapat juga untuk memastikan penelitian ini berhasil. Dibawah ini adalah data pada percobaan pertama, maka data hasil penelitian dapat dilihat sebagai berikut :

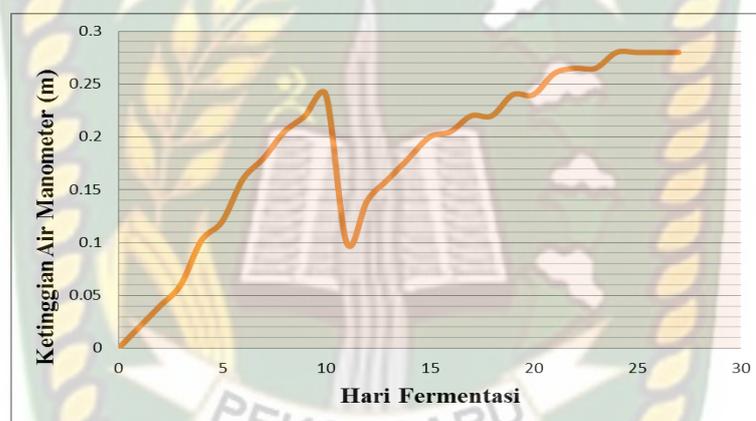
Tabel 4.2 Data Hasil Penelitian

Hari Fermentasi	Ketinggian Air Manometer [cm]	Ketinggian Air Manometer [m]
0	0	0
1	2	0,02
2	4	0,04
3	6	0,06
4	10,2	0,102
5	12	0,12
6	16	0,16
7	18	0,18
8	20,5	0,205
9	22	0,22
10	24	0,24
11	10	0,1
12	14	0,14
13	16	0,16
14	18	0,18
15	20	0,2
16	20,5	0,205
17	22	0,22
18	22	0,22
19	24	0,24
20	24	0,24
21	26	0,26
22	26,5	0,265
23	26,5	0,265
24	28	0,28

25	28	0,28
26	28	0,28
27	28	0,28

4.1.1 Analisa Data Hasil Penelitian Pada Ketinggian Air Manometer

Dengan adanya tabel 4.2 data hasil penelitian, terlihat bahwa proses fermentasi berlangsung selama 27 hari dengan kenaikan air pada manometer sebesar 28 cm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik gambar 4.1 dibawah ini :



Gambar 4.2 Grafik Ketinggian Manometer (m) dengan hari fermentasi

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa, ketinggian air manometer semakin hari semakin meningkat, tetapi pada hari ke-11 gas *methane* yang dihasilkan dikeluarkan ke lingkungan sekitar, karena gas *methane* yang dihasilkan tersebut masih mengandung oksigen. Setelah dikeluarkan gas *methane* tersebut, maka pada hari ke-11 terjadinya penurunan ketinggian air manometer sebesar 10 cm. Pada hari ke-12 hingga hari ke-27 ketinggian air manometer mencapai sebesar 28 cm, dan setelah hari ke-27 ketinggian air manometer tidak terjadi perubahan ketinggian lagi, karena proses fermentasi tidak akan menghasilkan gas *methane* lagi atau maksimalnya proses fermentasi dari limbah ampas tahu tersebut.

4.2 Perhitungan Digester

Perhitungan digester untuk mengetahui kapasitas atau volume digester, volume isi digester, banyaknya bahan baku yang dibutuhkan, banyaknya air yang dibutuhkan, dan banyaknya starter yang dibutuhkan. Maka perhitungan dapat dihitung sebagai berikut ini :

1. Kapasitas Digester

Untuk menghitung kapasitas digester, menggunakan data-data penunjang seperti, diameter drum (D), tinggi drum (h) dan jari-jari drum (r). Maka untuk menghitung kapasitas digester sebagai berikut :

$$V = \pi r^2 \times h \dots\dots\dots(\text{pers. 2.1})$$

Keterangan :

V : Kapasitas Digester (m³)

r² : Jari-Jari Digester (m)

h : Tinggi Digester (m)

Maka :

$$\begin{aligned} V &= \pi r^2 \times h \\ &= \pi \times (0,22 \text{ m})^2 \times (0,8 \text{ m}) \\ &= \pi \times (0,0484) \text{ m}^2 \times (0,8) \text{ m} \\ &= 0,122 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jadi, digester yang digunakan untuk penelitian ini mempunyai volume sebesar 0,122 m³.

2. Kapasitas Isi Digester

Dari hasil volume digester diatas, dapat dihitung kapasitas isi digester dengan perhitungan sebagai berikut :

$$V_1 = V \times 60\% \dots\dots\dots(\text{pers. 2.2})$$

Keterangan :

V_1 : Kapasitas Isi Digester (m^3)

V : Kapasitas Digester (m^3)

Maka :

$$\begin{aligned} V_1 &= V \times 60\% \\ &= (0,122 \text{ m}^3).60\% \\ &= 0,073 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jadi, dengan volume digester $0,122 \text{ m}^3$ didapatkan kapasitas isi digester dalam 60% dari volume digester adalah sebesar $0,073 \text{ m}^3$.

3. Perbandingan kebutuhan Limbah Ampas Tahu, Kebutuhan Air Dan Kebutuhan Starter Yang Akan Dimasukkan Kedalam Digester

Dengan kapasitas isi digester tersebut, dapat dihitung perbandingan kebutuhan limbah ampas tahu, kebutuhan air, dan kebutuhan starter. Maka perhitungannya dapat dihitung sebagai berikut :

a. Perbandingan Kebutuhan Limbah Ampas Tahu

Besarnya kapasitas isi digester, 60% dari volume digester. Dari kapasitas isi digester tersebut, akan dimasukan limbah ampas tahu sebanyak 17,5% limbah ampas tahu. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$V_l = n_1 \times V_1 \dots\dots\dots(\text{pers. 2.3})$$

Keterangan :

V_l : Jumlah Limbah Ampas Tahu (m^3)

n_1 : Perbandingan Bahan Organik

V_1 : Kapasitas Digester (m^3)

Maka :

$$\begin{aligned} V_l &= n_1 \times V_1 \\ &= 17,5\% \times (0,073 \text{ m}^3) \\ &= 0,01277 \text{ m}^3 = 0,013 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jadi, dengan kapasitas isi digester 0,073 akan dimasukkan kebutuhan limbah ampas tahu 17,5% dari kapasitas isi digester adalah sebesar 0,013 m^3 .

b. Perbandingan Kebutuhan Air

Nilai dari kapasitas isi digester, 60% dari volume digester. Dari kapasitas isi digester tersebut, akan dimasukan air sebanyak 37,5%. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$V_a = n_2 \times V_1 \dots\dots\dots(\text{pers. 2.4})$$

Keterangan :

V_a : Jumlah Air (m^3)

n_2 : Perbandingan Air

V_1 : Kapasitas Digester (m^3)

Maka :

$$\begin{aligned} V_a &= n_2 \times V_1 \\ &= 37,5\% \times (0,073 \text{ m}^3) \\ &= 0,02736 \text{ m}^3 = 0,0274 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jadi, dengan kapasitas isi digester 0,073 akan dimasukkan kebutuhan air 37,5% dari kapasitas isi digester adalah sebesar 0,0274 m^3 .

c. Perbandingan Kebutuhan Starter

Nilai dari kapasitas isi digester, 60% dari volume digester. Dari kapasitas isi digester tersebut, akan dimasukan starter sebanyak 5%. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$V_s = n_3 \times V_1 \dots\dots\dots(\text{pers. 2.5})$$

Keterangan :

V_s : Jumlah Air (m^3)

N_3 : Perbandingan Air

V_1 : Kapasitas Digester (m^3)

Maka :

$$\begin{aligned} V_s &= n_3 \times V_1 \\ &= 5\% \times (0,073 \text{ m}^3) \\ &= 0,00365 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jadi, dengan kapasitas isi digester 0,073 akan dimasukkan kebutuhan starter 5% dari kapasitas isi digester adalah sebesar $0,00365 \text{ m}^3$.

4. Jumlah Banyaknya Limbah Ampas Tahu, Jumlah Air, Dan Jumlah Starter Yang Akan Dimasukan Kedalam Digester

Setelah dilakukannya perhitungan perbandingan kebutuhan limbah ampas tahu, kebutuhan air dan kebutuhan starter, maka dapat dilakukan perhitungan untuk menghitung jumlah banyaknya limbah ampas tahu, jumlah air, dan jumlah starter yang akan dimasukkan kedalam digester. Maka perhitungannya dapat dihitung sebagai berikut :

a. Jumlah Banyaknya Limbah Ampas Tahu

Dalam menghitung jumlah banyaknya limbah ampas tahu, sebaiknya menghitung massa jenis dari limbah ampas tahu tersebut. Maka perhitungan massa jenis limbah ampas tahu sebagai berikut :

$$\rho = m / v \dots\dots\dots(\text{pers. 2.6})$$

Keterangan :

P : Massa Jenis Limbah Ampas Tahu (kg/m^3)

m : Massa (kg)

v : Volume Limbah (m^3)

Maka :

$$\begin{aligned} \rho_l &= m / v \\ &= (1 \text{ kg}) \times (0,001 \text{ m}^3) \\ &= 1000 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Maka perhitungan jumlah banyaknya limbah ampas tahu adalah sebagai berikut :

$$M_l = \rho \times V_o \dots\dots\dots(\text{pers. 2.7})$$

Keterangan :

M_l : Massa Limbah (kg)

ρ : Massa Jenis Limbah (kg/m^3)

V_l : Jumlah Limbah (m^3)

Maka :

$$\begin{aligned} M_l &= \rho_l \times V_l \\ &= (1000 \text{ kg/m}^3) \times (0,01277 \text{ m}^3) \\ &= 12.77 \text{ kg} = 13 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi, jumlah banyaknya limbah ampas tahu yang akan dimasukkan kedalam digester sebanyak 13 kg.

b. Jumlah Banyaknya Air

Dalam menghitung jumlah banyaknya air yang dibutuhkan, telah ditetapkannya massa jenis air yang sebesar 970 kg/m^3 . Maka perhitungan jumlah banyaknya air adalah sebagai berikut :

$$M_a = \rho \times V_a \dots\dots\dots(\text{pers. 2.8})$$

Keterangan :

M_a : Massa Air (kg)

ρ : Massa Jenis Air (kg/m^3)

V_a : Jumlah Air (m^3)

Maka :

$$\begin{aligned} M_a &= \rho_a \times V_a \\ &= (970 \text{ kg/m}^3) \times (0,02736) \\ &= 27,27 \text{ kg} = 27 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi, jumlah banyaknya air yang akan dimasukkan kedalam digester sebanyak 27 kg.

c. Jumlah Banyaknya Starter

Dalam menghitung jumlah banyaknya starter yang dibutuhkan, telah ditetapkannya massa jenis starter yang sebesar 950 kg/m^3 . Maka perhitungan jumlah banyaknya air adalah sebagai berikut :

$$M_s = \rho \times V_s \dots\dots\dots(\text{pers. 2.9})$$

Keterangan :

M_s : Massa Air (kg)

ρ : Massa Jenis Air (kg/m^3)

V_s : Jumlah Air (m^3)

Maka :

$$\begin{aligned} M_s &= \rho_s \times V_s \\ &= (950 \text{ kg/m}^3) \times (0,0365 \text{ m}^3) \\ &= 3,47 \text{ kg} = 3,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi, jumlah banyaknya starter yang akan dimasukkan kedalam digester sebanyak 3,5 kg.

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Data Digester

No	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
1	Volume Digester	V	0,122	m^3
2	Kapasitas Isi Digester	V_l	0,073	m^3
3	Perbandingan Limbah	V_l	0,01277	m^3
4	Perbandingan Air	V_a	0,02736	m^3
5	Perbandingan Starter	V_s	0,00365	m^3
6	Banyaknya Limbah	M_l	13	kg
7	Banyaknya Air	M_a	27	l
8	Banyaknya Starter	M_s	3,5	kg

4.3 Perhitungan Biogas

Perhitungan biogas untuk mengetahui volume ruang gas, tekanan biogas, volume perkembangan biogas, volume gas digester, dan potensi biogas. Maka perhitungannya dapat dihitung sebagai berikut ini :

4.3.1 Volume Ruang Biogas

Dari hasil volume digester diatas, dapat dihitung volume ruang biogas dengan perhitungan sebagai berikut :

$$V_{rg} = V \times 40\% \dots\dots\dots(\text{pers. 2.10})$$

Keterangan :

V_{rg} : Volume Ruang Gas (m^3)

V : Volume Digester (m^3)

Maka :

$$\begin{aligned} V_{rg} &= V \times 40\% \\ &= (0,122 \text{ m}^3) \times 40\% \\ &= 0,0486323 \text{ m}^3 = 0,0487 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jadi, dengan volume digester $0,122 \text{ m}^3$ didapatkan kapasitas isi digester dalam 40% dari volume digester adalah sebesar $0,0487 \text{ m}^3$.

4.3.2 Tekanan Biogas

Selama proses fermentasi berlangsung, terjadinya kenaikan permukaan air pada manometer. Dari kenaikan permukaan air manometer tersebut, maka dapat dilakukan pengolahan data terhadap nilai dari kenaikan air manometer untuk menghitung nilai tekanan biogas pada setiap harinya. Jadi perhitungannya dapat dihitung sebagai berikut :

$$P_{abs} = P_{atm} + \rho_{H_2O} \cdot g \cdot \Delta h \dots\dots\dots(\text{pers. 2.14})$$

Keterangan :

P_{abs} : Tekanan absolut (N/m^2)

ρ_{H_2O} : 997 kg/m^3

g : Percepatan gravitasi ($9,80665 \text{ m/s}^2$)

Δh : Perbedaan ketinggian kolom zat cair yang digunakan (m)

1 atm : 101325 N/m^2

Maka :

$$\begin{aligned}
 P_{abs} &= P_{atm} + \rho_{H_2O} \cdot g \cdot \Delta h \\
 &= (101325 \text{ N/m}^2) + (997 \text{ Kg/m}^3) \times (9,80665 \text{ m/s}^2) \times (0,02 \text{ m}) \\
 &= (101325 \text{ N/m}^2) + (195,5 \text{ Kg/m} \cdot \text{s}^2) \\
 &= 101520,5446 \text{ N/m}^2
 \end{aligned}$$

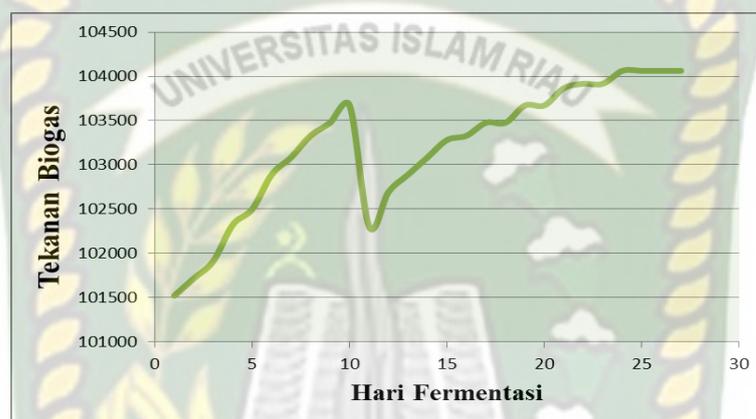
Untuk menghitung tekanan biogas pada setiap harinya, dapat dilakukan perhitungan yang telah dilakukan seperti diatas. Maka, hasil dalam perhitungan tekanan biogas pada setiap harinya dapat dilihat pada tabel 4.4 dibawah ini :

Tabel 4.4 Tekanan Biogas Per Hari

Hari ke-	Tekanan (Pascal)	Hari ke-	Tekanan (Pascal)	Hari ke-	Tekanan (Pascal)
1	101520,5446	12	102693,81	23	103915,97
2	101716	13	102889,36	24	104062,62
3	101911,63	14	103084,90	25	104062,62
4	102322,28	15	103280,45	26	104062,62
5	102498,27	16	103329,33	27	104062,62
6	102889,36	17	103475,99		
7	103084,90	18	103475,99		
8	103329,33	19	103671,54		
9	103475,99	20	103671,54		
10	103671,54	21	103867,08		
11	102302,72	22	103915,97		

4.3.2.1 Analisa Hasil Perhitungan Tekanan Biogas

Setelah dilakukan perhitungan tekanan biogas, dapat dilihat bahwa semakin hari tekanan biogas semakin meningkat, tetapi pada hari ke-11 tekanan biogas menurun drastis dikarenakan gas *methane* yang dihasilkan dikeluarkan ke lingkungan sekitar, maka terjadilah penurunan tekanan biogas. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar grafik tekanan biogas dan hari fermentasi dibawah ini :



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Tekanan Biogas Dan Hari Fermentasi

Dapat dilihat pada gambar 4.2 diatas, pada hari ke-10 adalah nilai tekanan terbesar dibandingkan dengan hari sebelumnya, pada hari ke-11 terjadi penurunan tekanan biogas dan gas *methane* yang dihasilkan dikeluarkan ke lingkungan sekitar dikarenakan gas *methane* yang dihasilkan tersebut masih mengandung oksigen. Gas *methane* yang mengandung oksigen tersebut dapat menghambat jalannya proses fermentasi sehingga bakteri-bakteri yang ada didalam digester tidak dapat menghasilkan gas *methane* dan gas *methane* yang masih mengandung oksigen tersebut tidak bagus untuk dibakar.

Setelah dikeluarkannya gas *methane*, pada hari ke-12 sampai hari ke-27 terjadinya kenaikan tekanan biogas, tekanan biogas tertinggi pada hari ke 24 dengan nilai tekanan biogas sebesar 104062,62 Pa dan dari hari ke-24 sampai hari ke-27 tekanan biogas tidak ada perubahan, dikarenakan maksimal nya proses fermentasi pada bahan baku limbah ampas tahu.

4.3.3 Volume Perkembangan Biogas

Setelah mendapatkan hasil perhitungan tekanan biogas, maka dapat dihitung volume perkembangan biogas perharinya. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$V_g = (P_1/P_2) \times V_{rg} \dots\dots\dots(\text{pers. 2.11})$$

Keterangan :

V_g : Volume perkembangan gas (m^3)

P_1 : Tekanan Digester Awal (N/m^2)

P_2 : Tekanan Digester Akhir (N/m^2)

V_{rg} : Volume Ruang Gas (m^3)

Maka :

$$\begin{aligned} V_g &= (P_1/P_2) \times V_{rg} \\ &= (101325 \text{ Pa} / 101520,5 \text{ Pa}) \times 0,0486323 \text{ m}^3 \\ &= 0,9980738 \times 0,0486323 \text{ m}^3 \\ &= 0,0485386 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

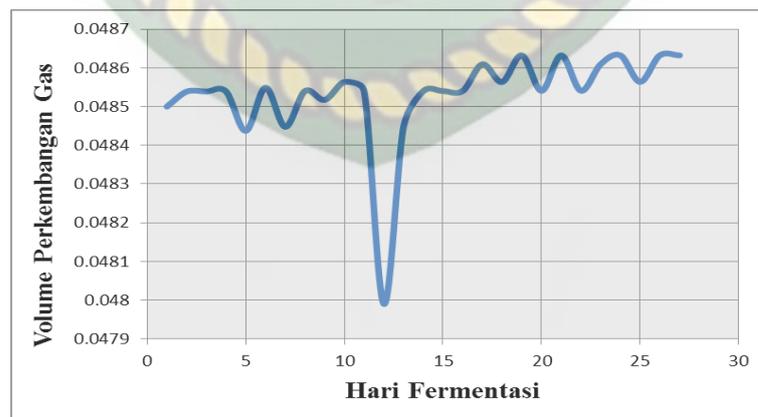
Untuk menghitung volume perkembangan biogas pada setiap harinya, dapat dilakukan perhitungan yang telah dilakukan seperti diatas. Maka, hasil dalam perhitungan volume perkembangan biogas pada setiap harinya dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini :

Tabel 4.5 Volume Perkembangan Biogas Perhari

Hari ke-	Volume Perkembangan Biogas (m ³)	Hari ke-	Volume Perkembangan Biogas (m ³)
1	0,0485386	15	0,0485402
2	0,0485388	16	0,0486093
3	0,0485390	17	0,0485634
4	0,0484371	18	0,0486323
5	0,0485488	19	0,0485406
6	0,0484475	20	0,0486323
7	0,0485401	21	0,0485408
8	0,0485173	22	0,0486094
9	0,0485634	23	0,0486323
10	0,0485406	24	0,0485638
11	0,0479902	25	0,0486323
12	0,0484471	26	0,0486323
13	0,0485399	27	0,0486323
14	0,0485401		

4.3.3.1 Analisa Hasil Perhitungan Volume Perkembangan Biogas

Setelah dilakukan perhitungan volume perkembangan biogas, dapat dilihat bahwa nilai volume perkembangan biogas mengalami naik turun, karena perkembangan biogas dapat dipengaruhi dari beberapa faktor. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada grafik volume perkembangan biogas dibawah ini :



Gambar 4.4 Grafik Volume Perkembangan Biogas Dan Hari Fermentasi

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa volume perkembangan biogas sangat fluktuatif, hal ini disebabkan bakteri-bakteri penghasil biogas bekerja secara tidak optimal, dan pada hari ke-11 terjadinya penurunan volume perkembangan biogas, hal ini disebabkan bahwa gas *methane* yang dihasilkan masih mengandung oksigen, oleh sebab itu gas *methane* yang dihasilkan pun dikeluarkan ke lingkungan sekitar.

4.3.4 Volume Biogas Pada Digester

Setelah mendapatkan hasil perhitungan volume perkembangan biogas, maka dapat dihitung volume biogas yang ada didalam digester pada setiap harinya. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$V_{gd} = V_{g1} + V_{g2} \dots\dots\dots \text{(pers. 2.12)}$$

Keterangan :

V_{gd} : Volume Gas Digester (m^3)

V_{g1} : Volume Perkembangan Gas Digester Awal (m^3)

V_{g2} : Volume Perkembangan Gas Digester Akhir (m^3)

Maka :

$$\begin{aligned} V_{gd} &= V_{g1} + V_{g2} \\ &= (0 \text{ m}^3) + (0,0485386 \text{ m}^3) \\ &= 0,0485386 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Untuk menghitung volume gas digester pada setiap harinya, dapat dilakukan perhitungan yang telah dilakukan seperti diatas. Maka, hasil dalam perhitungan volume gas digester pada setiap harinya dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini :

Tabel 4.6 Volume Biogas Pada Digester Perhari

Hari ke-	Volume Gas Digester (m ³)	Hari ke-	Volume Gas Digester (m ³)
1	0,0485386	15	0,7272688
2	0,0970775	16	0,7758781
3	0,1456165	17	0,8244415
4	0,1940536	18	0,8730738
5	0,2426024	19	0,9216144
6	0,2910499	20	0,9702467
7	0,3395900	21	1,0187875
8	0,3881073	22	1,0673969
9	0,4366706	23	1,1160292
10	0,4852112	24	1,1645930
11	0,5332014	25	1,2132253
12	0,5816486	26	1,2618576
13	0,6301885	27	1,3104900
14	0,6787285		
Jumlah Total Volume Biogas			1,3104900

4.3.4.1 Analisa Hasil Perhitungan Volume Biogas Pada Digester

Pada tabel 4.6 diatas dapat dilihat bahwa volume biogas pada digester semakin hari nilainya semakin meningkat, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



Gambar 4.5 Grafik Volume Gas Digeser Dan Hari Fermentasi

Pada grafik diatas terlihat bahwa volume gas digester semakin hari semakin meningkat, pada hari ke-24 sampai hari ke-27 volume biogas pada digester tidak lagi mengalami kenaikan, dikarenakan bakteri penghasil biogas tidak bekerja lagi atau maksimalnya proses fermentasi dari limbah ampas tahu. Volume biogas yang dihasilkan selama 27 hari adalah sebesar 1,3104900 m³.

Gas *methane* yang telah dihasilkan tersebut dilakukan pengukuran kandungan (Oksigen, Sulfur, Karbondioksida dan lain-lain) yang ada didalam gas *methane* dengan menggunakan alat ukur gas *analyzer*. Berikut ini tabel hasil pengukuran kandungan tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 4.7 Data Hasil Pengukuran Kandungan Biogas

No	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
1	Oksigen	O ₂	20,5	%
2	Karbon Monoksida	CO	0	mg/m ³
3	Karbon Dioksida	CO ₂	0,3	%
4	Nitrogen Monoksida	NO	1	mg/m ³
5	Nitrogen Oksida	NO _x	2	mg/m ³
6	Sulfur Dioksida	SO ₂	0	mg/m ³
7	Temperatur <i>Flue</i>	T _f	31,5	°C
8	Temperatur Air	T _A	29,8	°C

4.3.5 Potensi Biogas

Pada penelitian ini menggunakan limbah ampas tahu sebanyak 13 kg, dengan waktu retensi yang dibutuhkan adalah 27 hari dan dapat menghasilkan gas *methane* sebanyak 1,36 m³. Untuk mendapatkan potensi biogas dapat dihitung sebagai berikut ini :

$$Pg = Vgd / Mk \dots\dots\dots (\text{pers. 2.13})$$

Keterangan :

Pg : Potensi Biogas Yang dihasilkan (m^3/kg)

Vgd : Volume Gas Digester (m^3)

Mk : Massa Limbah (kg)

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Pg 1} &= \text{Vgd} / \text{Mk} \\ &= (1,3104900 \text{ m}^3) / (13 \text{ kg}) \\ &= 0,10081 \text{ m}^3/\text{kg} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas ini, dari 1 kg menggunakan bahan baku limbah ampas tahu dapat menghasilkan potensi biogas sebanyak $0,10081 \text{ m}^3/\text{kg}$. Penelitian ini dianggap sudah berhasil karena nilai potensi biogas limbah ampas tahu ini sudah mendekati nilai potensi biogas kotoran ayam/unggas sekitar $0,065\text{-}0,116 \text{ m}^3/\text{kg}$ atau dapat dilihat pada tabel 2.1 potensi biogas.

4.4 Analisa Karakteristik Nyala Api

Pada penelitian ini mendapatkan waktu retensi dari limbah ampas tahu selama 27 hari yang menghasilkan volume biogas sebesar $1,3104900 \text{ m}^3$, dan setelah itu dilakukan pengujian terhadap gas *methane* yang dihasilkan dengan melakukan uji nyala api pada kompor biogas, kompor dapat menyala selama 20 menit 37 detik. Hasil uji nyala api pada kompor menggunakan gas *methane* yang dihasilkan selama proses fermentasi bahan baku limbah ampas tahu menghasilkan api yang berwarna biru, dan ada sedikit api yang menimbulkan warna oranye. Nyala api berwarna oranye tersebut memperlihatkan bahwa gas *methane* yang dihasilkan masih terdapat kandungan air dengan persentase yang kecil. Hasil pengujian nyala api pada kompor biogas dapat dilihat pada gambar 4.6 dibawah ini :



Gambar 4.6 Pengujian Nyala Api Pada Kompor

4.5 Analisa Sistem Biogas Skala Rumah Tangga

Sistem biogas skala rumah tangga ini memiliki prinsip pengisian bahan baku dilakukan sekali pengisian yang sesuai dengan kapasitas isi digester, kemudian bahan baku difermentasi sehingga menghasilkan gas *methane* dan gas *methane* yang dihasilkan tersebut dapat digunakan pada kompor. Setelah itu bahan baku yang telah difermentasi dan tidak menghasilkan gas *methane* lagi dikeluarkan lalu diisi dengan bahan baku limbah ampas tahu yang baru.

Sistem biogas pada penelitian ini mempunyai desain alat yang tidak bisa menggunakan proses pengisiannya secara kontinu, karena desain digester ini mempunyai tempat penyimpanan bahan baku dan gas *methane* yang dihasilkan dengan tempat yang sama. Jika proses pengisian bahan baku dilakukan secara kontinu, maka gas *methane* yang dihasilkan akan ikut terbuang saat dilakukan pembuangan isi digester.

4.6 Analisa Perbandingan Biogas Yang Dihasilkan Pada Kotoran Burung Puyuh Dan Limbah Ampas Tahu

Pada penelitian yang dilakukan M. Cendikia, 2019, meneliti sistem biogas skala rumah tangga menggunakan bahan baku kotoran burung puyuh. Pada penelitian tersebut didapatkan waktu retensi \pm 50 hari dengan ketinggian air manometer sebesar 36,4 cm, volume biogas yang didapatkan ialah sebesar 1,82 m³ dan gas *methane* yang dihasilkan dapat digunakan pada kompor biogas selama 96 menit (Muhammad Cendikia, 2019).

Sedangkan pada penelitian ini, menggunakan bahan baku limbah ampas tahu. Pada penelitian ini didapatkan waktu retensi selama 27 hari dengan ketinggian air manometer sebesar 27 cm, volume biogas yang didapatkan ialah sebesar 1,3104900 m³ dan gas *methane* yang dihasilkan dapat digunakan pada kompor biogas selama 20 menit 37 detik.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini menggunakan digester dari fiber glass, yang mempunyai prinsip pengisiannya hanya dilakukan sekali pengisian. Digester pada penelitian ini memiliki 60% ruang untuk menyimpan campuran bahan baku dan air, dan 40 % untuk menyimpan gas *methane* yang dihasilkan pada proses fermentasi. Pada penelitian ini menggunakan bahan baku dari limbah ampas tahu. Digester pada penelitian ini berkapasitas 0,122 m³, memiliki ruang untuk menyimpan gas *methane* yang dihasilkan sebesar 0,0487 m³, kapasitas bahan baku yang dimasukkan kedalam digester sebanyak 0,073 m³, perbandingan bahan baku limbah ampas tahu dan air adalah 1 : 2, bahan baku limbah ampas tahu yang akan dimasukkan kedalam digester sebanyak 13 kg, air yang akan dimasukkan kedalam digester sebanyak 27 liter, dan starter (kotoran burung puyuh) yang akan dimasukkan kedalam digester sebanyak 3,5 kg.

Lama waktu retensi dari bahan baku limbah ampas tahu pada penelitian ini selama 27 hari. Perubahan ketinggian air manometer tertinggi pada hari ke-2 dan hari ke-12, perubahan ketinggian air manometer tersebut sebesar 4 cm dari hari sebelumnya. Ketinggian total air manometer selama 27 hari sebesar 28 cm. Tekanan biogas yang dihasilkan selama 27 hari sebesar 104062,62 N/m², volume perkembangan biogas yang tertinggi pada hari ke-18 dan hari ke-23 sebesar 0,0486323 m³, dan jumlah volume biogas yang dihasilkan selama 27 hari sebesar 1,31 m³. Gas *methane* yang dihasilkan selama fermentasi dapat digunakan pada kompor selama 20 menit 37 detik, dengan warna api biru sedikit kemerahan yang menandakan gas *methane* yang dihasilkan tersebut masih mengandung air dengan persentase yang kecil.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disarankan bahwa sistem biogas sebaiknya dirancang dengan sistem yang lebih bagus agar tidak terjadi kendala kebocoran saat melakukan percobaan, dan sebaiknya sistem biogas ini dilengkapi dengan alat ukur temperatur digester dan alat ukur temperatur lingkungan dengan tujuan untuk menganalisa pengaruh temperatur terhadap gas *methane* yang dihasilkan.



DAFTAR PUSTAKA

- Agusman Delvis, Buono Ario Kilat, Rifky (2017), *Pengaruh Starter Ragi dalam Proses Pembentukan Biogas Limbah Buah*, Jakarta, Jurnal Seminar Nasional TEKNOKA, Vol 02, 2017, ISSN 2502-8782
- Cengel .A. Yunus dan Michael .A. Boles (1989). *Thermodynamics An Engineering Approach*. New York : Mc Graw Hill Book
- Coniwanti Pamalia, Anthon Herlanto (2009), *Pembuatan Biogas Dari Ampas Tahu*, Jurnal Teknik Kimia, Vol. 16, Universitas Sriwijaya
- Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan Dan Konservasi Energi, 2013, Kebijakan Bioenergi Di Indonesia.
- Fadhila M. Cendekia (2019), *Sistem Biogas Sebagai Energi Terbarukan Skala Rumah Tangga Dengan Memanfaatkan Limbah Kotoran Burung Puyuh*, Pekanbaru, Jurnal *Renewable Energy & Mechanics (REM)*, Vol 02, 2019, ISSN 2614-8315
- Pertiwiningrum Ambar (2016), *Instalasi Biogas*, Cetakan Pertama, Yogyakarta, CV. Kolom Cetak
- Rahayu. Ade Sri (2015) *Konversi POME Menjadi Biogas*, Buku Panduan, Jakarta Selatan, Winrock International
- Ridhuan Kemas (2016), *Pengolahan Limbah Cair Tahu Sebagai Energi Alternatif Biogas Yang Ramah Lingkungan*, Jurnal Teknik Mesin, Universitas Muh. Metro
- Sani, Elly Yuniarti (2006) *Pengolahan Air Limbah Tahu Menggunakan Reaktor Anaerob Bersekat Dan Aerob*, Semarang, Tesis Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro
- Santoso. Anugrah Adi (2010) *Produksi Biogas Dari Limbah Rumah Makan Melalui Peningkatan Suhu Dan Penambahan Urea Pada Perombakan Anaerob*, Skripsi Sain, Universitas Sebelas Maret
- Setyowati, Nanik (2019), *Identifikasi Jenis Dan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun Rumah Tangga : Studi Kasus Kelurahan Pasar Tais Kecamatan*

Seluma, Bengkulu, Jurnal Penelitian Sumberdaya Alam Dan Lingkungan, Vol. 8 No.2, ISSN 2302-6715

Subekti Sri (2011), *Pengolahan Limbah Cair Tahu Menjadi Biogas Sebagai Bahan Bakar Alternatif*, Jurnal Teknik Lingkungan, Universitas Pandjajaran, ISBN. 978-602-99334-0-6

Suyitno, Sujono Agus, Dharmanto (2010), *Teknologi Biogas*, Cetakan Pertama, Yogyakarta

Wahyuni Sri. (2017), *Biogas Hemat Energi Pengganti Listrik, BBM, dan Gas Rumah Tangga*, Cetakan Pertama, Jakarta, PT. Agro Media Pustaka

