

**PRODUKSI DAN KARAKTERISTIK BIOGAS DARI BAHAN BAKU KOL
BAYAM DAN KANGKUNG DALAM BIODIGESTER ANAEROB**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Mesin Universitas Islam Riau**



Oleh :

DANIEL ANSHELMUS
143310705

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2021

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

PRODUKSI DAN KARAKTERISTIK BIOGAS DARI BAHAN BAKU KOL, BAYAM DAN KANGKUNG DALAM BIODIGESTER ANAEROB

Disusun Oleh :

DANIEL ANSHELMUS

14.331.0705

Disetujui Oleh :

EDDY ELFIANO, S.T., M.Eng
Dosen Pembimbing

Tanggal :

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PRODUKSI DAN KARAKTERISTIK BIOGAS DARI BAHAN BAKU
KOL, BAYAM DAN KANGKUNG DALAM
BIODIGESTER ANAEROB**

Disusun Oleh :

DANIEL ANSHELMUS

14.331.0705

Disahkan Oleh :

MENGETAHUI

PEMBIMBING

Ketua Prodi Teknik Mesin

JHONNI RAHMAN, B.Eng., M.Eng., Ph.D
NIDN : 1009038504

EDDY ELFIANO, S.T., M.Eng
NIDN : 1025057501

PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : Daniel Anshelmus

NPM : 14.331.0705

PROGRAM STUDI : TEKNIK MESIN

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penelitian yang saya lakukan untuk Tugas Akhir dengan judul “Produksi Dan Karakteristik Biogas Dari Bahan Baku Kol, Bayam Dan Kangkung Dalam Biodigester Anaerob” yang diajukan guna melengkapi syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Islam Riau adalah merupakan hasil penelitian dan karya ilmiah saya sendiri dengan bantuan dosen pembimbing dan bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tugas akhir yang telah dipublikasikan atau pernah digunakan untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas Islam Riau (UIR) maupun Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali pada bagian sumber informasinya telah dicantumkan sebagaimana mestinya.

Apabila di kemudian hari ada yang merasa dirugikan dan atau menuntut karena penelitian ini menggunakan sebagian hasil tulisan atau karya orang lain tanpa mencantumkan nama penulis yang bersangkutan, atau terbukti karya ilmiah ini **bukan** karya saya sendiri atau **plagiat** hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Pekanbaru, 07 Agustus 2021



Daniel Anshelmus

14.331.0705

Kata Pengantar

Puji syukur atas Berkat Tuhan Yang Maha Kuasa sehingga penulis menyelesaikan Tugas Sarjana ini yang berjudul **“Produksi dan Karakteristik Biogas dari Bahan Baku Kol Bayam dan Kangkung dalam Biodigester Anaerob”** Dalam menyelesaikan Tugas ini penulis telah banyak dibantu oleh dosen dan teman-teman mahasiswa oleh sebab itu penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada semua yang telah membantu dan membimbing dalam menyelesaikan Tugas Sarjana ini. Oleh karena itu penulis berterima kasih kepada:

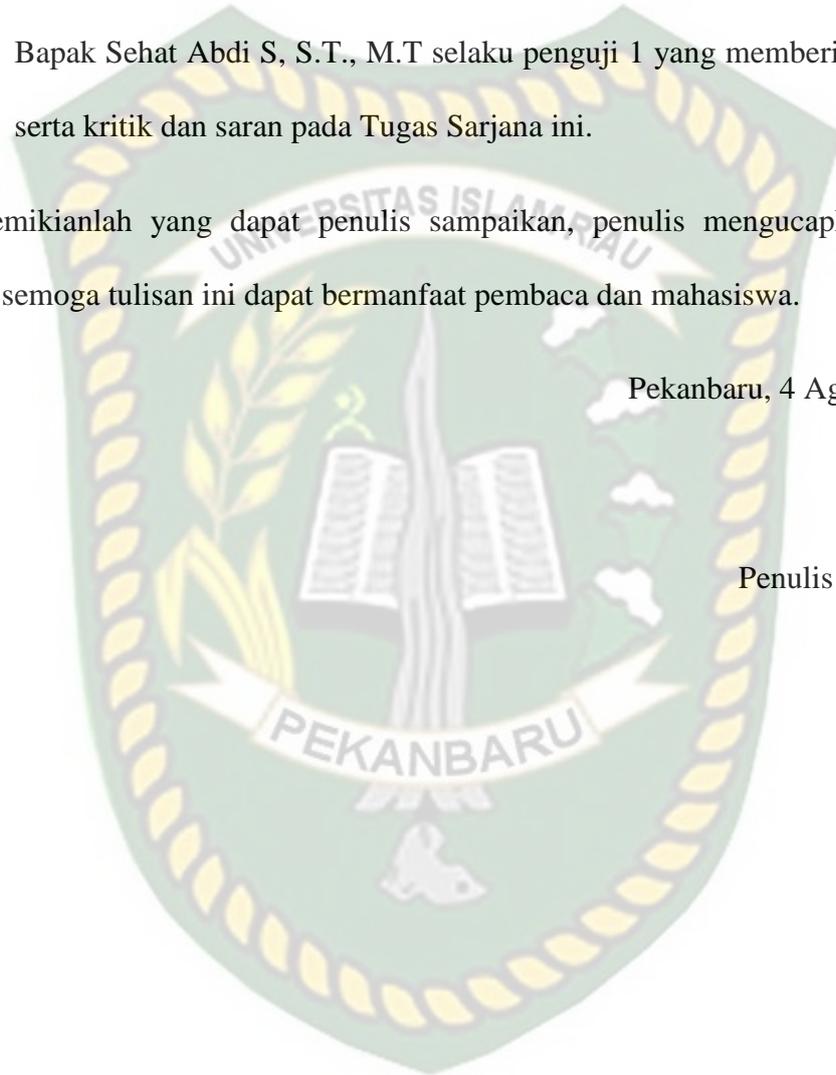
1. Bapak Eddy Elfiano S.T., M.Eng selaku Penasehat Akademik sekaligus Pembimbing pada Tugas Sarjana ini. Serta menjadi dosen yang mengajar mata kuliah pilihan “Biogas dan Biomassa” dimana mata kuliah tersebut adalah dasar awal pemahaman saya tentang energi biogas. Beliau adalah dosen yang memotivasi, membimbing dan mengajari saya banyak hal selama kuliah.
2. Tasneem Abbasi, S.M. Tauseef dan S.A. Abbasi, penulis dari Buku *Biogas Energy* dimana berkat buku tersebut penulis dapat memahami dengan baik mengenai energi biogas.
3. Almarhum Bapak Ir. Syawaladi, M.Sc selaku mantan Ketua Program Study Teknik Mesin Universitas Islam Riau. Beliau merupakan guru yang menginspirasi dan memotivasi penulis sebagai mahasiswa.
4. Bapak Jhonni Rahman, B.Eng., M.Eng., PhD selaku Ketua Program Study Teknik Mesin Universitas Islam Riau.

5. Bapak Rafil Arizona, S.T., M.Eng selaku Sekretaris Program Study Teknik Mesin sekaligus penguji 2 yang memberikan arahan, saran dan bimbingan kepada saya dalam melaksanakan Tugas Sarjana ini.
6. Bapak Sehat Abdi S, S.T., M.T selaku penguji 1 yang memberikan arahan serta kritik dan saran pada Tugas Sarjana ini.

Demikianlah yang dapat penulis sampaikan, penulis mengucapkan terima kasih, semoga tulisan ini dapat bermanfaat pembaca dan mahasiswa.

Pekanbaru, 4 Agustus 2021

Penulis



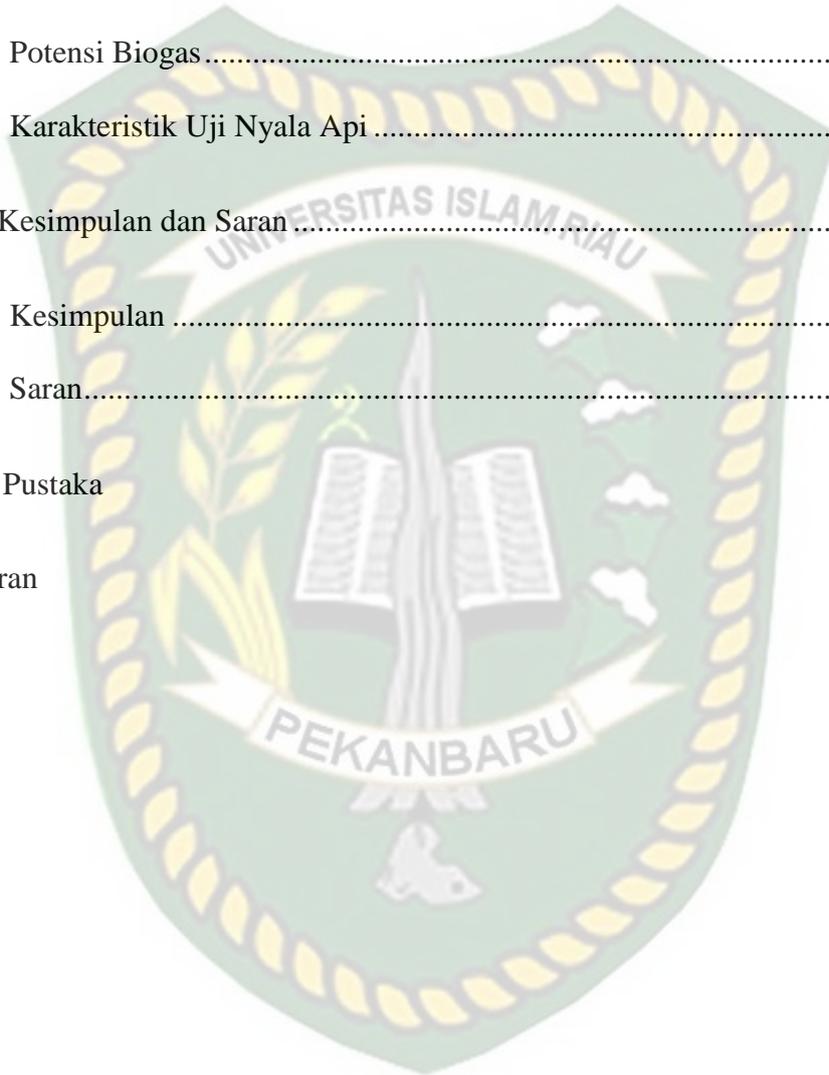
Daftar Isi

Halaman Judul	
Lembar Pengesahan	
Daftar Asistensi	
Kata Pengantar	i
Daftar Isi.....	iii
Daftar Gambar.....	vii
Daftar Tabel	ix
Daftar Notasi.....	x
Abstrak	xii
Bab 1 Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
Bab 2 Tinjauan Pustaka.....	6
2.1 Sejarah Biogas.....	6
2.2 Defenisi Biogas	7

2.3 Tahapan Fermentasi Bahan Organik.....	8
2.4 Kelompok Bakteri Fermentasi Pada Biogas	9
2.5 Faktor Faktor Yang Mempengaruhi Fermentasi Anaerob	11
2.6 Komponen Biodigester.....	15
2.6.1 Komponen Utama	15
2.6.2 Komponen Pendukung.....	16
2.7 Jenis-Jenis Konstruksi Biogas Digester	18
2.7.1 Floating-Dome Biogas Plant.....	18
2.7.2 Fixed-Dome Biogas Plant	19
2.7.3 Balloon Digester.....	21
2.8 Peralatan Instalasi Biogas	22
2.9 Sayuran.....	29
2.8.1 Kool.....	29
2.8.2 Bayam	29
2.8.3 Kangkung	30
2.10 Perhitungan	30
2.10.1 Kebutuhan Isi Digester	30
2.10.2 Massa Jenis Bahan Baku.....	33
2.10.3 Massa Bahan Baku.....	33
2.10.4 Tekanan Manometer	34
2.10.5 Tekanan Pertumbuhan Gas	34
2.10.6 Volume Produksi Gas	35
2.10.7 Potensi Biogas.....	36

2.11	Karakteristik Nyala Api	37
Bab 3	Metodologi Penelitian.....	39
3.1	Tempat Penelitian Biogas	39
3.2	Diagram Alir Penelitian	40
3.3	Studi Literatur	41
3.4	Alat dan Bahan.....	41
3.3.1	Alat.....	41
3.3.2	Bahan.....	49
3.5	Tahapan Penelitian	52
Bab 4	Hasil dan Pembahasan	55
4.1	Variabel Penelitian	55
4.2	Kebutuhan Isi <i>Digester</i>	55
4.2.1	Volume Ruang Gas	55
4.2.2	Volume Mixture	56
4.2.3	Volume Sayuran.....	56
4.2.4	Volume Starter	56
4.2.5	Volume Air.....	57
4.3	Massa Jenis Bahan Baku.....	57
4.4	Massa Bahan Baku.....	59
4.5	Data Hasil Penelitian.....	60
4.6	Analisa Tekanan Biogas.....	62
4.6.1	Tekanan Manometer.....	62

4.6.2 Tekanan Pertumbuhan Gas.....	64
4.6.3 Retention Time.....	66
4.7 Analisa Volume Produksi Gas.....	67
4.8 Potensi Biogas.....	69
4.9 Karakteristik Uji Nyala Api.....	71
Bab 5 Kesimpulan dan Saran.....	73
5.1 Kesimpulan.....	73
5.2 Saran.....	74
Daftar Pustaka	
Lampiran	



Daftar Gambar

Gambar 2.1 Tahapan Reaksi Fermentasi pada Bahan Organik.....	8
Gambar 2.2 A Floating-dome Biogas Digester.....	18
Gambar 2.3 A Type Digester Fixed-Dome.....	20
Gambar 2.4 Design of Balloon Digester.....	21
Gambar 2.5 Digester.....	23
Gambar 2.6 Manometer.....	24
Gambar 2.7 Pipa PVC dan Sambungan.....	25
Gambar 2.8 Katup Gas.....	26
Gambar 2.9 Water Trap.....	27
Gambar 2.10 Selang Gas.....	28
Gambar 2.11 Sayur Kol.....	29
Gambar 2.12 Sayur Bayam.....	29
Gambar 2.13 Sayur Kangkung.....	30
Gambar 2.14 Nyala Api Merah.....	37
Gambar 2.15 Nyala Api Biru.....	38
Gambar 3.1 Tempat Penelitian Biogas.....	39
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.....	40
Gambar 3.3 Digester.....	42
Gambar 3.4 Katup Gas.....	43
Gambar 3.5 Pipa PVC dan Sambungan.....	43
Gambar 3.6 Nepel Angin.....	44
Gambar 3.7 Manometer.....	45
Gambar 3.8 Selang Gas.....	46
Gambar 3.9 Water Trap.....	46
Gambar 3.10 Gelas Ukur.....	47
Gambar 3.11 Timbangan.....	47
Gambar 3.12 Thermometer.....	48

Gambar 3.13 Stopwatch	49
Gambar 3.14 Kompor Biogas	49
Gambar 3.15 Sayur Kol.....	51
Gambar 3.16 Sayur Bayam	51
Gambar 3.17 Sayur Kangkung	51
Gambar 3.18 Desain Autocad Reactor Biogas.....	52
Gambar 3.19 Tampak Belakang Desain 3 Reaktor Biogas.....	53
Gambar 4.1 Grafik Ketinggian Manometer Terhadap Retention Time	61
Gambar 4.2 Grafik Ppg Terhadap Retention Time	64
Gambar 4.3 Grafik Retention Time pada 3 Reaktor Biogas	66
Gambar 4.4 Grafik Volume Biogas Terhadap Bahan Baku.....	68
Gambar 4.5 Karakteristik Nyala Api Biogas	71

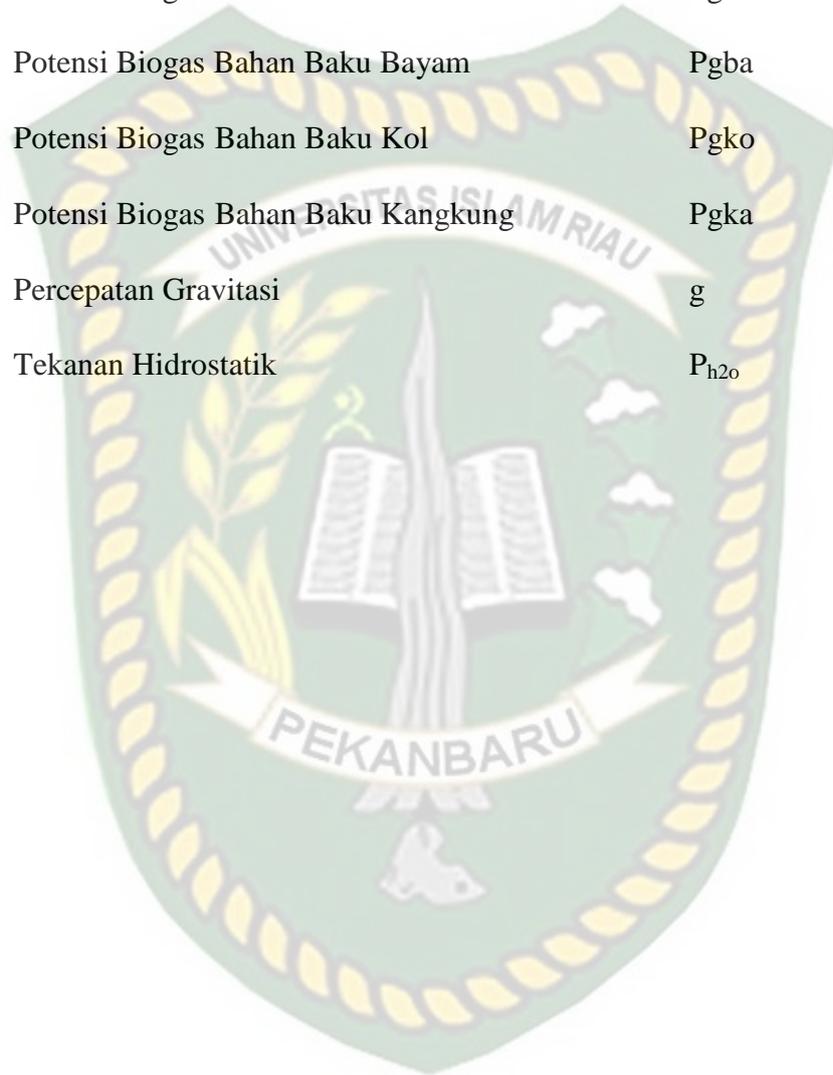
Daftar Tabel

Tabel 2.1 Komposisi Gas pada Biogas	7
Tabel 2.2 Kelompok Bakteri Fermentasi Pada Tiap Tahapan Penguraian	10
Tabel 2.3 Lama Perkembangbiakan Kelompok Bakteri Fermentasi	11
Tabel 2.4 Nilai C/N Ratio Pada Beberapa Material	12
Tabel 2.5 Kelebihan dan Kekurangan pada Konstruksi Floating-Dome	19
Tabel 2.6 Kelebihan dan Kekurangan pada Konstruksi Fixed-Dome.....	20
Tabel 2.7 Kelebihan dan Kekurangan pada Konstruksi Balloon Digester.....	22
Tabel 4.1 Massa Jenis Bahan Baku.....	57
Tabel 4.2 Massa Bahan Baku.....	58
Tabel 4.3 Data Hasil Penelitian Ketinggian Manometer dan Temperatur	60
Tabel 4.4 Tekanan Manometer Pada Masing-Masing Reaktor.....	63
Tabel 4.5 Potensi Biogas.....	68

Daftar Notasi

	Simbol	Satuan
• Volume Digester	V_d	m^3
• Volume Ruang Gas	V_{rg}	m^3
• Volume Mixture	V_{mix}	m^3
• Volume Sayuran	V_s	m^3
• Volume Starter	V_{st}	m^3
• Volume Air	V_a	m^3
• Massa Jenis Bayam	ρ_b	kg/m^3
• Massa Jenis Kol	ρ_{ko}	kg/m^3
• Massa Jenis Kangkung	ρ_{ka}	kg/m^3
• Massa Jenis Starter	ρ_{st}	kg/m^3
• Massa Jenis Air	ρ_{air}	kg/m^3
• Volume Bayam	V_b	m^3
• Volume Kol	V_{ko}	m^3
• Volume Kangkung	V_{ka}	m^3
• Persentase Rasio Sayuran	n_1	
• Persentase Rasio Starter	n_2	
• Persentase Rasio Air	n_3	
• Ketinggian Manometer	H	m
• Tekanan Manometer	P_m	N/m^2
• Tekanan Pertumbuhan Gas	P_{pg}	N/m^2

- Volume Ruang Gas V_{rg} m^3
- Volume Perkembangan Gas V_{pg} m^3
- Potensi Biogas P_g m^3/kg
- Potensi Biogas Bahan Baku Bayam P_{gba} m^3/kg
- Potensi Biogas Bahan Baku Kol P_{gko} m^3/kg
- Potensi Biogas Bahan Baku Kangkung P_{gka} m^3/kg
- Percepatan Gravitasi g m/s^2
- Tekanan Hidrostatik P_{h2o} kg/m^3



**BIOGAS PRODUCTION AND CHARACTERISTICS FROM FROM
CABBAGE, SPINACH AND WATER SPINACH IN ANAEROBIC
BIODIGESTER**

Daniel Anshelmus, Eddy Elfiano

Mechanical Engineering Department Faculty of Engineering

Islamic University of Riau

Kaharuddin Nasution Street No. 113 Pekanbaru, Indonesia (28284)

Telp. 0761-674635 Fax. (0761) 674834

danielanshelmus@gmail.com

ABSTRACT

Each year Indonesia produces approximately 64 million tons of waste. Waste at urban areas in Indonesia contains 50-80% organic and 20-50% anorganic. The use of organic waste at urban areas in Indonesia is still minimal. The minimal use of organic waste makes it buildup and causes a bad smell and becomes a source of human disease. In Indonesia, organic waste is dominated by vegetable waste. Vegetable waste can be used to produce gas fuel energy through the biogas system. This study selected 3 types of vegetables that were popular in Indonesia, it is cabbage, spinach and waterspinach. The purpose of this study was to determine the size of the biogas production and the length of retention time and biogas flame test for each sample. The steps of this research begins with the assembly of 3 biogas reactor, raw materials measurement, making mixture, input mixture, collecting reactor data, and the duration of testing of biogas flame test. This research method uses a manometer water level difference measurement to determine the biogas pressure and gas volume development and a timer to measure the length of retention time and the biogas flame test. This study uses a digester with a capacity of 0.025m³. The raw materials for vegetables, water and the starter of this study were determined by the percentage of 60%, 20%, and 20%. After testing, the size of production volume of cabbage, spinach and waterspinach are obtained these are 0.000583m³, 0.00068m³ and 0.000269m³, respectively. And the retention times for cabbage, spinach and waterspinach are 408 hours, 384 hours, and 480 hours, respectively. and the length of the flame testing on biogas of cabbage, spinach and waterspinach were 58 seconds, 1 minute 14 seconds and 32 seconds, respectively. The characteristic of the flame in biogas produces a reddish blue flame.

Keyword: Biogas, Flame, Gas Production, Retention Time, Waste

PRODUKSI DAN KARAKTERISTIK BIOGAS DARI BAHAN BAKU KOL, BAYAM DAN KANGKUNG DALAM BIODIGESTER ANAEROB

Daniel Anshelmus, Eddy Elfiano

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Islam Riau

Jl. Kaharuddin Nasution No. 113 Pekanbaru, Indonesia (28284)

Telp. 0761-674635 Fax. (0761) 674834

danielanshelmus@gmail.com

ABSTRAK

Setiap tahunnya Indonesia menghasilkan lebih kurang 64 juta ton sampah. Sampah di Indonesia pada daerah perkotaan mengandung 50-80% sampah organik dan 20-50% sampah anorganik. Pemanfaatan sampah organik daerah perkotaan di Indonesia masih minim. Pemanfaatan sampah organik yang minim mengakibatkan penumpukan dan menimbulkan bau busuk serta menjadi sumber sarang penyakit. Pada daerah perkotaan di Indonesia sampah organik didominasi oleh sampah berjenis sayuran. Sampah sayuran dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi bahan bakar gas melalui system biogas. Penelitian ini memilih 3 jenis sayuran yang populer di Indonesia yaitu kol, bayam dan kangkung. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besar produksi biogas serta lama waktu retensi dan lama uji nyala api biogas pada masing-masing sample. Alur penelitian ini diawali pada perakitan 3 alat reaktor biogas, pengukuran bahan baku, pembuatan mixture, input mixture, pengambilan data reaktor, dan pengujian lama nyala api biogas. Metode penelitian ini menggunakan sistem pengukuran ketinggian air manometer untuk mengetahui tekanan biogas dan perkembangan volume gas serta untuk mengukur lama waktu retensi dan lama uji nyala api biogas. Penelitian ini menggunakan digester dengan kapasitas $0,025\text{m}^3$. Bahan baku sayuran, air dan starter penelitian ini ditetapkan dengan persentase 60%, 20%, dan 20%. Setelah dilakukan pengujian diperoleh hasil volume produksi pada kol, bayam dan kangkung berurutan yaitu $0,000583\text{m}^3$, $0,00068\text{m}^3$ dan $0,000269\text{m}^3$. Dan waktu retensi pada kol, bayam dan kangkung masing-masing yaitu 408 jam, 384 jam, dan 480 jam. serta lama pengujian nyala api pada kol, bayam dan kangkung masing-masing adalah 58 detik, 1 menit 14 detik dan 32 detik. Karakteristik nyala api pada biogas menghasilkan nyala api berwarna biru kemerah-merahan.

Kata kunci: Biogas, Nyala Api, Produksi Gas, Sampah, Waktu Retensi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi pada zaman sekarang sudah menjadi kebutuhan pokok dalam kehidupan manusia. Sebab semua aspek kehidupan manusia modern saat ini sudah diisi oleh perangkat perangkat yang menggunakan energi baik energi panas, energi listrik, energi kimia, dll. Ketergantungan terhadap energi tak terbarukan seperti minyak bumi dan batubara dapat menjadi sebuah masalah, sebab dikhawatirkan akan habis sewaktu waktu. Undang Undang Nomor 30 tahun 2007 menyatakan bahwa cadangan sumber daya energi tak terbarukan terbatas, maka perlu adanya kegiatan penganeekaragaman sumber daya energi agar ketersediaan energi terjamin. Salah satu pengembangan yang mendapat perhatian adalah energi baru dan terbarukan, dimana energi tersebut dapat diperbaharui dalam jangka waktu yang singkat, bahkan dapat diperoleh secara kontinue, atau terus menerus.

Industry pada bidang pangan dan perekonomian pasar tradisional menghasilkan sisa sisa bahan organic dengan kuantitas yang cukup tinggi, Sebagian pengolahan sisa sisa bahan organik, ada yang memanfaatkannya sebagai pakan ternak, dan sebagian memanfaatkannya untuk membuat pupuk kompos, lalu sisanya diangkut ke tempat pembuangan akhir dengan jumlah yang sangat besar. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan 2019 menyatakan bahwa Indonesia menghasilkan lebih kurang 64 Juta Ton sampah setiap tahunnya.

(Sahwan, 2010) menyatakan pada umumnya sampah pada daerah perkotaan di Indonesia mengandung 50-80% sampah organik dan 20-50% sampah anorganik. Sampah anorganik di perkotaan lebih memiliki nilai ekonomi seperti plastik kaleng, dan besi yang dimanfaatkan oleh pemulung, sedangkan sampah organik belum dimanfaatkan sehingga langsung dibuang ke TPA dengan jumlah yang sangat besar. Salah satu saran untuk pemerintah dalam pemanfaatan sumber energi tersebut (*organic waste*) adalah dengan membangun reaktor biogas, dan memanfaatkan sisa-sisa sampah organik untuk menghasilkan biogas.

Beberapa faktor dari produksi biogas meliputi kadar rasio karbon dan nitrogen, nilai PH, temperatur, pengadukan, pengenceran dan jenis bahan organik. Rasio pengenceran antara kotoran dengan air memiliki variasi tergantung pada jenis kotoran atau sampah organik yang digunakan. (Adelekan dkk, 1997) melakukan penelitian tentang pengaruh rasio campuran kotoran dan air terhadap tingkat produksi biogas pada kotoran unggas, babi dan sapi, penelitian tersebut menghasilkan tingkat rasio 3:1 pada kotoran unggas dan babi menghasilkan lebih banyak produksi biogas dari pada rasio 2:1 dan 1:1, sedangkan pada kotoran sapi rasio 2:1 lebih menghasilkan banyak biogas.

Indonesia merupakan negara yang memiliki tingkat konsumsi sayuran yang tinggi. Berdasarkan data (Susenas, 2017) menunjukkan jenis sayuran yang paling banyak dikonsumsi di pulau Sumatera adalah kangkung bayam dan daun singkong sedangkan untuk Pulau Sulawesi jenis sayuran yang paling banyak dikonsumsi adalah kol atau kubis. Tingkat konsumsi sayuran di Indonesia akan selaras dengan tingkat produksi sayuran, hal tersebut juga mempengaruhi jumlah sampah organik

berupa sayuran pada pasar tradisional. Dengan dasar ini peneliti mengambil 3 sampel bahan organik sayuran yang populer di Indonesia untuk dilakukan penelitian tentang kuantitas produksi gas yang dihasilkan dan *retention time* pada masing masing sample, serta unjuk kerja kompor biogas masing masing reaktor.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kuantitas produksi biogas pada kol, bayam dan kangkung?
2. Bagaimana waktu retensi yang dibutuhkan pada fermentasi kol, bayam, dan kangkung?
3. Bagaimana karakteristik nyala api kompor biogas pada masing-masing reaktor?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari kegiatan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kuantitas produksi biogas pada kol, bayam dan kangkung.
2. Mengetahui besar waktu retensi yang dibutuhkan pada fermentasi kol, bayam, dan kangkung.
3. Mengetahui karakteristik nyala api kompor biogas pada masing-masing reaktor.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari dilaksanakannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan wawasan dan pengetahuan tentang perbandingan kuantitas produksi biogas pada bahan baku sayur kol, bayam dan kangkung.
2. Mengembangkan system perencanaan terhadap sumber energi khususnya sayuran sebagai sumber bahan baku biogas.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Metode yang diterapkan pada penelitian ini sama seperti system biogas yaitu dengan memenuhi syarat kondisi terjadinya penguraian anaerob.
2. Penelitian menggunakan bahan baku sayuran dan kotoran sapi hanya menerapkan pengujian massa jenis bahan organik tanpa mengikutsertakan aspek kandungan air.
3. Penelitian ini hanya melakukan pengujian nyala api tanpa melakukan pengukuran kandungan gas pada biogas.
4. Persentase komposisi bahan baku antara sayuran, starter dan air pada penelitian ini masing masing adalah 60%,20% dan 20%.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

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

Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi tentang teori dasar biogas serta rumus rumus yang akan digunakan pada penelitian ini.

Bab III Metodologi Penelitian

Bab ini berisi tentang metode ataupun tahapan dalam melakukan penelitian untuk mendapatkan data penelitian yang tepat.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisi perhitungan pengolahan data hasil penelitian. Serta pembahasan topik permasalahan sesuai dengan rumusan masalah yang telah ditentukan.

Bab V Penutup

Bab ini berisi kesimpulan dan saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah Biogas

Biogas ditemukan pada awalnya di benua Eropa. Alessandro Volta melakukan penelitian terhadap gas yang terdapat pada rawa rawa pada tahun 1770. Selanjutnya pada tahun 1776 ia mengaitkan fenomena tersebut dengan proses pembusukan bahan sayuran. William Henry pada tahun 1806 mengidentifikasi gas yang dapat terbakar tersebut sebagai metan. Dalam perkembangannya pada tahun 1875 dipastikan bahwa biogas adalah hasil dari proses fermentasi anaerob. Selanjutnya Seorang ilmuwan bernama Pasteour pada tahun 1884 melakukan penelitian tentang biogas menggunakan media kotoran hewan. Diawal abad ke 19 perkembangan biogas mengalami pasang surut, hal ini disebabkan oleh konflik perang dunia. Namun petani di Inggris dan Benua Eropa lainnya masih memanfaatkan biogas melalui *digester-digester* skala kecil (Budiyanto dkk, 2014).

Pada pertengahan abad ke 19 perkembangan biogas mengalami penurunan hal ini disebabkan semakin murah dan melimpahnya bahan bakar minyak. Sehingga para peneliti lebih tertarik dalam pengembangan serta pemanfaatan bahan bakar minyak. Pada era tahun 1950-an penggunaan serta perkembangan sumber energi biogas mulai ditinggalkan. Pada era sekitar tahun 1990-an mulai timbul ketertarikan dalam pemanfaatan sumber energi biogas. Ditahun 1992 china, sekitar lima juta rumah tangga menggunakan instalasi biogas. Perkembangan yang

serupa juga terjadi di India pada tahun 1900, India sudah memiliki instalasi biogas. India adalah pelopor penggunaan energi biogas di Benua Asia (Budiyanto dkk, 2014). Negara tersebut memiliki lembaga khusus untuk meneliti pemanfaatan limbah kotoran ternak. Data yang diperoleh menyebutkan bahwa pada tahun 1980 India telah memiliki 36.000 instalasi biogas feses sapi sebagai bahan bakar.

2.2 Defenisi Biogas

(Budiyanto dkk, 2014:2) menyatakan bahwa biogas adalah gas yang mudah terbakar (*flamable*) yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri *anaerob* yang berasal dari limbah rumah tangga, kotoran, hewan (sapi, babi, ayam) dan sampah organik. Ketika bahan organik seperti makanan, puing puing tanaman, kotoran hewan, dan limbah organik mengalami penguraian dalam keadaan tidak ada oksigen, biasanya akan menghasilkan gas yang terdiri dari 40-70% metana, dan sebagian besar karbon dioksida dan gas lainnya (Abbasi dkk, 2012). Dalam artian biogas adalah sumber energi berupa gas yang dihasilkan dari bahan organik melalui proses penguraian oleh bakteri *methanogenic*. Proses fermentasi tersebut menghasilkan sebagian besar gas metana dan karbon dioksida, akan tetapi terdapat beberapa jenis gas lainnya dalam persentase yang sangat kecil seperti *Hydrogen* (H₂) dan *Hydrogen Sulfida* (H₂S). Table 2.1 menguraikan komposisi gas yang dihasilkan oleh biogas.

Table 2.1 Komposisi Gas pada Biogas

Komposisi Gas pada Biogas		
<i>Compound</i>	<i>Molecular Formula</i>	<i>Percentage</i>
<i>Methane</i>	CH ⁴	50-75
<i>Carbon Dioxide</i>	CO ²	25-50
<i>Nitrogen</i>	N ²	0-10
<i>Hydrogen</i>	H ²	0-1
<i>Hydrogen Sulphide</i>	H ² S	0-3
<i>Oxygen</i>	O ²	0-0
<i>Water Vapor</i>		0-10
<i>Ammonia</i>	NH ³	0-1
<i>Siloxanes</i>		0-0.00002

Sumber : Akunna, 2019

2.3 Tahapan Fermentasi Bahan Organik

Bahan organik yang terdapat pada anaerob digestion yang memiliki bakteri fermentasi dan akan mengalami proses fermentasi. Fermentasi tersebut membawa pada penguraian organik yang kompleks seperti Gambar 2.1



Gambar 2.1 Tahapan Reaksi Fermentasi pada Bahan Organik

Sumber : Abbasi, dkk. 2019

1. Pada proses **Hydrolysis** makromolekul protein besar, lemak, dan karbohidrat (seperti selulosa dan pati) dipecah menjadi asam amino, asam lemak, dan gula.
2. Selanjutnya pada proses **Acidogenesis**, asam amino asam lemak dan gula mengalami fermentasi untuk membentuk asam lemak yang mudah menguap, terutama lactic (asam laktat), propionic, butyric, dan valeric acid.
3. Selanjutnya melalui proses **Acetogenesis**, bakteri mengkonsumsi produk fermentasi dan menghasilkan asam acetic, karbon dioksida, dan hydrogen.
4. Pada tahap akhir yaitu proses **Methanogenesis** dimana organisme methanogenic mengkonsumsi asam acetic, hydrogen dan sebagian karbon dioksida untuk menghasilkan gas methana.

2.4 Kelompok Bakteri Fermentasi Pada Biogas

Biogas memproduksi gas metana melalui fermentasi yang dilakukan oleh microorganism terhadap bahan organik di dalam sistem tertutup tanpa oksigen (Akunna, 2012). Penguraian tersebut disebut dengan penguraian *anaerob*. *Anaerob* adalah kelompok organisme yang tidak memerlukan oksigen untuk pertumbuhannya, dan akan mati apabila terpapar oleh oksigen. Microorganism yang terdapat pada *anaerobic digestion* adalah bakteri, methanogen dan microorganism lainnya. Methanogen berperan penting sebab menghasilkan gas metana. Tabel 2.3 menunjukkan jenis jenis microorganism pada *anaerob digestion*.

Tabel 2.2 Kelompok Bakteri Fermentasi Pada Tiap Tahapan Penguraian

<i>Stage</i>	<i>Microbial Species</i>
<i>Hydrolysis</i>	<i>Acetovibrio, Bacillus, Butyrivibrio, Clostridium, Eubacterium, Micrococcus, Lactabacillus, Peptococcus, Proteus Vulgaris, Ruminococcus, Staphylococcus, Streptococcus, Etc.</i>
<i>Acidogenesis</i>	<i>Bacillus, Butyrivibrio, Clostridium, Eubacterium, Desulfobacter, Desulfomonas, Desulfovibrio, Lactabacillus, Pelobacter, Pseudomonas, Sarcina, Staphylococcus, Selenomonas, Streptococcus, Veillonella, Etc.</i>
<i>Acetogenesis</i>	<i>Methanobacillus Omelionskii, Clostridium, Syntrophomonas Busweli, Syntrophomonas Wolfei, Syntrophomonas Wolinii, Etc.</i>
<i>Methanogenesis</i>	<i>Acetoclastic Methanogens: Methanosaeta, Methanosarcina,</i>

	<p><i>Etc.</i></p> <p><i>Hydrogenophilic Methanogens: Methanobacterium,</i></p> <p><i>Methanobrevibacter, Methanoplanus, Methanospirillum, Etc.</i></p>
--	---

Sumber : Akunna, 2012

Pada sistem biogas, besar kuantitas *inlet* yang dianjurkan berhubungan dengan jumlah bakteri serta besar ukuran reaktor. Bakteri anaerob beberapa dapat berkembang biak kurang dari 36 jam, namun perkembangan bakteri methanogenic membutuhkan waktu hingga 16 hari (Akunna, 2012). Rata rata waktu perkembangbiakan beberapa kelompok microorganisme terdapat pada Tabel 2.4

Tabel 2.3 Lama Perkembangbiakan Kelompok Bakteri Fermentasi

<i>Microorganisms</i>	<i>Time of Regeneration</i>
<i>Acidogenic Bacteria</i>	<i>Less than 36 hours</i>
<i>Acetogenic Bacteria</i>	<i>80-90 hours</i>
<i>Methanogenic Bacteria</i>	<i>days</i>

Sumber : Steinhauser, 2008

2.5 Faktor Faktor Yang Mempengaruhi Fermentasi Anaerob

A. Rasio C/N

Proporsi relatif Karbon(C) dan Nitrogen(N) pada bahan organik dinyatakan dalam rasio Carbon/Nitrogen (C/N). Rasio C/N dalam kisaran 20-30 adalah kisaran optimal untuk fermentasi anaerob. Jika rasio C/N terlalu tinggi, nitrogen

dikonsumsi dengan cepat oleh methanogen untuk memenuhi kebutuhan protein mereka dan tidak lagi bereaksi pada sisa kandungan karbon pada bahan organik, akibatnya produksi biogas menurun (Abbasi dkk, 2019). Selanjutnya jika rasio C/N terlalu rendah nitrogen dibebaskan dan terkumpul membentuk ammonia, ini akan meningkatkan PH material tersebut. Ketika nilai PH naik lebih tinggi dari 8.5 itu mulai memberi efek toksik pada bakteri metanogenik. Oleh karena itu untuk menjaga PH pada level yang aman dapat dilakukan pencampuran antara *raw material* C/N rasio tinggi dengan *raw material* C/N rasio rendah. Nilai rasio C/N pada beberapa raw material terdapat pada Tabel 2.5

Tabel 2.4 Nilai C/N Ratio Pada Beberapa Material

Raw Material	C/N Ratio
Kotoran bebek	8
Kotoran manusia	8
Kotoran ayam	10
Kotoran kambing	12
Kotoran babi	18
Kotoran domba	19
Kotoran sapi	24
Eceng gondok	25
Sampah perkotaan	40
Kotoran gajah	43

Jerami jagung	60
Jerami padi	70
Jerami gandum	90
Tatal kayu	>200

Sumber : Abbasi, dkk. 2019

B. Pengenceran

Air harus ditambahkan ke bahan baku untuk menghasilkan campuran yang tidak terlalu kental. Akan tetapi jikalau melakukan pengenceran terlalu banyak akan terjadi pengendapan partikel padat didasar tank *digester*. Jika terlalu kental atau padat akan menyulitkan pada saat pengadukan dan menghambat aliran gas ke atas *digester*. Pada umumnya pemberian air sekitar 10-25% (Abbasi dkk, 2019).

C. PH

Produksi biogas yang optimal dicapai ketika nilai PH dari campuran input antara 6 dan 7. Selama tahap awal pennguraian, sejumlah besar bahan organik memproduksi asam dan PH campuran menurun. Saat pencernaan berlanjut, konsentrasi amonia meningkat, kerana pencernaan hydrogen, maka nilai PH meningkat (Abbasi dkk, 2019). Ketika produksi gas metana stabil, nilai PH akan tetap antara 7.2 dan 8.2. pada beberapa kasus seperti bahan tanaman yang mengalami pencernaan akan menghasilkan asam yang cukup tinggi, pada umumnya nilai ph dapat dikontrol dengan penambahan kapur.

D. Temperatur

Spesies bakteri metanogenic memiliki tingkat suhu yang berbeda beda. Terdapat tiga spesies bakteri metanogenic yang dapat bertahan hidup dalam tingkatan suhu yang berbeda beda. Antara lain bakteri thermophilic yang mampu bertahan hidup antara suhu 50-65°C, bakteri mesophilic pada suhu 20-40°C, dan bakteri psychrophilic pada suhu >10°C. Pada suhu diluar kisaran yang diatas bakteri methanogenic tidak dapat bertahan hidup.

E. Nilai Muatan

Pada reaktor dengan sistem berkelanjutan hal ini sangat penting, dimana pada sistem ini mudah terjadi *overloading* atau kelebihan muatan yang menyebabkan sistem pencernaan biogas menjadi gagal. Ini bisa mengakibatkan pencampuran limbah tidak memadai terhadap *mixture*. Ini juga mengakibatkan peningkatan yang signifikan pada konsentrasi asam lemak jenuh, timbal, dan penurunan PH yang tajam.

F. *Retention Time* (Waktu Penyimpanan)

Retention time adalah waktu yang dibutuhkan bahan organik dan organisme untuk tetap bersama untuk mencapai tingkat penguraian penuh. Waktu retensi yang pendek sangat dibutuhkan untuk mencapai tingkat efisiensi reaktor. Untuk mencapainya dibutuhkan jumlah microorganisme yang banyak.

G. Toksisitas

Ion ion mineral terutama logam berat dan detergen menghambat pertumbuhan normal bakteri didalam *digester*. Sejumlah kecil mineral dan logam (natrium, kalium, kalsium magnesium, amonium, belerang, nikel, cobalt, cromium, seng, dan timbal) dalam jumlah yang sangat kecil akan merangsang pertumbuhan bakteri, akan tetapi pada konsentrasi yang tinggi akan memiliki efek toksik (Abbasi dkk, 2019). Detergen seperti sabun, antibiotik, pelarut organik juga menghambat pertumbuhan bakteri. Pemulihan *digester* yang telah mengandung bahan toksik hanya bisa dilakukan dengan penghentian loading sementara dan membersihkan bagian dalam tank dengan cara pengenceran dan mendorong konsentrasi zat yang mengandung bahan toksik keluar *digester*.

H. Pengadukan/Agitasi

Pengadukan diperlukan untuk menjaga homogenitas fluida dan stabilitas proses didalam *digester*. Tujuan dari pengadukan adalah untuk memadukan material yang masuk dengan bakteri, mencegah pembentukan buih, dan menghindari perbedaan suhu didalam *digester*. Pencampuran yang terlalu cepat dapat mengganggu komunitas bakteri, dilain hal pencampuran yang terlalu lambat tidak terlalu memadai (Abbasi dkk, 2019).

I. Patogen

Bakteri dan virus patogen yang ada dalam *solid waste* dapat mempengaruhi kinerja penguraian (Abbasi dkk, 2019). Seperti air comberan dan limbah rumah tangga dimana memiliki resiko patogen yang tinggi dibanding kotoran hewan.

2.6 Komponen *Biodigester*

Komponen-komponen *Biodigester* cukup banyak dan sangat bervariasi. Komponen yang digunakan untuk membuat *biodigester* tergantung pada jenis *biodigester* yang digunakan dan tujuan pembangunan *biodigester* (Suyitno, 2010).

2.6.1 Komponen Utama

Secara umum *biodigester* terdiri dari empat komponen utama sebagai berikut:

1. Saluran masuk *slurry* (kotoran segar). Saluran ini digunakan untuk memasukkan *slurry* kedalam reaktor utama. Tujuan pencampuran adalah untuk memaksimalkan produksi biogas, memudahkan mengalirnya bahan baku, dan menghindari terbentuknya endapan pada saluran masuk (Suyitno, 2010).
2. Ruang *digestion* (ruang fermentasi). Ruang *digestion* berfungsi sebagai tempat terjadinya proses *digestion* dan dibuat kedap terhadap udara. Ruang ini dapat juga dilengkapi dengan penampung biogas.
3. Saluran keluar *residu* (*sludge*). Fungsi saluran ini adalah untuk mengeluarkan kotoran (*sludge*) yang telah mengalami proses *digestion* oleh bakteri. Saluran ini bekerja berdasarkan prinsip kesetimbangan tekanan *hydrostatic*. Residu yang keluar pertama kali merupakan *slurry* (lumpur) masukan pertama setelah waktu retensi. *Slurry* yang keluar sangat baik untuk pupuk karena mengandung kadar nutrisi yang tinggi (Suyitno, 2010).
4. Tangki penyimpanan biogas. Tujuan dari tangki penyimpan gas adalah untuk menyimpan biogas yang dihasilkan dari proses *digestion*. Jenis tangki

penyimpan biogas ada dua, yaitu tangki bersatu dengan unit reaktor (*fixed dome*) dan terpisah dengan reaktor (*floating dome*). Untuk tangki terpisah, konstruksi dibuat khusus sehingga tidak bocor dan tekanan yang terdapat dalam tangki seragam.

2.6.2 Komponen Pendukung

Selain empat komponen utama tersebut, pada sebuah *biodigester* perlu ditambahkan beberapa komponen pendukung untuk menghasilkan biogas yang jumlahnya banyak dan aman (Suyitno, 2010). Beberapa komponen pendukung adalah:

1. Katup pengaman tekanan (*control valve*). Fungsi dari katup pengaman adalah sebagai pengaman *biodigester* dari lonjakan tekanan biogas yang berlebihan. Bila tekanan biogas dalam tabung penampung biogas lebih tinggi dari tekanan yang diijinkan, maka biogas akan dibuang keluar. Selanjutnya tekanan dalam *biodigester* turun kembali (Suyitno, 2010). Katup pengaman tekanan cukup penting dalam reaktor biogas yang besar dan sistem kontinu, karena umumnya *digester* dibuat dari material yang tidak tahan pada tekanan yang tinggi supaya biaya pembuatan *biodigester* tidak mahal.
2. Sistem pengaduk. Pada *digester* yang besar, sistem pengaduk menjadi sangat penting. Untuk *digester* kecil misalnya *digester* untuk 3-5 sapi, sistem pengaduk ditiadakan. Tujuan dari pengadukan adalah untuk mengurangi pengendapan dan menyediakan populasi bakteri yang seragam sehingga tidak terdapat lokasi yang ‘mati’ dimana tidak terjadi proses

digestion karena tidak terdapat bakteri. Selain itu dengan pengadukan dapat mempermudah pelepasan gas yang dihasilkan oleh bakteri menuju ke bagian penampung biogas. Pengadukan dapat dilakukan dengan:

- Pengadukan mekanis yaitu dengan menggunakan poros yang dibawahnya terdapat semacam baling baling dan digerakkan dengan motor listrik secara berkala.
 - Mensirkulasi bahan dalam *digester* dengan menggunakan pompa dan dialirkan kembali melalui bagian atas *biodigester*.
3. Saluran biogas. Tujuan dari saluran gas adalah untuk mengalirkan biogas yang dihasilkan dari *biodigester*. Bahan untuk saluran gas disarankan terbuat dari polimer untuk menghindari korosi. Untuk mencegah kebocoran yang dapat menyebabkan kebakaran.

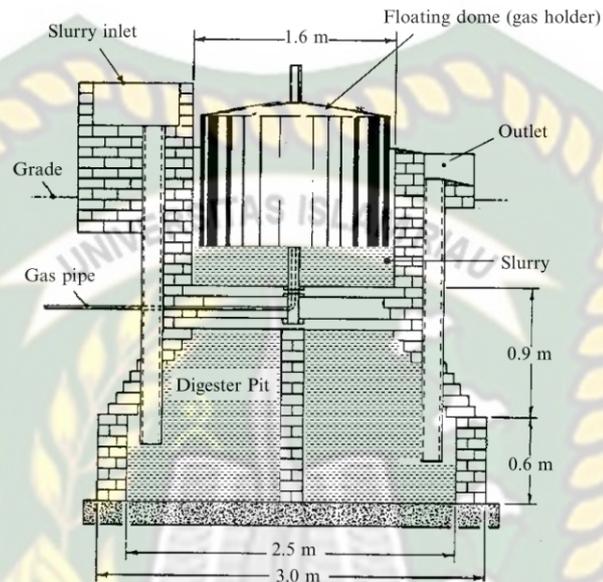
2.7 Jenis-Jenis Konstruksi Biogas *Digester*

Secara umum terdapat 3 jenis konstruksi biogas antara lain *Floating-Dome Biogas Plant* (biogas kubah apung), *Fixed-Dome Biogas Plant* (biogas kubah tetap), dan *Balloon Biogas Plant* (biogas balon). Tiap-tiap jenis konstruksi biogas memiliki kelebihan dan kekurangan masing masing. Beberapa konstruksi cocok untuk kapasitas yang besar, dan yang lainnya hanya untuk skala kecil.

2.7.1 *Floating-Dome Biogas Plant*

Model konstruksi ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu *digester* dan kubah bergerak. Pada konstruksi ini tidak dibutuhkan *safety valve* pada saat terjadi peningkatan tekanan, sebab kubah(penahan gas) dapat bergerak bebas atau naik

pada saat tekanan naik (Abbasi dkk, 2019). Kapasitas yang aman pada model konstruksi ini berkisar dari 1 sampai 8 m³.



Gambar 2.2 A *Floating-Dome Biogas Digester*
Sumber : Abbasi, dkk. 2019

Tabel 2.5 Kelebihan dan Kekurangan pada Konstruksi *Floating-Dome*

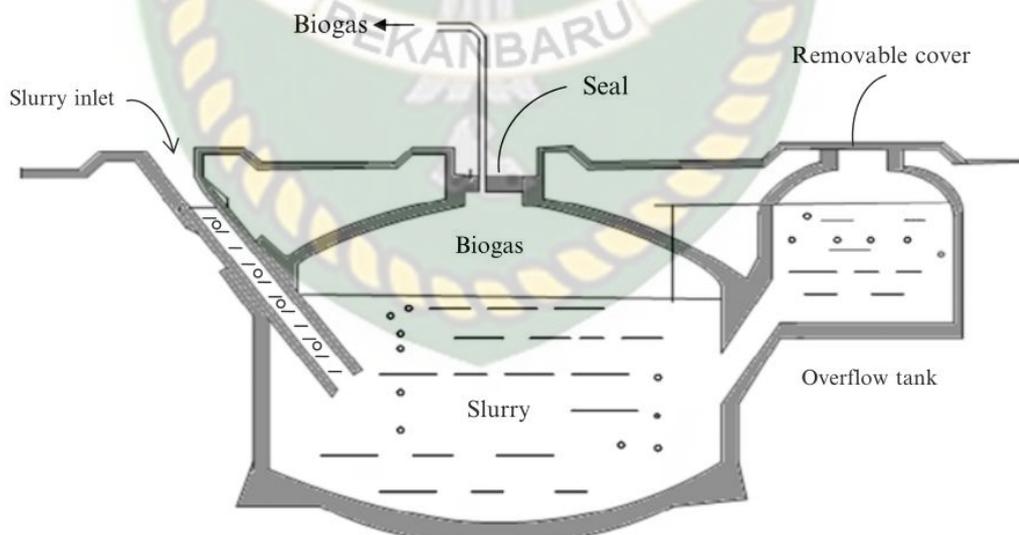
No	Kelebihan	Kekurangan
1	Sederhana dan mudah dalam mengoperasikannya	Kubah baja memerlukan biaya yang cukup besar
2	Volume gas yang akan disimpan dapat langsung terlihat	Baja rentan terhadap korosi
3	Tekanan gas konstan karena hanya diatur oleh berat kubah penahan	Pengecatan kubah harus rutin.(mencegah korosi)

4	Relatif mudah untuk membangunnya	Jika <i>feed</i> berisi material yang mudah terapung maka kemungkinan dapat terjebak pada kubah.
---	----------------------------------	--

Sumber : Abbasi, dkk. 2019

2.7.2 *Fixed-Dome Biogas Plant*

Konstruksi ini berupa sumur *digester* yang terbuat dari batako dan semen dengan atap yang berbentuk kubah tetap. Atap berbentuk kubah dipasang pipa dibagian atasnya yang merupakan saluran keluar gas. Saat tekanan gas pada kubah meningkat maka gas akan menekan bubur dari *digester* keluar ke tangki *inlet* dan *outlet* (Abbasi dkk, 2019). Pada saat *digested slurry* keluar pada tangki *outlet* maka parameter ini menunjukkan bahwa *digester* telah memproduksi gas.



Gambar 2.3 A Tipe *Digester Fixed-Dome*

Sumber : Abbasi, dkk. 2019

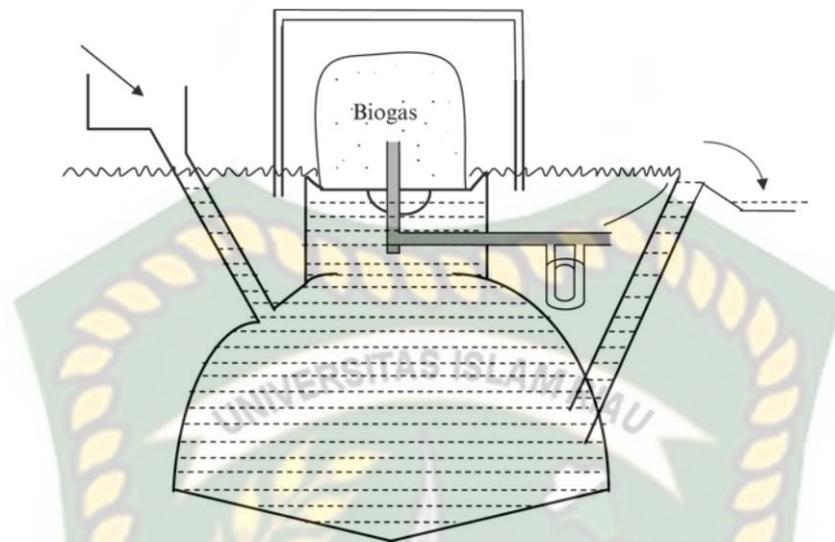
Tabel 2.6 Kelebihan dan Kekurangan pada Konstruksi *Fixed-Dome*

No	Kelebihan	Kekurangan
1	Biaya konstruksi lebih rendah dibandingkan dengan model floating-dome	Karena peningkatan tekanan gas, retakan kecil pada tembok dapat memberikan kerugian yang cukup besar
2	Tidak ada bagian part yang bergerak dan juga tidak memiliki material yang dapat korosi	Tekanan gas berfluktuasi secara substansial
3	Dapat berumur panjang jika dibangun dengan baik	Meskipun konstruksi bawah tanah dapat menyangga suhu ekstrim, temperatur <i>digester</i> umumnya rendah.
4	Konstruksi bawah tanah menghemat ruang serta melindungi <i>digester</i> dari perubahan suhu	

(Abbasi dkk, 2019)

2.7.3 *Balloon Digester*

Digester ini terbuat dari bahan plastik tiup dan sangat populer di China. 2 desain *balloon digester* berwujud seperti pada gambar 2.4



Gambar 2.4 *Design of Balloon Digester*

Sumber : Abbasi dkk, 2019

Tabel 2.7 Kelebihan dan Kekurangan pada Konstruksi *Balloon Digester*

No	Kelebihan	Kekurangan
1	Biaya konstruksi terendah dibandingkan dengan yang lainnya	Masa hidup yang relatif pendek(sekitar 5 tahun)
2	Mudah diangkut	Rentan terhadap kerusakan
3	Mudah dibangun	Potensi swadaya yang terbatas
4	Mencapai suhu <i>digester</i> dengan mudah	Kemungkinan kecil pada perbaikan yang efektif
5	Pembersihan, pengosongan, dan pemeliharaan tidak terlalu rumit	

2.8 Peralatan Instalasi Biogas

Pada reaktor biogas terdapat komponen-komponen yang mendukung proses fermentasi anaerob. Komponen-komponen tersebut yaitu:

1. Digester

Digester adalah wadah tempat berlangsungnya proses fermentasi anaerob. Untuk melaksanakan fungsinya, digester harus tahan terhadap tekanan dan dipastikan tidak mengalami kebocoran. Bentuk digester dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Digester

2. Manometer

Manometer merupakan alat ukur tekanan gas yang memanfaatkan fluida cair sebagai indikator peningkatan atau penurunan tekanan. Dalam membaca tekanan manometer diperlukan pengukuran jarak antara 2 permukaan fluida. Bentuk alat ukur manometer dapat dilihat pada gambar 2.6.





Gambar 2.6 Manometer

3. Pipa PVC dan Sambungan

Pipa PVC dan sambungan digunakan untuk merancang jalur aliran gas menuju manometer dan nosel. Beragam alat sambungan pipa

digunakan untuk dapat menciptakan rangkaian perpipaan yang tepat.

Rangkaian pipa PVC dan sambungan dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Pipa PVC dan Sambungan

4. Katup Gas

Katup gas berfungsi untuk membuka dan menutup aliran gas dari digester menuju kompor biogas. Katup atau keran gas dapat dilihat pada gambar 2.8



Gambar 2.8 Katup Gas

5. *Water Trap*

Water trap merupakan komponen yang berfungsi memisahkan antara uap air dan gas metana, *water trap* dibutuhkan agar uap air dari *digester* tidak masuk ke penampung gas, Jika uap air mengalir bersama biogas ke kompor maka api kompor yang dihasilkan akan cenderung berwarna merah, dengan menggunakan *water trap* warna api biru dan sedikit kemerahan yang berada di ujung atas api tersebut (Rahmadi dan Sudirman, 2014). Warna api biru dan sedikit kemerahan menandakan masih ada uap air, namun tidak banyak jika dibandingkan tidak menggunakan *water trap*.

Water trap disusun sederhana bisa memanfaatkan botol bekas dengan melubangi bagian atas botol, kemudian 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 (Putro, 2007). Botol penjebak ini sebaiknya diletakkan pada bagian terbawah dari saluran biogas, tepat setelah pembangkit. Hal ini dimaksudkan untuk memudahkan uap air hasil kondensasi turun dan masuk ke dalam botol (Rahmadi dan Sudirman, 2014).

Ketinggian air di dalam *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 didalam *water trap* terlalu rendah gas akan keluar dari air sebelum mencapai tekanan yang diinginkan. *Water trap* dapat dilihat pada gambar 2.9



Gambar 2.9 *Water Trap*

6. Selang Gas

Untuk memanfaatkan gas pada digester diperlukan penghubung antara nepel dan kompor biogas. Panjang selang yang dibutuhkan tergantung pada jarak antara nepel dan kompor biogas. Selang dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Selang Gas

2.9 Sayuran

Sayuran adalah bagian tanaman yang dikonsumsi oleh manusia atau hewan sebagai makanan. Makna bagian tanaman merujuk kepada semua materi tanaman yang dapat dimakan termasuk bunga, buah, batang, daun, akar, dan biji. Menurut data Survey Sosial Ekonomi Nasional (Susenas) tahun 2017, sayur kol merupakan jenis sayuran yang paling banyak dikonsumsi oleh penduduk di pulau Sulawesi yaitu sekitar 7,8 gram per minggu. Sedangkan di pulau Sumatera jenis sayur yang paling banyak dikonsumsi adalah sayur kangkung, yaitu kira kira sebesar 8,2 gram per minggu. Dan sayur bayam adalah jenis sayur yang paling banyak

dikonsumsi di pulau sumatera setelah kangkung yaitu sekitar 7,4 gram perminggu.

Tiga jenis sayuran yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

2.9.1 Kool



Gambar 2.11 Sayur Kool

Kol, atau kubis adalah tanaman dua tahunan yang berwarna hijau atau ungu. Tanaman ini masih satu keluarga dengan tanaman lain seperti brokoli, kembang kol, dan kubis Brussel. Berat kepala kubis mulai dari 0.5 – 4 kilogram. Dalam 100 gram kool segar mengandung 92,4 gram air, 29 kalori, 1,4 gram protein, 0,2 gram lemak, 1,9 gram serat, 46 mg kalsium, dan 50 mg vitamin C (Izwardy dkk, 2018).

2.9.2 Bayam



Gambar 2.12 Sayur Bayam

Bayam adalah tumbuhan yang berasal dari amerika tropik. Varietas bayam cukup diseluruh dunia cukup banyak, hal ini dikarenakan bayam cukup adaptif dengan ekosistem. Tumbuhan bayam pada umumnya dikenal karena kandungan zat besinya yang tinggi. Tumbuhan ini dapat berwarna hijau dan merah. Kandungan nutrisi bayam segar per 100 gram mengandung 94,5 gram air, 16 kalori energi, 0,9 gram protein, 0,4 gram lemak, 0,7 gram serat, 116 mg kalsium, 41 mg vitamin C (Izwardy dkk, 2018).

2.9.3 Kangkung



Gambar 2.13 Sayur Kangkung

Kangkung adalah tumbuhan yang termasuk jenis sayur sayuran yang ditanam sebagai makanan. Kangkung banyak terdapat dikawasan asia dan merupakan tumbuhan yang dapat dijumpai hampir dimana-mana terutama kawasan berair. Per 100 gram kangkung mengandung 91 gram air, 28 kalori energi, 3,4 gram protein, 0,7 gram lemak, 2 gram serat, 67 mg kalsium, 17 mg vitamin C (Izwardy dkk, 2018).

2.10 Perhitungan

2.10.1 Kebutuhan Isi Digester

Pengisian bahan organik dan campuran 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. Oleh karena itu perbandingan bahan organik, air dan kapasitas isi *digester* dihitung dengan menggunakan rumus menurut (Putra, dkk. 2017). Untuk menghitung kapasitas isi digester menggunakan rumus sebagai berikut :

Kapasitas ruang gas adalah 60% dari volume *digester* dengan perhitungan sebagai berikut :

$$V_{rg} = V_d \times 40\% \dots\dots\dots \text{Pers. 1 (Elfiano, Eddy dkk. 2019)}$$

Keterangan :

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

V_d : Kapasitas *Digester* (m^3)

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

$$V_{mix} = V_d \times 60\% \dots\dots\dots \text{Pers. 2 (Elfiano, Eddy dkk. 2019)}$$

Keterangan :

V_{mix} : Volume Mixture (m^3)

V_d : Kapasitas *Digester* (m^3)

Kebutuhan jumlah sayuran yang dimasukkan ke *digester* dapat dihitung dengan rumus menurut (Wahyuni, 2017) sebagai berikut :

$$V_s = n_1 \times V_{mix} \dots \dots \dots \text{Pers. 3 (Elfiano, Eddy dkk. 2019)}$$

Keterangan :

V_s : Volume Sayuran (m^3)

n_1 : Rasio Perbandingan Sayuran (0.6)

V_{mix} : Volume Isi *Digester* (m^3)

Kebutuhan jumlah volume starter yang dimasukkan ke *digester* dapat dihitung dengan rumus menurut (Wahyuni, 2017) sebagai berikut :

$$V_{st} = n_2 \times V_{mix} \dots \dots \dots \text{Pers. 4 (Elfiano, Eddy dkk. 2019)}$$

Keterangan :

V_{st} : Volume Starter (m^3)

n_2 : Rasio Perbandingan Starter (0.2)

V_{mix} : Volume Isi *Digester* (m^3)

Kebutuhan jumlah air yang dimasukkan ke *digester* dapat dihitung dengan rumus menurut (Wahyuni, 2017) sebagai berikut :

$$V_a = n_3 \times V_{\text{mix}} \dots \dots \dots \text{Pers. 5 (Elfiano, Eddy dkk. 2019)}$$

Keterangan :

V_a : Volume Air (m^3)

n_3 : Rasio Perbandingan Air (0.2)

V_{mix} : Volume Isi *Digester* (m^3)

2.10.2 Massa Jenis Bahan Baku

Dalam menghitung jumlah berat masing-masing bahan baku, diperlukan perhitungan massa jenis bahan baku tersebut, dengan rumus :

$$\rho = \frac{m}{v} \dots \dots \dots \text{Pers. 6 (Elfiano, Eddy dkk. 2019)}$$

Keterangan :

ρ : Massa Jenis (kg/m^3)

m : Massa (kg)

v : Volume (m^3)

2.10.3 Massa Bahan Baku

Setelah massa jenis diketahui, selanjutnya lakukan perhitungan massa bahan baku yang dibutuhkan untuk dimasukkan kedalam *digester* dengan menggunakan rumus :

$$m = \rho \times V \dots\dots\dots \text{Pers. 7 (Elfiano, Eddy dkk. 2019)}$$

Keterangan :

m : Massa (kg)

ρ : Massa Jenis (kg/m^3)

V : Volume (m^3)

2.10.4 Tekanan Manometer

Tekanan manometer dihitung melalui penjumlahan antara tekanan hidrostatic dan tekanan atmosfer. Dalam mencari tekanan hidrostatic dibutuhkan parameter massa jenis fluida, percepatan gravitasi dan jarak ketinggian manometer. Dalam menghitung tekanan manometer digunakan persamaan berikut.

$$P_m = \rho_{\text{hidrostatic}} + \rho_{\text{atmosfir}}$$

$$P_m = (H \times \rho_{\text{air}} \times g) + \rho_{\text{atm}} \dots\dots\dots \text{Pers 8 (Timings, Roger. 2006)}$$

Keterangan :

P_m : Tekanan Manometer (N/m^2)

H : Ketinggian Manometer (m)

ρ_{air} : Massa Jenis Air (kg/m^3)

g : Percepatan Gravitasi (m/s^2)

ρ_{atm} : Tekanan Atmosfer (N/m^2)

2.10.5 Tekanan Pertumbuhan Gas

Besar tekanan manometer pada reaktor biogas dipengaruhi oleh temperatur. Hukum Gay Lussac menyatakan “apabila volume gas yang berada pada ruang tertutup dijaga konstan, maka tekanan gas berbanding lurus dengan suhu mutlaknya”. Untuk menghitung tekanan pertumbuhan biogas (P_{pg}) digunakan persamaan gas ideal pada volume konstan (Isovolume).

$$\frac{P_0}{T_0} = \frac{P_1}{T_1} \dots \dots \dots \text{Pers 9 (Daryus, Asyari. 2007)}$$

$$\frac{P_m}{T_{gr}} = \frac{P_{pg}}{T_{pg}}$$

$$P_{pg} = \frac{P_m \times T_{pg}}{T_{gr}}$$

Keterangan:

P_m : Tekanan Manometer (N/m^2)

T_{gr} : Temperatur Gas Reaktor ($^{\circ}C$)

P_{pg} : Tekanan Pertumbuhan Gas (N/m^2)

T_{pg} : Temperatur Pertumbuhan Gas ($^{\circ}C$)

2.10.6 Volume Produksi Gas

Perhitungan volume produksi gas dihitung melalui persamaan gas ideal pada temperatur konstan (Isothermal). Dengan dasar ini maka besar volume pertumbuhan gas dihitung melalui persamaan berikut:

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

$$V_2 = \frac{P_1 \times V_1}{P_2}$$

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

$$V_{pg} = \frac{P_1}{P_2} \times V_{rg} \dots\dots\dots \text{Pers. 10 (Elfiano, Eddy dkk. 2019)}$$

Keterangan :

V_{pg} : Volume produksi 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)

2.10.7 Potensi Biogas

Potensi biogas yang dihasilkan dari bahan baku menggunakan sayuran dapat dihitung menggunakan rumus :

$$Pg = \frac{V_{pa}}{Ms} \dots\dots\dots \text{Pers. 11 (Elfiano, Eddy dkk. 2019)}$$

Keterangan :

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

V_{gd} : Volume Produksi Akhir (m^3)

Ms : Massa Sayuran (kg)

2.11 Karakteristik Nyala Api

Pada proses pembakaran, campuran bahan bakar dan udara terbakar. 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. Menurut Sya'roni (2016) api berwarna merah memiliki suhu dibawah 1000 derajat Celcius. Api jenis ini termasuk api “kurang panas” karena jarang digunakan pada pabrik-pabrik industri material. Api yang berwarna merah dapat dilihat pada gambar 2.14



Gambar 2.14 Nyala Api Merah

Sumber : Sya'roni, 2016

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 (Sya'roni, 2016). Api yang berwarna biru dapat dilihat pada gambar 2.15



Gambar 2.15 Nyala Api Biru

Sumber : Sya'roni, 2016

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

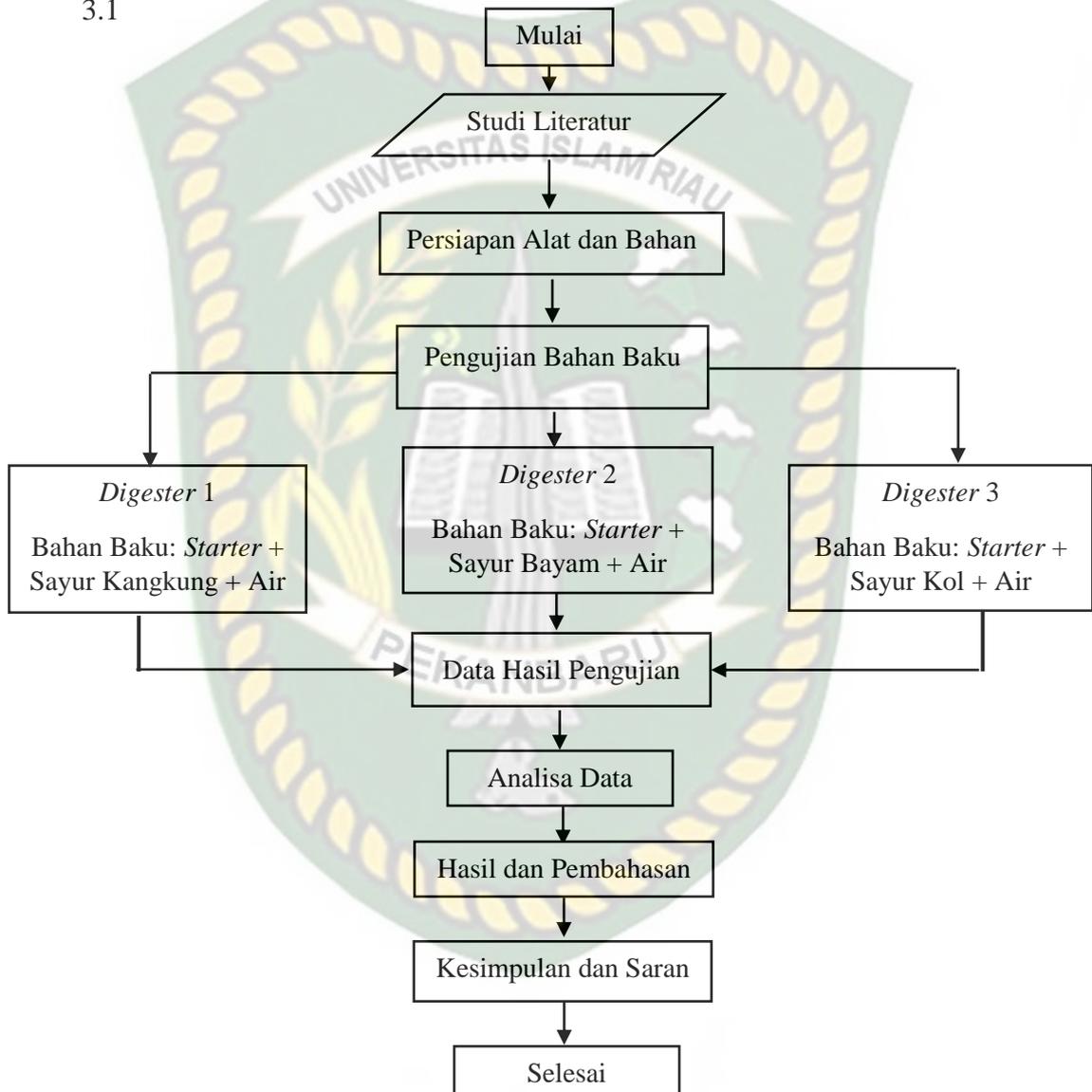
Penelitian Produksi dan Karakteristik Biogas dari Bahan Baku Kol Bayam dan Kangkung dalam Biodigester Anaerob ini dilaksanakan mulai tanggal 5 November 2020 sampai tanggal 15 Mei 2021. Pada penelitian ini penulis merakit alat digester dan mempersiapkan alat ukur sendiri. Untuk mempermudah pemantauan dan perekaman data yang berlangsung selama 21 hari, pengujian pada penelitian ini dilaksanakan di rumah penulis.



Gambar 3.1 Tempat Penelitian Biogas

3.2 Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian ini diawali dari studi literatur lalu berakhir pada kesimpulan penelitian. Tahapan-tahapan penelitian ini terdapat pada Gambar 3.1



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.3 Studi Literatur

Penelitian memerlukan beragam referensi sebagai acuan dalam melakukan pengembangan pada bidang yang ditekuni. Studi literatur merupakan kegiatan dalam mempelajari referensi-referensi dalam bidang yang terkait. Penelitian ini diawali dengan memperdalam pemahaman serta memperluas wawasan melalui beragam referensi tentang biogas. Metode penelitian yang diterapkan pada penelitian ini mengutip pada beberapa referensi dan faktor-faktor yang mempengaruhi proses penelitian juga dipelajari melalui proses studi literatur.

3.4 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Terdapat beragam alat yang digunakan guna mendukung terjadinya proses fermentasi anaerob. Alat utama adalah digester dan alat pendukung yang dirancang untuk menyalurkan keluar gas menuju nepel dan manometer melalui rangkaian perpipaan. Alat yang terdapat pada digester antara lain manometer, pipa PVC dan sambungan, keran gas, selang gas, *water trap* dan nepel angin. Selain dari pada alat digester terdapat alat ukur yang dibutuhkan dalam pengambilan data. Alat ukur pada penelitian ini antara lain timbangan, gelas ukur, thermometer, dan stopwatch. Dalam melakukan pengujian nyala api digunakan alat kompor biogas.

A. *Digester*

Digester merupakan wadah sebagai tempat berlangsungnya proses fermentasi bahan organik pada keadaan anaerob. Perlu dipastikan bahwa *digester* tidak

mengalami kebocoran. Pada proses fermentasi, *digester* mengalami peningkatan tekanan. *Digester* pada penelitian ini berbahan fiber sehingga tidak bersifat korosif. Kapasitas *digester* ini 25 liter. *Digester* pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 3.3 *Digester*

B. Katup Gas

Penelitian ini menguji tingkat produksi biogas. Maka dari itu gas yang diproduksi pada *digester* akan dikeluarkan untuk dilakukan proses pembakaran. Katup gas akan berfungsi untuk membuka saluran keluar gas methana yang dihasilkan *digester*. Penelitian ini menggunakan Ball Valve PVC berukuran ½ inchi. Bentuk Katup Gas penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.3



Gambar 3.4 Katup Gas

C. Pipa PVC dan Sambungan

Pipa PVC dan sambungan digunakan untuk merancang jalur aliran gas menuju manometer dan nepel. Diameter pipa pada penelitian ini menggunakan pipa ½ inchi. Beragam alat sambungan pipa digunakan untuk dapat menciptakan rangkaian perpipaan yang tepat. Alat sambungan pipa antara lain elbow, shock, T, dop dan watermur. Rangkaian pipa PVC dan sambungan dapat dilihat pada gambar 3.4



Gambar 3.5 Pipa PVC dan Sambungan

D. Nepel Angin

Nepel Angin adalah alat yang berfungsi sebagai penyambung antara pipa dan selang gas. Nepel Angin penelitian ini menggunakan nepel dengan diameter luar 10 mm dan diameter dalam 5mm. Bentuk Nepel Angin pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.5



Gambar 3.6 Nepel Angin

E. Manometer

Tekanan gas methana 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 sebagai indikator untuk mengetahui tekanan biogas yang dihasilkan. Manometer pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.6



Gambar 3.7 Manometer Air

F. 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 3.8 Selang Gas

G. Water Trap

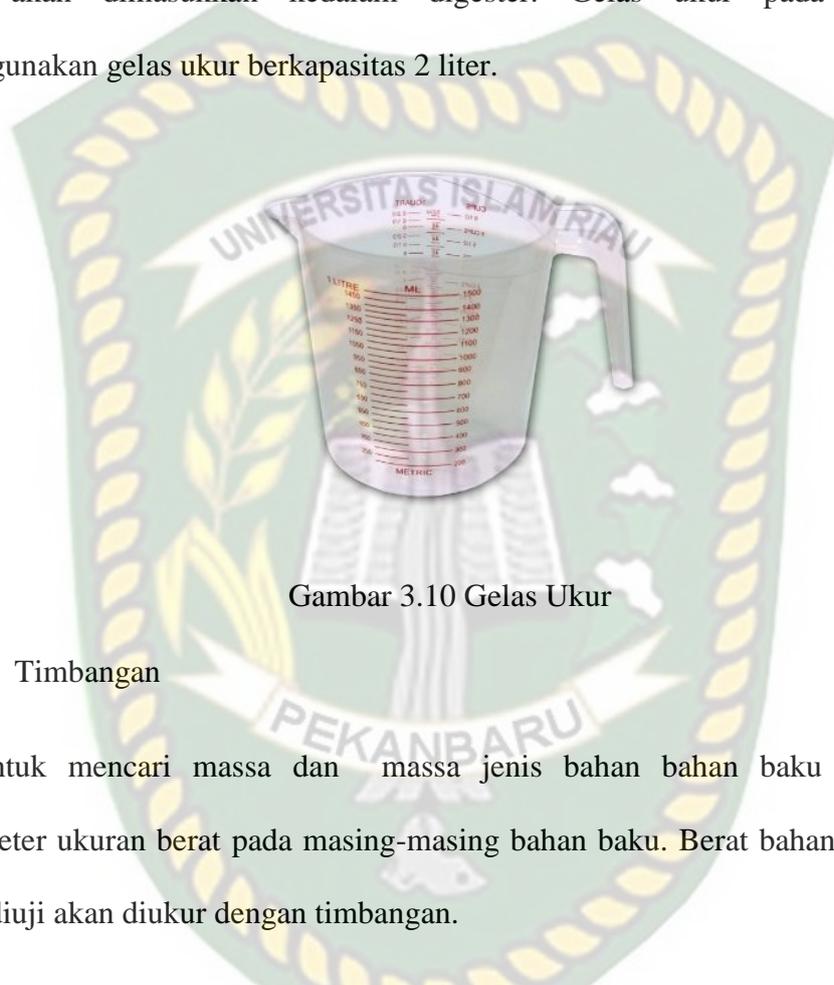
Gas yang dihasilkan oleh *digester* mengandung uap air. Hal tersebut akan mempengaruhi suhu yang dihasilkan pada proses pembakaran serta warna nyala api pembakaran. Maka dari itu gas yang dihasilkan harus melalui watertrap yang berguna untuk memisahkan uap air dari gas. Penelitian ini menggunakan botol yang diisi dengan fluida air serta dilengkapi dengan selang input dan output. Gas dari digester akan melalui selang input water trap menuju ke bawah permukaan air lalu akan keluar melalui selang output yang berada di atas permukaan air. Uap Gas digester yang keluar akan dikondensasi melalui air yang terdapat pada botol. Water trap pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.8



Gambar 3.9 Water Trap

H. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan pada pengujian massa jenis bahan baku serta volume air yang akan dimasukkan kedalam digester. Gelas ukur pada penelitian menggunakan gelas ukur berkapasitas 2 liter.



Gambar 3.10 Gelas Ukur

I. Timbangan

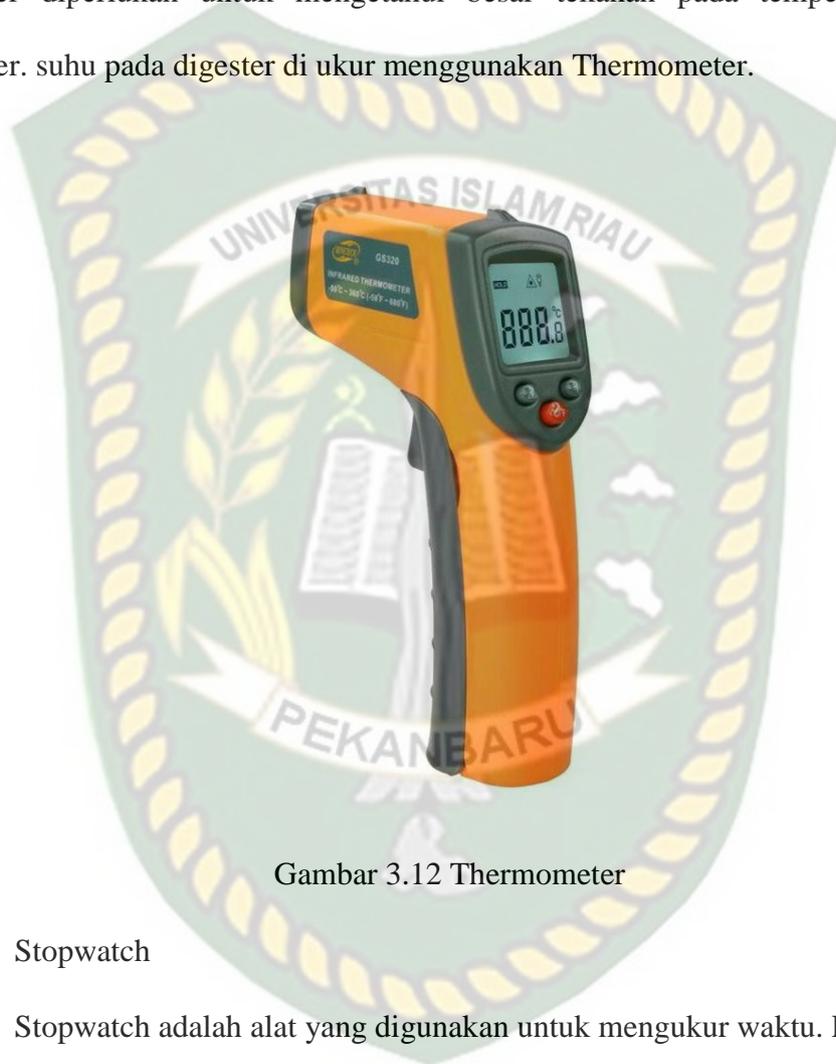
Untuk mencari massa dan massa jenis bahan baku diperlukan parameter ukuran berat pada masing-masing bahan baku. Berat bahan baku yang akan diuji akan diukur dengan timbangan.



Gambar 3.11 Timbangan

J. Thermometer

Tekanan gas pada digester dipengaruhi oleh suhu digester. pengukuran suhu digester diperlukan untuk mengetahui besar tekanan pada temperatur awal digester. suhu pada digester di ukur menggunakan Thermometer.



Gambar 3.12 Thermometer

K. Stopwatch

Stopwatch adalah alat yang digunakan untuk mengukur waktu. Pada penelitian ini stopwatch akan digunakan untuk mengukur lamanya waktu pengujian nyala api.



Gambar 3.13 Stopwatch

L. Kompor Biogas

Kompor adalah alat yang berfungsi sebagai tempat terjadinya reaksi pembakaran. Biogas memiliki tekanan gas yang rendah sehingga penggunaan nosel pada kompor gas LPG tidak dapat berfungsi dengan optimal pada tekanan digester. Maka diameter nosel harus dilakukan pembesaran. Pada penelitian ini kompor biogas yang digunakan adalah modifikasi kompor gas LPG dengan pembesaran diameter nosel 3,5mm.



Gambar 3.14 Kompor Biogas

3.3.2 Bahan

Terdapat 3 jenis bahan pada penelitian ini, diantaranya *starter* (Kotoran Sapi), bahan sayuran dan air. Bahan tersebut akan diukur untuk dilakukan pencampuran

untuk membentuk campuran. Volume mixture yang diizinkan pada *digester* adalah sebesar 60% dari volume *digester*. Hal ini untuk memberi ruang gas pada *digester* untuk mempermudah dalam pembentukan biogas. Bahan-bahan yang akan digunakan dan diuji pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

A. Starter

Starter digunakan untuk memperoleh bakteri methanogenic secara instan, hal ini akan membuat fermentasi berlangsung lebih cepat. *Starter* yang akan digunakan pada penelitian ini adalah kotoran sapi. *Starter* yang digunakan pada penelitian ini adalah 20% dari volume mixture.

B. Bahan Sayuran

Sayuran merupakan sebutan umum untuk bahan pangan yang berasal dari tumbuhan yang biasanya mengandung kadar air yang tinggi dan dikonsumsi dalam keadaan segar atau diolah secara minimal. Sayuran mengandung nutrisi yang lengkap berupa vitamin, mineral, protein, karbohidrat dan serat, akan tetapi jenis kelompok nutrisi pada sayuran lebih banyak mengandung serat dan vitamin. Jenis sayuran yang akan digunakan pada penelitian ini berupa kol, bayam dan kangkung. Bahan sayuran pada penelitian ini adalah 60% dari volume mixture.



Gambar 3.15 Sayur Kol



Gambar 3.16 Sayur Bayam



Gambar 3.17 Sayur Kangkung

C. Air

Air digunakan untuk menjaga campuran agar tidak terlalu kental. Campuran yang terlalu kental menghambat pergerakan bakteri pengurai pada *digester*. Akan tetapi jika campuran terlalu encer akan mengakibatkan pengendapan partikel organik padat dibawah *digester*. Hal ini akan mempengaruhi efektivitas fermentasi. Jumlah air pada penelitian ini adalah 20% dari volume mixture.

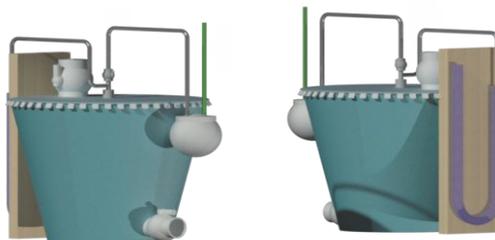
3.4 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian diawali dengan mempersiapkan alat dan bahan. Selanjutnya masing masing bahan diukur menurut rasio perhitungan yang telah ditentukan. Selanjutnya bahan-bahan akan dimasukkan ke reaktor biogas secara bersamaan. Lalu menutup digester untuk dapat memulai proses fermentasi anaerob. Setelah tahap ini pengambilan data dapat dilakukan sebab proses fermentasi secara anaerob telah dimulai. Tahapan-tahapan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

A. Persiapan *Reaktor* Biogas

Reaktor biogas adalah wadah tertutup tanpa oksigen dalam arti tidak boleh ada kebocoran yang mengizinkan udara luar masuk kedalam *digester* atau gas hasil fermentasi bocor keluar *digester*. *Reaktor* biogas merupakan *digester* yang dirakit dan ditambahkan beberapa alat pendukung guna mendukung terlaksananya proses input/output *mixture* dan gas. Tahap ini adalah tahap pembuatan serta perakitan reaktor menggunakan alat-alat reaktor. Alat-alat *reaktor* yang akan dirakit berupa *digester*, katup gas, pipa, *water trap* dan manometer. Bentuk desain

reaktor biogas dapat dilihat pada Gambar 3.15



Gambar 3.18 Desain Autocad *Reaktor* Biogas



Gambar 3.19 Tampak Belakang Desain 3 Reaktor Biogas

B. Mixing *Starter*, Sayuran dan Air

Pada tahap ini bahan baku akan dipersiapkan yaitu *starter*, sayuran(kol, bayam dan kangkung) dan air. Sebelum bahan baku dimasukkan ke *reaktor*, setiap bahan baku akan di ukur. Penelitian ini akan memiliki 3 jenis campuran (*mixture*), sesuai dengan 3 jenis bahan baku sayuran yang akan diuji. Tiap jenis bahan baku yang digunakan harus memiliki berat *starter* dan sayuran yang sama serta volume air yang sama pada reaktor.

Pada *starter*, volume yang ditetapkan pada setiap reaktor yaitu sebesar 20% dari volume *mixture*. Selanjutnya pada bahan baku 3 jenis sayuran masing-masing berjumlah 60% dari volume *mixture*. Jumlah air yang ditetapkan pada masing-masing reaktor yaitu sebesar 20% dari volume *mixture*. Air berfungsi untuk mempermudah fermentasi bahan baku secara menyeluruh. Jumlah *mixture* yang akan diinput ke reaktor sebanyak 3 *mixture* yaitu *mixture* kangkung, *mixture* bayam, dan *mixture* kol. Selanjutnya bahan-bahan baku yang dicampur lalu diaduk, hal ini untuk mendapatkan retention time yang efektif pada bahan baku.

C. Pengujian Bahan Baku (*Input Mixture*)

Pada tahap ini masing masing *mixture* dimasukkan ke masing-masing reaktor. Setelah melakukan *input mixture* lalu tutup *digester*. Pada tahap ini fermentasi bahan baku secara anaerob sudah dimulai.

D. Tahapan Pengambilan Data Biogas

Setelah melakukan input *mixture*, perekaman data parameter *reaktor* sudah dapat dimulai. Parameter-parameter yang akan direkam adalah tekanan, temperatur dan waktu. Perubahan parameter tekanan gas pada reaktor berlangsung lambat oleh karena itu pengambilan data dapat dilakukan satu kali sehari. Perekaman data harus dilakukan sampai peningkatan tekanan gas telah berhenti. Hal ini mengindikasikan bahwa bahan baku telah terurai secara menyeluruh dan produksi biogas pada reaktor telah selesai.

E. Pengujian Nyala Api

Setelah produksi biogas pada reaktor selesai selanjutnya biogas dapat digunakan untuk melakukan pengujian Nyala api. Metode pengujian ini dilakukan untuk mengetahui lama nyala api biogas pada masing-masing reaktor. Parameter yang dilihat pada pengujian ini adalah waktu dan karakteristik nyala api biogas pada masing-masing reaktor.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan digester dengan kapasitas digester sebesar 25 liter atau $0,025 \text{ m}^3$ dan volume bahan baku antara air, starter dan sayuran berurutan adalah $0,003\text{m}^3$, $0,003\text{m}^3$, $0,009\text{m}^3$ (rasio 1:1:3). Variabel pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. V_d : Volume *Digester* : 25 liter : $0,025 \text{ m}^3$
2. n_1 : Persentase Sayuran : 60%
3. n_2 : Persentase Starter : 20%
4. n_3 : Persentase Air : 20%

4.2 Kebutuhan Isi *Digester*

4.2.1 Volume Ruang Gas (V_{rg})

Nilai Volume Ruang Gas adalah 40% dari Volume *Digester*. Volume Ruang Gas dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$V_{rg} = V_d \times 40\%$$

$$V_{rg} = 0,025 \text{ m}^3 \times 0,4$$

$$V_{rg} = 0,01 \text{ m}^3$$

Dari perhitungan diatas, dengan kapasitas *digester* sebesar $0,025 \text{ m}^3$ maka besar Volume Ruang Gas adalah $0,01 \text{ m}^3$.

4.2.2 Volume *Mixture* (V_{mix})

Nilai Volume *Mixture* adalah 60% dari Volume *Digester*. Volume *Mixture* dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$V_{mix} = V_d \times 60\%$$

$$V_{mix} = 0,025 \text{ m}^3 \times 0,6$$

$$V_{mix} = 0,015 \text{ m}^3$$

Dari perhitungan diatas, dengan kapasitas *digester* sebesar $0,025 \text{ m}^3$ maka besar Volume *Mixture* (Bahan Organik) adalah $0,015 \text{ m}^3$.

4.2.3 Volume Sayuran (V_s)

Nilai Volume Sayuran adalah 60% dari Volume *Mixture*. Volume Sayuran dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$V_s = n_1 \times V_{mix}$$

$$V_s = 0,6 \times 0,015 \text{ m}^3$$

$$V_s = 0,009 \text{ m}^3$$

Dari perhitungan diatas, dengan Volume *Mixture* sebesar $0,015 \text{ m}^3$ maka besar Volume Sayuran adalah $0,009 \text{ m}^3$.

4.2.4 Volume *Starter* (V_{st})

Nilai Volume *Starter* adalah 20% dari Volume *Mixture*. Volume *Starter* dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$V_{st} = n_2 \times V_{mix}$$

$$V_{st} = 0,2 \times 0,015 \text{ m}^3$$

$$V_{st} = 0,003 \text{ m}^3$$

Dari perhitungan diatas, dengan Volume *Mixture* sebesar 0,015 m³ maka besar Volume *Starter* adalah 0,003 m³.

4.2.5 Volume Air (V_a)

Nilai Volume Air adalah 20% dari Volume *Mixture*. Volume Air dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$V_a = n_3 \times V_{mix}$$

$$V_a = 0,2 \times 0,015 \text{ m}^3$$

$$V_a = 0,003 \text{ m}^3$$

Dari perhitungan diatas, dengan Volume *Mixture* sebesar 0,015 m³ maka besar Volume Air adalah 0,003 m³.

4.3 Massa Jenis Bahan Organik

Setelah Sayuran, Starter dan Air diketahui, selanjutnya menghitung massa jenis bahan organik. Massa jenis bahan organik dihitung dengan perbandingan antara berat dan volume. Penelitian ini mengambil sampel pada masing masing bahan organik (kol, bayam, kangkung dan kotoran sapi) sebesar 0,2 kg untuk dimasukkan kedalam air satu liter. Besar volume kenaikan air menjadi nilai volume per 0,2 kg pada setiap bahan organik. Pada masing-masing bahan organik

sayuran (kol, bayam dan kangkung) dilakukan penghalusan/*blending* agar pengukuran kenaikan volume pada 1 liter air menjadi lebih akurat. Pada massa jenis bahan organik bayam, berdasarkan data pengukuran, besar kenaikan Volume Air pada bayam adalah $0,000128 \text{ m}^3$. Massa Jenis Bayam dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\rho_b = \frac{m_b}{V_b}$$

$$\rho_b = \frac{0,2 \text{ kg}}{0,000128 \text{ m}^3}$$

$$\rho_b = 1562,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Dari perhitungan diatas, dengan massa bayam sebesar 0,2 kg. Maka besar massa jenis bayam adalah $1562,5 \text{ kg/m}^3$. Sedangkan berdasarkan perhitungan massa jenis kol diperoleh data kenaikan volume air sebesar $0,000149 \text{ m}^3$ maka massa jenis kol adalah $1342,2 \text{ kg/m}^3$. Selanjutnya pada massa jenis kangkung dan kotoran sapi diperoleh volume kenaikan air sebesar $0,000183 \text{ m}^3$ dan $0,000178 \text{ m}^3$, maka besar massa jenis kangkung dan kotoran sapi masing-masing adalah $1092,8 \text{ kg/m}^3$ dan $1123,5 \text{ kg/m}^3$. Massa jenis bahan organik bayam, kol, kangkung dan kotoran sapi dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Massa Jenis Bahan Organik

Bahan Organik	Massa (kg)	Volume (m ³)	Massa Jenis (kg/m ³)
Bayam	0,2	0,000128	1562,5
Kol		0,000149	1342,2
Kangkung		0,000183	1092,8
Kotoran Sapi		0,000178	1123,5

4.4 Massa Bahan Baku

Setelah massa jenis pada masing-masing bahan organik diketahui, selanjutnya menghitung massa bahan baku pada setiap bahan organik. Besar massa masing-masing bahan organik yang dimasukan kedalam digester dihitung melalui perkalian antara massa jenis dan volume pada masing-masing bahan organik. Volume sayuran pada masing-masing digester adalah 0,009 m³. Pada jumlah massa bayam yang dimasukkan ke digester diperlukan nilai massa jenis bayam. Massa jenis bayam diketahui yaitu 1562,5 kg/m³. Massa bayam dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$m = \rho \times V_s$$

$$m = 1562,5 \frac{kg}{m^3} \times 0,009m^3$$

$$m = 14,06kg$$

Dari perhitungan diatas, dengan volume sayuran sebesar 0,009 m³. Maka Massa Bayam yang akan dibutuhkan *digester* adalah 14,06 kg. Sedangkan

berdasarkan perhitungan massa pada bahan organik kol, dengan massa jenis yaitu $1342,2 \text{ kg/m}^3$, diperoleh massa kol adalah $12,07 \text{ kg}$. Pada perhitungan massa kangkung dan kotoran sapi (starter) diketahui massa jenis kangkung dan kotoran sapi masing-masing adalah $1092,8 \text{ kg/m}^3$ dan $1123,5 \text{ kg/m}^3$. Sedangkan volume kangkung dan kotoran sapi adalah $0,009 \text{ m}^3$ dan $0,003 \text{ m}^3$. Maka melalui proses perhitungan didapat jumlah massa kangkung dan kotoran sapi masing-masing adalah $9,8 \text{ kg}$ dan $3,3 \text{ kg}$. Massa bahan organik bayam, kol, kangkung dan kotoran sapi dapat dilihat pada tabel 4.2

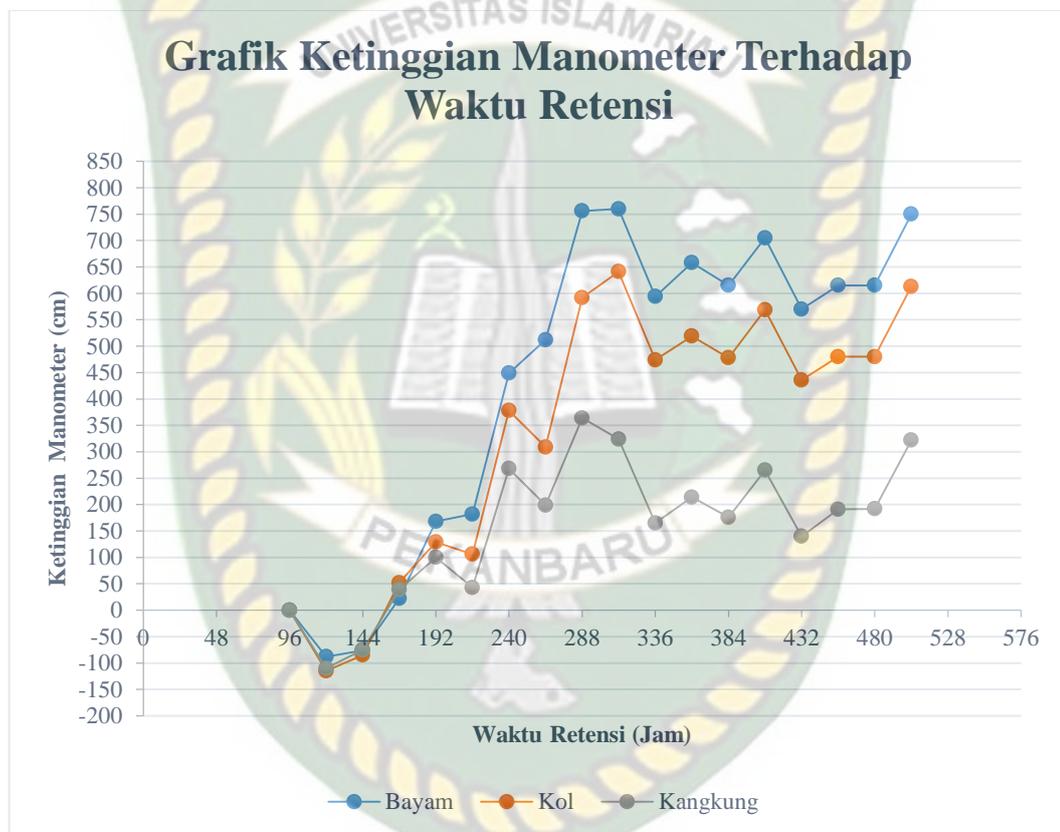
Tabel 4.2 Massa Bahan Organik

Bahan Organik	Volume (m^3)	Massa Jenis (kg/m^3)	Massa (kg)
Bayam	0,009	1562,5	14,06
Kol		1342,2	12,07
Kangkung		1092,8	9,8
Kotoran Sapi	0,003	1123,5	3,3

4.5 Data Hasil Penelitian

Pada penelitian ini, perekaman data penelitian berupa temperatur *digester* dan ketinggian manometer pada masing-masing *digester* bayam, kol, dan kangkung dimulai pada hari ke-4 pada waktu retensi 96 jam sampai pada hari ke-21 pada waktu retensi 504 jam. Hal ini dikarenakan pada hari ke-4 waktu retensi gas *digester* dikeluarkan. Hal ini dilakukan untuk mengurangi kadar oksigen pada ruang gas *digester* sehingga proses fermentasi *anaerob* dapat terjadi dengan

efektif. Selama berlangsungnya fermentasi *anaerob* terjadi fluktuasi temperatur pada *digester* yang mempengaruhi tekanan gas pada *digester*. Data ketinggian manometer, temperatur dan retention time dapat dilihat pada tabel L1. Sedangkan grafik ketinggian manometer berdasarkan waktu retensi pada masing-masing *digester* dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Ketinggian Manometer Terhadap Waktu Retensi

Gambar 4.1 menunjukkan grafik ketinggian manometer pada masing-masing *digester* bayam, kol dan kangkung terhadap waktu retensi. Data ketinggian manometer pada 3 *digester* tidak mengalami perbedaan yang signifikan sampai pada waktu retensi 168 jam. Akan pada waktu retensi 192 jam mulai terjadi perbedaan tekanan antara 3 *digester*. Grafik pada gambar 4.1 menunjukkan

fluktuasi tekanan pada tekanan masing-masing *digester*. Fluktuasi tersebut terjadi akibat perubahan temperatur gas didalam *digester*. Tekanan pada gas *digester* akan meningkat apabila temperatur gas meningkat, sebaliknya tekanan pada gas *digester* akan menurun jika temperatur gas turun. Data temperatur digester dapat dilihat pada tabel L1.

Berdasarkan grafik pada gambar 4.1, hari ke-5, pada waktu retensi 120 jam, terjadi penurunan temperatur pada masing-masing *digester*, yang mengakibatkan penurunan tekanan manometer yang menunjukkan tekanan vakum ($<1\text{atm}$). Pada hari keenam temperatur stabil. Peningkatan sedikit tekanan pada hari ke-6 yang menunjukkan pertumbuhan biogas. Lonjakan tekanan digester yang signifikan terjadi pada hari ke-12 pada waktu retensi 288 jam dimana terjadi peningkatan temperatur mencapai $24,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ mengakibatkan peningkatan ketinggian manometer sebesar 0,25 m dibandingkan dengan hari ke-11.

4.6 Analisa Tekanan Biogas

4.6.1 Tekanan Manometer

Setelah data jarak permukaan air manometer pada ketiga digester diketahui maka selanjutnya adalah menghitung nilai tekanan manometer. Tekanan manometer dihitung melalui penjumlahan antara tekanan hidrostatik dan tekanan atmosfer. Dalam mencari tekanan hidrostatik dibutuhkan parameter massa jenis fluida, percepatan gravitasi dan jarak ketinggian manometer. Manometer pada ketiga digester pada penelitian ini menggunakan fluida air, maka massa jenis air adalah 997 kg/m^3 , dan percepatan gravitasi adalah $9,81\text{ m/s}^2$. Selanjutnya perhitungan nilai tekanan manometer menggunakan persamaan berikut.

$$P_m = \rho_{\text{hidrostatik}} + \rho_{\text{atmosfir}}$$

$$P_m = (H \times \rho_{\text{air}} \times g) + \rho_{\text{atm}}$$

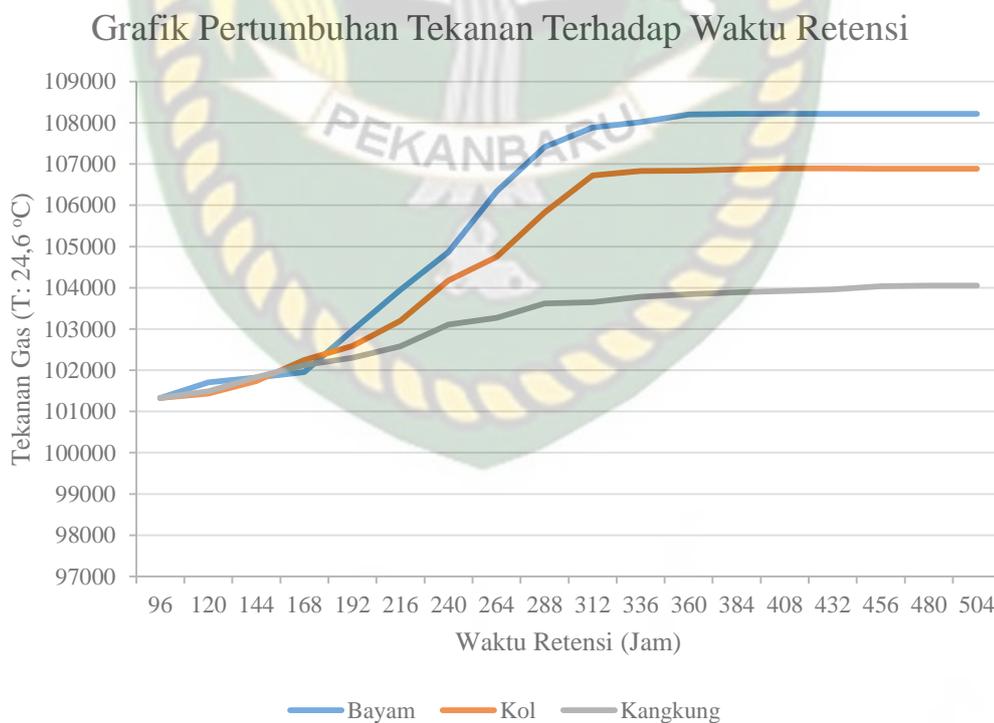
Melalui data ketinggian manometer pada tabel L1 maka dapat diperoleh nilai tekanan manometer. Nilai tekanan manometer pada masing-masing digester dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Tekanan Manometer Pada Masing-Masing Digester

Bayam	Kol	Kangkung	Bayam	Kol	Kangkung
H(m)			Pm(N/m ²)		
0	0	0	101.325,00	101.325,00	101.325,00
-0,088	-0,115	-0,110	100.464,30	100.200,23	100.249,13
-0,076	-0,085	-0,075	100.581,67	100.493,65	100.591,45
0,022	0,052	0,039	101.540,17	101.833,58	101.706,44
0,168	0,129	0,100	102.968,13	102.586,69	102.303,05
0,182	0,106	0,043	103.105,06	102.361,74	101.745,56
0,449	0,377	0,268	105.716,47	105.012,27	103.946,19
0,512	0,347	0,199	106.332,65	104.718,85	103.271,33
0,756	0,592	0,364	108.719,11	107.115,09	104.885,12
0,760	0,641	0,324	108.758,23	107.594,34	104.493,90
0,594	0,474	0,165	107.134,65	105.960,99	102.938,79
0,658	0,519	0,214	107.760,61	106.401,11	103.418,04
0,615	0,478	0,176	107.340,05	106.000,11	103.046,38
0,705	0,569	0,265	108.220,30	106.890,14	103.916,85
0,570	0,436	0,140	106.899,92	105.589,32	102.694,27
0,615	0,480	0,191	107.340,05	106.019,67	103.193,08
0,615	0,480	0,192	107.340,05	106.019,67	103.202,86
0,750	0,613	0,322	108.660,42	107.320,48	104.474,34

4.6.2 Tekanan Pertumbuhan Gas

Hukum Gay Lussac menyatakan “apabila volume gas yang berada pada ruang tertutup dijaga konstan, maka tekanan gas berbanding lurus dengan suhu mutlaknya”. Besar tekanan gas pada *digester* biogas dipengaruhi oleh temperatur. Grafik data hasil penelitian yang ada pada gambar 4.1 menunjukkan hal tersebut. Fluktuasi tekanan menyulitkan dalam mengidentifikasi peningkatan pertumbuhan tekanan biogas. Untuk mengatasi hal ini, dilakukan perhitungan persamaan tekanan pada temperatur gas awal (24,6 °C) menggunakan persamaan gas ideal pada volume konstan (Isovolume). Data hasil perhitungan tersebut dapat menunjukkan pertumbuhan tekanan gas pada digester.



Gambar 4.2 Grafik Pertumbuhan Terhadap Waktu Retensi pada 3 Digester Biogas

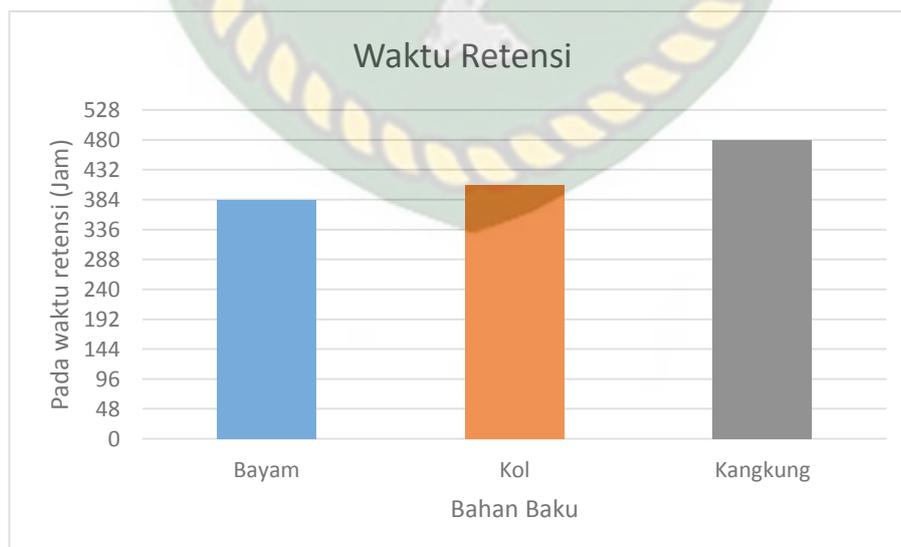
Dari hasil perhitungan menggunakan persamaan gas ideal pada volume konstan (isovolume) diperoleh data pertumbuhan tekanan gas yang ditunjukkan pada gambar 4.2 dan tabel L2. Pada gambar 4.2 tekanan gas pada digester mengalami peningkatan. Berdasarkan grafik, pada tahap awal yaitu pada waktu retensi 96 jam sampai waktu retensi 168 jam, besar peningkatan tekanan pada 3 digester biogas tidak mengalami perbedaan yang jauh. Hal ini menjelaskan bahwa sampai pada retention time 168 jam, bahan organik digester belum mencapai tahap utama produksi gas. Selanjutnya pada gambar 4.2 menunjukkan *digester* bayam mengalami peningkatan tekanan yang signifikan sampai pada hari ke-16 pada waktu retensi 384 jam yaitu sebesar $108.219,8 \text{ N/m}^2$, setelah retention time hari ke-16 tekanan pada *digester* bayam hanya mengalami peningkatan yang sedikit. Sedangkan pada *digester* kol, peningkatan tekanan yang signifikan terjadi sampai hari ke-17 pada waktu retensi 408 jam yaitu sebesar $106.890,1 \text{ N/m}^2$. Setelah hari ke-17 tekanan pada *digester* kol hanya mengalami peningkatan yang kecil. selanjutnya pada *digester* kangkung peningkatan tekanan yang cukup signifikan terjadi sampai hari ke-20 pada waktu retensi 480 jam yaitu sebesar $104.048,7 \text{ N/m}^2$. Setelah hari ke-20 peningkatan tekanan pada *digester* kangkung mengalami penurunan.

Berdasarkan grafik pada gambar 4.2 proses fermentasi bayam menghasilkan tekanan biogas paling tinggi dengan nilai $18220,5 \text{ N/m}^2$, selanjutnya setelah bayam kol menghasilkan tekanan tertinggi kedua dengan besar tekanan akhir $106886,9 \text{ N/m}^2$, lalu bahan organik kangkung menghasilkan tekanan paling kecil dengan nilai tekanan akhir yaitu $104051,3 \text{ N/m}^2$. Hal ini

berbanding lurus pada penelitian yang dilakukan oleh Sutanto, dkk (2018) dengan hasil penelitian yaitu bahan organik bayam menghasilkan volume biogas tertinggi dibandingkan dengan kubis dan kangkung, selanjutnya volume produksi biogas pada kubis menghasilkan jumlah biogas yang lebih tinggi dari bahan organik kangkung, akan tetapi hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan Sutrisno (2010) dengan perbandingan campuran bahan organik dan air 1:1 yang memperoleh hasil penelitian yaitu bayam menghasilkan tekanan tertinggi daripada kangkung dan kubis, sedangkan kangkung menghasilkan tekanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kubis.

4.6.3 Waktu Retensi

Data grafik waktu retensi pada fermentasi anaerob bahan organik bayam, kol dan kangkung dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar 4.3 Grafik Waktu Retensi pada 3 Bahan Organik

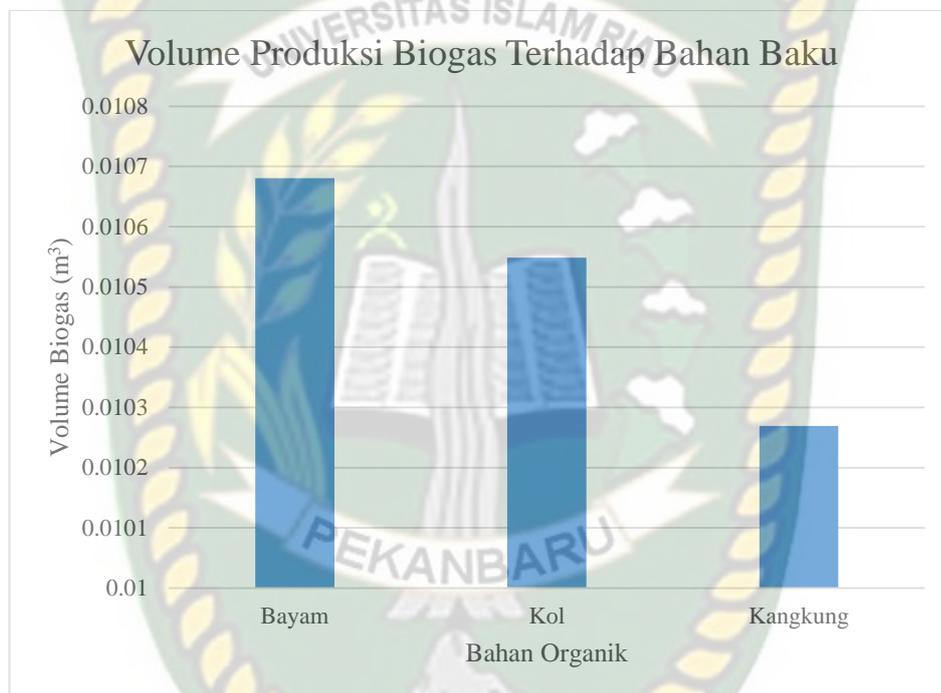
Pada Gambar 4.3 menunjukkan grafik waktu retensi pada bayam kol dan kangkung. Grafik tersebut menunjukkan bahwa waktu retensi bayam lebih cepat dibandingkan dengan kol dan kangkung. Data waktu retensi pada 3 bahan baku biogas diperoleh melalui grafik pertumbuhan tekanan terhadap waktu retensi pada gambar 4.2. Berdasarkan gambar 4.2, pada *digester* bayam peningkatan tekanan yang signifikan terjadi sampai hari ke-16 pada waktu retensi 384 jam, setelah itu terjadi penurunan peningkatan tekanan gas. Maka waktu retensi efektif pada bayam adalah 384 jam. Selanjutnya pada *digester* kol peningkatan tekanan yang signifikan terjadi sampai hari ke-17 pada waktu retensi 408 jam, setelah itu terjadi penurunan peningkatan tekanan gas. Maka waktu retensi efektif pada kol adalah 408 jam. Sedangkan pada *digester* kangkung peningkatan tekanan yang signifikan terjadi sampai hari ke-20 pada waktu retensi 480 jam. Maka waktu retensi efektif pada kangkung adalah 480 jam.

Berdasarkan grafik pada gambar 4.3, waktu retensi bayam lebih cepat dibandingkan dengan kol dan kangkung, hal ini menunjukkan proses fermentasi anaerob bahan organik bayam dalam menghasilkan biogas lebih cepat dibandingkan dengan kol dan kangkung. kol menempati urutan kedua dalam waktu retensi setelah bayam. Selanjutnya kangkung membutuhkan waktu retensi yang lebih lama dibandingkan dengan bayam dan kol.

4.7 Analisa Volume Produksi Gas

Besar peningkatan volume produksi gas berbanding lurus dengan peningkatan tekanan pertumbuhan gas. Peningkatan tekanan pertumbuhan gas

tersebut menandakan peningkatan volume produksi gas digester dalam tekanan 1 atmosfer. Proses peningkatan tekanan pertumbuhan gas berlangsung pada temperatur konstan pada volume $0,01 \text{ m}^3$. Maka dari itu perhitungan volume produksi gas dihitung melalui persamaan gas ideal pada temperatur konstan (*Isothermal*).



Gambar 4.4 Grafik Volume Biogas terhadap Bahan Organik

Dari hasil perhitungan diperoleh data sebagai berikut. Volume produksi biogas pada bahan baku bayam adalah $0,010680 \text{ m}^3$, volume produksi biogas pada bahan baku kol adalah $0,010548 \text{ m}^3$ dan volume produksi biogas pada bahan baku kangkung adalah $0,010269 \text{ m}^3$.

Berdasarkan Gambar 4.4, bahan organik bayam menghasilkan volume biogas paling tinggi dibandingkan dengan volume biogas pada bahan organik kol

dan kangkung. hal tersebut menjelaskan bahwa bayam memiliki tingkat produktifitas yang tinggi dalam menghasilkan biogas dibandingkan dengan kol dan kangkung. Selanjutnya produksi volume biogas pada bahan organik kol menempati posisi kedua dibawah bayam dengan perbedaan volume 0,000132 m³. Dan kangkung menghasilkan volume biogas paling kecil dibandingkan dengan bayam dan kol. Dengan menerapkan variabel dan metode penelitian yang sama, apabila kapasitas digester yang digunakan sebesar 500 liter maka bahan organik bayam akan menghasilkan volume biogas sebesar 0,0136 m³, selanjutnya kol menghasilkan volume biogas sebesar 0,01096 m³ dan volume biogas pada bahan organik kangkung adalah 0,00538 m³.

4.8 Potensi Biogas

Potensi biogas merupakan besar volume produksi biogas yang dihasilkan pada 1 kg bahan organik. Besar volume peningkatan akhir gas digester (V_{pagd}) dan massa bahan organik bayam, kol dan kangkung diperlukan dalam perhitungan potensi biogas. Pada bahan baku bayam dengan massa bayam adalah 14,06 kg dan volume peningkatan akhir (V_{pa}) sebesar 0,000680 m³. Maka besar potensi biogas adalah sebagai berikut.

$$Pgb = \frac{V_{pab}}{m_b}$$

$$Pgb = \frac{0,01068 \text{ m}^3 - 0,01 \text{ m}^3}{14,06 \text{ kg}}$$

$$Pgb = \frac{0,00068 \text{ m}^3}{14,06 \text{ kg}}$$

$$P_{gb} = 0,0000483 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

Berdasarkan perhitungan diperoleh hasil potensi biogas sebagai berikut. Bayam dengan volume peningkatan akhir (V_{pa}) sebesar $0,000680 \text{ m}^3$ dan massa bayam yaitu $14,06 \text{ kg}$ diperoleh potensi biogas adalah $0,0000483 \text{ m}^3$. Sedangkan kol dengan volume peningkatan akhir (V_{pa}) sebesar $0,000549 \text{ m}^3$ dan massa kol yaitu $12,07 \text{ kg}$ diperoleh potensi biogas adalah $0,0000454 \text{ m}^3$. Selanjutnya kangkung dengan volume peningkatan akhir (V_{pa}) sebesar $0,000269 \text{ m}^3$ dan massa bayam yaitu $9,83 \text{ kg}$ diperoleh potensi biogas adalah $0,0000273 \text{ m}^3$. Data hasil perhitungan potensi biogas pada bahan organik bayam, kol dan kangkung dapat dilihat pada tabel 4.5

Tabel 4.5 Potensi Biogas

Bahan Organik	$V_{pa} \text{ (m}^3\text{)}$	$m_s \text{ (kg)}$	$P_b \text{ (m}^3\text{/kg)}$
Bayam	0,000680	14,06	0,0000483
Kol	0,000549	12,07	0,0000454
Kangkung	0,000269	9,83	0,0000273

Berdasarkan tabel 4.5 diperoleh kesimpulan bahwa bayam memiliki potensi biogas paling tinggi dengan nilai $0,0000483 \text{ m}^3\text{/kg}$ dibandingkan dengan kol dan kangkung yang memiliki potensi biogas masing-masing sebesar $0,0000454 \text{ m}^3\text{/kg}$ dan $0,0000273 \text{ m}^3\text{/kg}$.

4.9 Karakteristik Uji Nyala Api

Pada penelitian ini, pengujian nyala api biogas dilakukan tanpa menggunakan regulator, besar nyala api dipengaruhi tekanan gas, pada penyalaan awal, nyala api cukup besar, hal ini karena tekanan *digester* masih tinggi, selanjutnya api mengalami penyusutan, hal ini disebabkan penurunan tekanan *digester*.



Gambar 4.5 Karakteristik Nyala Api Biogas

Berdasarkan data hasil penelitian, *digester* bayam memiliki volume gas sebesar $0,000680\text{m}^3$. Uji nyala api yang dilakukan menghasilkan waktu penyalaan api selama 1 menit 14 detik. Selanjutnya pada *digester* kol dengan volume gas sebesar $0,000549\text{m}^3$. Uji nyala api yang dilakukan menghasilkan waktu penyalaan

api selama 58 detik. Dan *digester* kangkung yang memiliki volume gas sebesar $0,000269\text{m}^3$. Uji nyala api yang dilakukan menghasilkan waktu penyalaan api selama 32 detik. Pengujian tersebut menghasilkan api berwarna biru kemerah-merahan menandakan biogas masih mengandung sedikit uap air. Pengujian Karakteristik Nyala Api Biogas dapat dilihat pada Gambar 4.5

Dengan menerapkan variabel dan metode penelitian yang sama, apabila kapasitas *digester* yang digunakan sebesar 500 liter maka pada pengujian nyala api, bahan organik bayam akan menghasilkan waktu nyala api sebesar 24 menit 40 detik, selanjutnya kol menghasilkan waktu nyala api sebesar 19 menit 20 detik, dan waktu nyala api pada bahan organik kangkung adalah 10 menit 40 detik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa produksi dan karakteristik biogas dari bahan baku kol, bayam dan kangkung dalam biodigester anaerob dengan kapasitas digester $0,025 \text{ m}^3$, dan volume bahan baku antara air, starter dan sayuran berurutan adalah $0,003 \text{ m}^3$, $0,003 \text{ m}^3$, $0,009 \text{ m}^3$ (rasio 1:1:3) menghasilkan tekanan, volume produksi biogas, waktu retensi, dan karakteristik serta waktu nyala api berbeda-beda pada masing-masing jenis bahan baku.

Reaktor biogas pada bahan baku kol dengan massa bahan baku sebesar 12,07 kg mengalami fermentasi anaerob pada digester dan menghasilkan tekanan puncak $106.890,1 \text{ N/m}^2$, pada retention time efektif 408 jam, memproduksi biogas sebesar $0,000548 \text{ m}^3$. Pengujian nyala api biogas kol menghasilkan waktu nyala api adalah 58 detik.

Reaktor biogas pada bahan baku bayam dengan massa bahan baku sebesar 14,06 kg mengalami fermentasi anaerob pada digester dan menghasilkan tekanan puncak $108.220,5 \text{ N/m}^2$, pada retention time efektif 384 jam, memproduksi biogas sebesar $0,00068 \text{ m}^3$. Pengujian nyala api biogas bayam menghasilkan waktu nyala api adalah 1 menit 14 detik.

Reaktor biogas pada bahan baku kangkung dengan massa bahan baku sebesar 9,8 kg mengalami fermentasi anaerob pada digester dan menghasilkan tekanan puncak $104.048,7 \text{ N/m}^2$, pada retention time efektif 480 jam,

memproduksi biogas sebesar 0,000269 m³. Pengujian nyala api biogas kol menghasilkan waktu nyala api adalah 32 detik.

Hasil data pengujian menunjukkan bahwa reaktor biogas berbahan baku bayam menghasilkan lebih banyak biogas dari pada kol dan kangkung. Waktu retensi biogas pada bahan baku bayam lebih cepat dari pada kol dan kangkung. karakteristik nyala api menghasilkan warna api biru kemerah-merahan menandakan bahan bakar mengandung sedikit uap air.

5.2 Saran

Dalam melakukan penelitian pada bidang biogas, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam merancang reaktor serta komponen-komponennya, hal tersebut berpengaruh dan memberikan dampak pada proses penelitian. Hal-hal tersebut yaitu.

1. Digester adalah komponen utama pada biogas. Kebocoran kecil pada digester mengakibatkan kegagalan pada sistem biogas dan biogas menjadi terbuang. Perlu dipastikan digester yang digunakan tidak mengalami kebocoran.
2. Tekanan pada digester material plastik, akan mengakibatkan perenggangan pada material body. Perenggangan tersebut dapat mengakibatkan kebocoran pada bagian sambungan yang di lem. Lakukan pengeleman dengan efektif dan kuat. Sehingga mampu menahan perenggangan yang terjadi.

3. Terjadinya fluktuasi temperatur pada retention time, mengakibatkan tekanan pada reaktor tidak stabil. Diperlukan manometer dengan kapasitas 1,5 meter untuk mengantisipasi lonjakan tekanan akibat temperatur naik.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

Daftar Pustaka

- Abbasi, Tasneem dkk. 2012. *Biogas Energy*. London : Springer
- Akunna, Joseph. 2019. *Anaerobic Waste-Wastewater Treatment And Biogas Plants Practical Handbook*. New York : CRC Press
- Suyitno, Agus dkk. 2010. *Teknologi Biogas Pembuatan, Operasional dan Pemanfaatan*. Yogyakarta : Graha Ilmu
- Elfiano, Eddy dkk. 2019. *Sistem Biogas Sebagai Energi Terbarukan Skala Rumah Tangga Dengan Memanfaatkan Limbah Kotoran Burung Puyuh*. Pekanbaru : Universitas Islam Riau
- Timings, Roger. 2006. *Mechanical Engineer's Pocket Book Third Edition*. Oxford : Elsevier
- Daryus, Asyari. 2007. *Diktat Kuliah Termodinamika Teknik I*. Jakarta : Universitas Darma Persada
- Supriyanto, Toto dan Sutanto. 2016. *Proses Produksi Biogas Dari Sampah Organik Rumah Tangga Di Wilayah Duren Mekar*. Jakarta : Politeknik Negeri Jakarta
- Sutrisno, Joko. 2010. *Biogas Dari Bahan Sampah Sayuran*. Surabaya : Universitas PGRI Adi Buana
- Krisno, Agus dan Muizuddin. 2014. *Instalasi Biogas Kotoran Sapi*. Malang : Universitas Muhammadiyah Malang
- Maryani, Sri. 2016. *Potensi Campuran Sampah Sayuran Dan Kotoran Sapi Sebagai Penghasil Biogas*. Malang : Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim
- Solikin, Muhammad. 2016. *Pembuatan Energi Alternatif Biogas Dengan Bahan Baku Sampah Sayuran Kubis*. Kediri : Universitas Nusantara Persatuan Guru Republik Indonesia

Adelekan and Bamgboye. 2009. *Effect Of Mixing Ratio Of Slurry On Biogas Production Of Major Farm Animal Waste Types*. Journal Of Applied Bioscience 22: 1333-1343

Thu, Chu dkk. 2013. *Biogas From Chicken, Pig And Cow Manure, Influence Of Biomass Composition On Methane Yield*. Hanoi : International Conference On Frontiers Of Environment. Energy And Bioscience

Oktavia, Indri dan Adi Firmansyah. 2016. *Pemanfaatan Teknologi Biogas Sebagai Bahan Bakar Alternatif Disekitar Wilayah Operasional PT. Pertamina Asset 2 Prabumulih Field*. Jurnal Resolusi Konflik, CSR, dan Pemberdayaan Vol. 1 (1): 32-36

Helal, Mufid. 2017. *Graphical Thermodynamics And Ideal Gas Power Cycles*. Momentum Press Engineering. New York : Momentum Press

Mukumba, Patrick dkk. 2019. *Design, Construction And Mathematical Modelling Of Performance Of Biogas Digester For A Family, Eastern Cape Province, South Africa*. Cape : Africa Science Technology Innovation and Development