

Skripsi Fisika

PEMANFAATAN BIOGAS ECENG GONDOK SEBAGAI
SUMBER ENERGI ALTERNATIF

OLEH :

AZIZAH DWI SA'DIYAH
H211 07 053



PROGRAM STUDI FISIKA JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2011

**PEMANFAATAN BIOGAS ECENGGONDOK SEBAGAI SUMBER
ENERGI ALTERNATIF**

AZIZAH DWI SA'DIYAH

H 211 07 053



Diajukan

Untuk Melengkapi tugas dan Memenuhi Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains

Pada Program Studi Fisika Jurusan Fisika Universitas Hasanuddin

**PROGRAM STUDI FISIKA JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

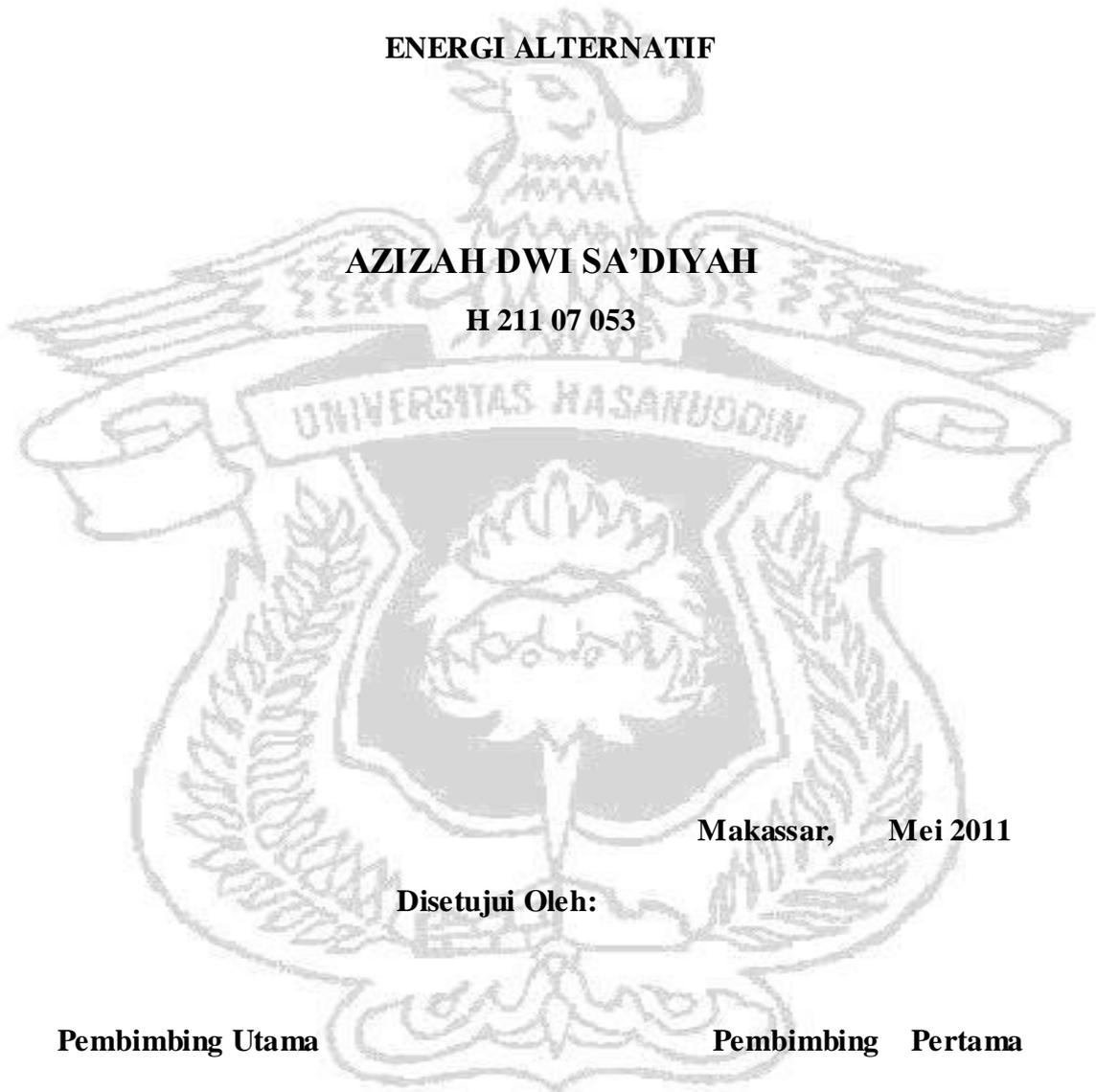
2011

Lembar Pengesahan

**PEMANFAATAN BIOGAS ECENG GONDOK SEBAGAI SUMBER
ENERGI ALTERNATIF**

AZIZAH DWI SA'DIYAH

H 211 07 053



Makassar, Mei 2011

Disetujui Oleh:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama

Dr. Paulus Lobo Gareso, M.Sc
NIP.196503051991031008

Dra. Bidayatul Armynah, MT
NIP.196308301989032001

SARI BACAAN

Telah dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan biogas eceng gondok (*Eichornia crassipes*) sebagai sumber energi alternatif. Penelitian ini bertujuan untuk mendisain reaktor, mengukur suhu, mengukur pH, melakukan uji nyala. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa suhu, pH, dan komposisi perbandingan bahan sangat mempengaruhi pembentukan biogas. Perbandingan massa eceng gondok dan air (kg:kg) yang digunakan adalah 1:1,1:2, dan 1:3 dengan masing-masing perbandingan diberi kotoran kambing sebanyak 400 gram. Semua perlakuan menghasilkan gas yang dapat menyala. Kalor yang dihasilkan antara 12,75 kalori hingga 16,6 kalori.

Kata kunci: eceng gondok, biogas, reaktor

ABSTRACT

The experiment which have been made about biogas utilization of water hyacinth (*Eichornia Crassipes*) as alternative energy resources. This experiment have as a purpose to reactor design, measure of temperature, measure of pH, and have been made a flame experiment. The result of this experiment be that temperature, pH, and composition in material comparison is very influence the formation of biogas. The mass comparison of water hyacinth and water (kg:kg) which use is 1:1, 1:2, and 1:3 with comparison to each and then given the faces of goat as much as 400 gr. All that is action have result from gas which ignitable. The result of heat between 12,72 calories to 16,6 calories.

Key Words : water hyacinth, biogas, reactor

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu Alaikum Wr. Wb

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena hanya dengan rahmat dan keridhaannya sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan laporan hasil penelitian dengan judul **“PEMAANFAATAN BIOGAS ECENG GONDOK SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF”** dibidang fisika ini sabagai salah satu syarat untuk meraih gelar sarjana sains (strata satu) dijurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan penghargaan dan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada **Ayahanda H. Sutato** atas dukungan, doa dan nasehat-nasehanya, **Ibunda Suwariyah** yang telah melahirkan, mendidik dan membesarkan dengan penuh kasih sayang. Untuk kakakku yang tersayang **Nur Khasanan** terimah kasih yang sebesar-besarnya atas dukungan dan nasihat-nasehatnya. Terimah kasih juga untuk adikku tersayang **Farida Zuhriyah, dan Muhamad Agus Mubasir** yang telah membuat penulis paham akan arti jauh tak berjarak dekat tak bersentuh. Juga keponakan-keponakan tersayang **Nabila Lutfiatul Janah, Haura, Fais, Husein, dan Namia.**

Ucapan terimakasih penulis sampaikan pula kepada:

1. Bapak **Dr. Paulus Lobo Gareso, M.Sc** dan ibu **Dra. Bidayatul Armynah, MT** , selaku Pembimbing Utama dan Pertama yang telah memberikan bantuan, arahan dan bimbingan dengan penuh kesabaran dan meluangkan

waktunya untuk memberikan bimbingan, dalam menyelesaikan tugas akhir sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.

2. Bapak **Prof.Dr. H. Halmar Halide, M.Sc.** Selaku Ketua Jurusan Fisika beserta seluruh staf pengajar dan administrasi yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas kepada penulis untuk belajar hingga dapat menyelesaikan studi pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Makassar.
3. Bapak **Drs. Lantu, M.Eng.Sc,DESS** selaku pembimbing akademik dan Satgas Fisika untuk Program BSB Papua, yang telah membimbing penulis selama masa pendidikan.
4. Bapak **Drs. Budi Nurwahyu M.Si, Drs.H. Arifin, M.T** selaku Ketua dan sekretaris program BSB Papua,dan seluruh pengurus BSB PAPUA, dan **Pengurus DIKTI** yang telah berjasa pada penulis terima kasih atas bantuan serta perhatian selama penulis menjalani pendidikan.
5. **Tim dosen Penguji dan Panitia sidang** yang telah memberikan masukan demi kesempurnaan skripsi ini.
6. Keluarga besar **Gawang mas** di Banyumas dan keluarga besar **Tirta Kencana** di Merauke, yang telah memberi banyak semangat, doa, dan motivasi kepada penulis.
7. Teman-teman penulis **“physics 07”Triasih, Paryati, Tinar, Icha, mba’ mila, Peni, mba’ Sri, Santi, Wana ,Nela, Puji , Jojo, Ateng, Sandi, Chritian, Slamet, Tuti Nduth, Tuti Pabbi, Samiya, Yakoba, Salmen, Yani, Lisa, Resmiyanti, Ratih, Mini, Novita, Murni, Nurul.J,** serta teman-

teman **PROGRAM S-I BSB PAPUA** dari **matematika** yang tak bisa penulis sebutkan satu persatu.

8. Keluarga besar **Hockey Unhas** yang telah memberi banyak pengalaman, dan motivasi untuk terus maju **Bravo Hockey Unhas**.
9. Ukhti-ukhti **Fatimah Az-Zahra** yang tercinta **kak Risna, mba' Mila, Peni, Roz, Yani, Yati, Mba' Zri, Ayu,Ilmi** yang Insyaallah selalu mengingatkan penulis untuk selalu istiqomah dekat kepada Allah SWT.
10. **Pemerintah Kabupaten Merauke** yang telah memberi kesempatan pada penulis untuk menempuh pendidikan yang lebih baik, **Isakot Bekai Isakot Kai**.
11. Serta seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini .

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa isi tulisan ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca.

Akhirnya harapan penulis, kiranya skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semoga Allah SWT tetap memberikan Rahmat dan Hidayahnya kepada kita semua. Amin.

wassalam

Makassar, Mei 2011

Penulis

AZIZAH DWI SA'DIYAH

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SARI BACAAN	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Ruang Lingkup..	3
I.3 Tujuan Penelitian	3
BAB II TINJAUN PUSTAKA	
II.1 Eceng Gondok....	4
II.2 Komposisi Kimia Eceng Gondok	6
II.3 Biogas.....	8
II.4 Gas Metan	10
II.5 Fermentasi.....	13
II.6 Bakteri	15
II.7 Mekanisme Pembuatan Biogas	17

II.8 Jenis Reaktor Biogas	19
II.9 Kapasitas Panas Spesifik	20
II.10 Perubahan Fasa	22
II.11 Hukum ke Nol Termodinamika	23
II.12 Hukum Termodinamika I	23

BAB III METODE PENELITIAN

III.1 Lokasi Pengambilan Bahan	25
III.2 Lokasi Penelitian	25
III.3 Alat dan Bahan.....	25
III.4 Prosedur Kerja	26
III.4.1 Pembuatan Reaktor	26
III.4.2 Persiapan Bahan Biogas	27
III.4.3 Uji Nyala	27
III.4.4 Analisa Suhu	27
III.4.5 Menghitung Jumlah Kalor	27
III.5 Bagan Alir Peneltian	28

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Disain Reaktor	29
IV.2 Proses Pembentukan Gas	30
IV.3 Uji Nyala	32
IV.4 Penghitungan Kalor	33
IV.5 Hasil Pengukuran Kandungan Gas.....	35
IV.6 Hasil Pengukuran Derajat Keasaman (pH) dan suhu	36

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan 40

V.2 Saran 40

DAFTAR PUSTAKA 41

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Eceng Gondok	5
Gambar IV.1 Disain Reaktor Biogas Sederhana	29

DAFTAR TABEL

Table II.1 Kandungan Kimia Eceng Gondok Segar.....	7
Table II.2 Kandungan Kimia Eceng Gondok Kering	7
Table II.3 Komposisi Biogas	9
Tabel II.4 Kondisi Optimum Produksi Biogas.....	10
Tabel II.5 Batas Konsentrasi Penghambat	15
Tabel IV.1 Waktu Pembentukan Gas	31
Tabel IV.2 Uji Nyala	32
Tabel IV.3 Penghitungan Kalor	34
Tabel IV.4 Kandungan Gas	35
Tabel IV.5 Derajat Keasaman (pH)	37
Tabel IV.6 Suhu Digester dalam Reaktor	38

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Setelah harga BBM naik beberapa waktu yang lalu, kehidupan masyarakat di desa maupun kota semakin sulit. Warga berlomba-lomba mencari sumber energi alternatif, ada yang menggunakan energi matahari, energi air maupun energi angin. Namun, sejauh ini masih belum ditemukan sumber energi yang benar-benar bisa menggantikan bahan bakar minyak. Sebenarnya ada sumber energi alternatif yang relatif sederhana dan sangat cocok untuk masyarakat pedesaan. Energi alternatif itu adalah biogas.

Jutaan meter kubik metana dalam bentuk gas rawa atau biogas yang dihasilkan setiap tahun oleh dekomposisi bahan organik, baik hewan dan sayur hampir sama jumlahnya dengan gas alam yang dipompa keluar dari tanah oleh perusahaan minyak dan digunakan oleh kita untuk penerangan, memasak, industri dan lain-lain. Di masa lalu, biogas telah diperlakukan sebagai produk berbahaya, yang harus dibuang secepat mungkin, bukannya dimanfaatkan untuk tujuan yang bermanfaat. Pada masa sekarang beberapa orang sudah mulai melihat biogas sebagai sumber energi baru yang dapat dimanfaatkan dan dapat dikelola dengan aman. Bahan pembentuk biogas ini dapat berupa kotoran ternak, kotoran manusia, limbah rumah tangga, limbah pertanian, dll. Salah satunya adalah eceng gondok yang dikenal sebagai gulma air.

Biogas memiliki kandungan energi tinggi yang tidak kalah dari kandungan energi bahan bakar fosil. Nilai kalori dari 1m^3 biogas setara dengan 0,6-0,8 liter minyak tanah. Untuk menghasilkan listrik 1kwh dibutuhkan 0,62-1 m^3 biogas yang setara dengan 0,52 liter minyak solar. Oleh karena itu, biogas sangat cocok menggantikan minyak tanah, LPG, dan bahan bakar fosil lainnya. Biogas mengandung 55-75% metana. Semakin tinggi kandungan metana dalam bahan bakar, semakin besar kalori yang dihasilkan. Oleh karena itu, biogas juga memiliki karakteristik yang sama dengan gas alam. Dengan demikian, jika biogas diolah dengan benar, bisa digunakan untuk menggantikan gas alam.

Adopsi teknologi dapat digunakan untuk mengkonversi gulma air dalam hal ini eceng gondok menjadi energi berupa biogas. Konversi biologi berupa biogas ini termasuk teknologi yang memiliki efisiensi tinggi karena residu proses biogas juga dapat dimanfaatkan sebagai produk berkualitas tinggi. Tanpa keterlibatan teknologi pengolahan limbah, metana hasil penguraian limbah secara natural akan terlepas dan mencemari atmosfer tanpa termanfaatkan. Dari sudut pandang itulah dapat disimpulkan bahwa teknologi biogas termasuk teknologi ramah lingkungan. Berdasarkan hal tersebut diatas maka saya meneliti pemanfaatan eceng gondok sebagai sumber energi alternatif.

I.2 Ruang Lingkup

Dalam penelitian ini dilakukan disain reaktor untuk menghasilkan biogas, mengukur suhu dan pengujian nyala. Bahan yang digunakan adalah eceng gondok.

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mendisain reaktor biogas sederhana dan menggunakan bahan eceng gondok
2. Mengukur suhu pada isi reaktor biogas, mengukur pH bahan, dan melakukan uji nyala serta menghitung kalor

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Setelah harga BBM naik beberapa waktu yang lalu, kehidupan masyarakat di desa maupun kota semakin sulit. Warga berlomba-lomba mencari sumber energi alternatif, ada yang menggunakan energi matahari, energi air maupun energi angin. Namun, sejauh ini masih belum ditemukan sumber energi yang benar-benar bisa menggantikan bahan bakar minyak. Sebenarnya ada sumber energi alternatif yang relatif sederhana dan sangat cocok untuk masyarakat pedesaan. Energi alternatif itu adalah biogas.

Jutaan meter kubik metana dalam bentuk gas rawa atau biogas yang dihasilkan setiap tahun oleh dekomposisi bahan organik, baik hewan dan sayur hampir sama jumlahnya dengan gas alam yang dipompa keluar dari tanah oleh perusahaan minyak dan digunakan oleh kita untuk penerangan, memasak, industri dan lain-lain. Di masa lalu, biogas telah diperlakukan sebagai produk berbahaya, yang harus dibuang secepat mungkin, bukannya dimanfaatkan untuk tujuan yang bermanfaat. Pada masa sekarang beberapa orang sudah mulai melihat biogas sebagai sumber energi baru yang dapat dimanfaatkan dan dapat dikelola dengan aman. Bahan pembentuk biogas ini dapat berupa kotoran ternak, kotoran manusia, limbah rumah tangga, limbah pertanian, dll. Salah satunya adalah eceng gondok yang dikenal sebagai gulma air.

Biogas memiliki kandungan energi tinggi yang tidak kalah dari kandungan energi bahan bakar fosil. Nilai kalori dari 1 m^3 biogas setara dengan 0,6-0,8 liter minyak tanah. Untuk menghasilkan listrik 1kwh dibutuhkan 0,62-1 m^3 biogas yang setara dengan 0,52 liter minyak solar. Oleh karena itu, biogas sangat cocok menggantikan minyak tanah, LPG, dan bahan bakar fosil lainnya. Biogas mengandung 55-75% metana. Semakin tinggi kandungan metana dalam bahan bakar, semakin besar kalori yang dihasilkan. Oleh karena itu, biogas juga memiliki karakteristik yang sama dengan gas alam. Dengan demikian, jika biogas diolah dengan benar, bisa digunakan untuk menggantikan gas alam.

Adopsi teknologi dapat digunakan untuk mengkonversi gulma air dalam hal ini eceng gondok menjadi energi berupa biogas. Konversi biologi berupa biogas ini termasuk teknologi yang memiliki efisiensi tinggi karena residu proses biogas juga dapat dimanfaatkan sebagai produk berkualitas tinggi. Tanpa keterlibatan teknologi pengolahan limbah, metana hasil penguraian limbah secara natural akan terlepas dan mencemari atmosfer tanpa termanfaatkan. Dari sudut pandang itulah dapat disimpulkan bahwa teknologi biogas termasuk teknologi ramah lingkungan. Berdasarkan hal tersebut diatas maka saya meneliti pemanfaatan eceng gondok sebagai sumber energi alternatif.

I.2 Ruang Lingkup

Dalam penelitian ini dilakukan disain reaktor untuk menghasilkan biogas, mengukur suhu dan pengujian nyala. Bahan yang digunakan adalah eceng gondok.

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mendisain reaktor biogas sederhana dan menggunakan bahan eceng gondok
2. Mengukur suhu pada isi reaktor biogas, mengukur pH bahan, dan melakukan uji nyala serta menghitung kalor

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Eceng Gondok

Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) merupakan tumbuhan air yang tumbuh di rawa-rawa, danau, waduk dan sungai yang alirannya tenang. Salah satu jenis tumbuhan air mengapung. Selain dikenal dengan nama eceng gondok, di beberapa daerah di Indonesia, eceng gondok mempunyai nama lain seperti di daerah Palembang dikenal dengan nama Kelipuk, di Lampung dikenal dengan nama Ringgak, di Dayak dikenal dengan nama Ilung-ilung, di Manado dikenal dengan nama Tumpe.

Seiring dengan perkembangan iptek, bagian tumbuhan eceng gondok setelah dikeringkan ternyata bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan tas wanita yang cantik, kopor, sandal, keranjang (tempat pakaian bekas), tatakan gelas, tikar, nampan dan sebagainya. Malah belakangan ini banyak dimanfaatkan untuk mendukung industri mebel dan furniture, sebagai pengganti rotan yang harganya semakin melangit. Namun seiring makin langkanya bahan bakar, keberadaan eceng gondok juga dilirik. Jika selama ini kita hanya mengenal biogas dari kotoran sapi atau manusia, maka kini eceng gondok juga bisa dimanfaatkan menjadi biogas.^[1]

Klasifikasi Ilmiah^[1]

Kerajaan	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <u>Magnoliophyta</u>
Kelas	: Liliopsida
Ordo	: Commelinales
Family	: Pontederiaceae
Genus	: <i>Eichhornia</i>
	Kunth
Spesies	: <i>E. crassip</i>
Nama binomial	: <i>Eichhornia crassipes</i>



Gambar II.1 Eceng gondok

Eceng gondok sebenarnya mengandung lignoselulosa, sedangkan selulosa merupakan bahan untuk pembuatan kertas, selain itu, dengan kandungan selulosanya, eceng gondok bisa juga digunakan sebagai bahan pembuatan bioetanol yang sekarang ini amat diperlukan untuk mengatasi berkurangnya produksi minyak dunia. ^[2]

II.2 Komposisi Kimia Enceng Gondok

Komposisi kimia enceng gondok tergantung pada kandungan unsur hara tempatnya tumbuh, dan sifat daya serap tanaman tersebut. Enceng gondok mempunyai sifat-sifat yang baik antara lain dapat menyerap logam-logam berat, senyawa sulfida, selain itu mengandung protein lebih dari 11,5 %, dan mengandung selulosa yang lebih tinggi/lebih besar dari non selulosanya seperti lignin, abu, lemak, dan zat-zat lain. Pada tabel, *Anonymous* (1966) dalam penelitiannya terhadap enceng gondok dari Banjarmasin mengemukakan kandungan kimia tangkai enceng gondok tua yang segar.^[2]

Tabel II.1 Kandungan Kimia Enceng Gondok Segar^[2]

Senyawa Kimia	Persentase (%)
Air	92,6
Abu	0,44
Serat kasar	2,09
Karbohidrat	0,17

Lemak	0,35
Protein	0,16
Fosfor sebagai P ₂ O ₅	0,52
Kalium sebagai K ₂ O	0,42
Klorida	0,26
Alkanoid	2,22

Sedangkan, R. Roechyati (1983) mengemukakan kandungan dari tangkai enceng gondok kering tanur pada tabel II.2

Tabel II.2 Kandungan Kimia Enceng Gondok Kering^[2]

Senyawa Kimia	Persentase (%)
Selulosa	64,51
Pentosa	15,61
Lignin	7,69
Silika	5,56
Abu	12

II.3 Biogas

Biogas adalah gas yang dihasilkan oleh aktifitas anaerobik atau fermentasi dari bahan-bahan organik termasuk diantaranya kotoran manusia dan hewan, limbah domestik (rumah tangga) sampah biodegradebel. Kandungan utama dalam biogas adalah metana dan karbon dioksida. Biogas memanfaatkan proses pencernaan yang dihasilkan oleh bakteri methanogen yang produknya berupa gas metana.^[3]

Secara ilmiah biogas yang dihasilkan dari sampah organik adalah gas yang mudah terbakar, gas ini dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi tanpa udara). Umumnya, semua jenis bahan organik bisa diproses untuk menghasilkan biogas, tetapi hanya bahan organik homogen, baik padat maupun cair yang cocok untuk sistem biogas sederhana. Bila sampah-sampah organik tersebut membusuk, akan dihasilkan gas metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2). Tapi, hanya CH_4 yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Umumnya kandungan metana dalam reaktor sampah organik berbeda-beda. Zhang et al (1997) dalam penelitiannya, menghasilkan metana sebesar 50-80% dan karbon dioksida 20-50%. Sedangkan Hansen (2001) dalam reaktor biogasnya mengandung sekitar 60-70% metana, 30-40% karbon dioksida, dan gas –gas lain meliputi amonia, hydrogen sulfida, dan gas lainnya. Tetapi secara umum rentang komposisi biogas adalah sebagai berikut:^[4]

Tabel II.3 Komposisi Biogas^[4]

Komponen	%
Metana (CH_4)	55-75
Karbondioksida (CO_2)	25-45
Nitrogen (N_2)	0-0,3
Hidrogen (H_2O)	1-5
Hidrogen sulfide (H_2S)	0-3
Oksigen (O_2)	0,1-0,5

Pada dasarnya efisiensi produksi biogas sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor meliputi: suhu, derajat keasaman (pH), konsentrasi asam-asam lemak volat, nutrisi, zat racun, waktu reaktansi hidrolik, kecepatan bahan organik, dan konsentrasi amonia.

Tabel II.4 Kondisi Optimum Produksi Biogas^[4]

Parameter	Kondisi Optimum
Suhu	35 ^o c
Derajat Keasaman	7-7,2
Nutrien Utama	Karbon dan nitrogen
Nisbah Karbon dan Nitrogen	20/1 sampai 30/1
Sulfida	<200 mg/L
Logam-logam berat Terlarut	<1 mg/L
Kalsium	<2000 mg/L
Magnesium	<1200 mg/L
Amonia	<1700 mg/L

II.4 Gas Metan

Sisa atau buangan senyawa organik yang berasal dari tanaman ataupun hewan secara alami akan terurai, baik akibat pengaruh lingkungan fisik (seperti panas matahari), lingkungan kimia (seperti adanya senyawa lain) atau yang paling umum dengan adanya jasad renik yang disebut mikroba, baik bakteri maupun jamur.

Akibat penguraian bahan organik yang dilakukan jasad renik tersebut, maka akan terbentuk zat atau senyawa lain yang lebih sederhana (kecil), serta salah satu diantaranya berbentuk CH_4 atau gas metan. Gas metan yang bergabung dengan CO_2 atau gas karbon dioksida yang kemudian disebut biogas dengan perbandingan 65:35. Seperti sampah atau jerami yang diproses menjadi kompos memerlukan persyaratan dasar tertentu, demikian pula dalam proses pengubahan sampah atau buangan menjadi biogas, memerlukan persyaratan tertentu yang menyangkut :

- 1) Kandungan atau isi yang terkandung dalam bahan. Hal ini menyangkut nilai atau perbandingan antara unsur C (karbon) dengan unsur N (nitrogen) yang secara umum dikenal dengan nama rasio C/N. Perubahan senyawa organik dari sampah atau kotoran kandang menjadi CH_4 (gas metan) dan CO_2 (gas karbon dioksida) memerlukan persyaratan rasio C/N antara 20-25. Sehingga kalau menggunakan bahan hanya berbentuk jerami dengan rasio C/N diatas 65, maka walaupun CH_4 dan CO_2 akan terbentuk, perbandingan $\text{CH}_4 : \text{CO}_2 = 65:35$ tidak akan tercapai. Mungkin perbandingan tersebut bernilai 45:55 atau 50:50 atau 40:60 serta angka-angka lain yang kurang dari yang sudah ditentukan, maka hasil biogasnya akan

mempunyai nilai bakar rendah atau kurang memenuhi syarat sebagai bahan energi. Juga sebaliknya kalau bahan yang digunakan berbentuk kotoran kandang, misalnya dari kotoran kambing dengan rasio C/N sekitar 8, maka produksi biogas akan mempunyai perbandingan antara CH₄ dan CO₂ seperti 90:10 atau nilai lainya yang terlalu tinggi. Dengan nilai ini maka hasil biogasnya juga terlalu tinggi nilai bakarnya, sehingga mungkin akan membahayakan pengguna. Hal lain yang perlu diperhatikan yaitu rasio C/N terlalu tinggi atau terlalu rendah akan mempengaruhi proses terbentuknya biogas, karena ini merupakan proses biologis yang memerlukan persyaratan hidup tertentu, seperti juga manusia.

- 2) Kadar air yang terkandung dalam bahan yang digunakan, juga seperti rasio C/N harus tepat. Jika hasil biogas diharapkan sesuai dengan persyaratan yang berlaku, maka bahan yang digunakan berbentuk kotoran kambing kering dicampur dengan sisa-sisa rumput bekas makanan atau dengan bahan lainnya yang juga kering, maka diperlukan penambahan air. Tapi berbeda kalau bahan yang akan digunakan adalah sampah organik misalnya sisa makanan yang telah basi atau sayur hijau yang telah membusuk. Dalam bahannya sudah terkandung air, sehingga penambahan air tidak akan sebanyak pada bahan yang kering. Air berperan sangat penting didalam proses biologis pembuatan biogas. Artinya terlalu banyak (berlebihan) juga jangan terlalu sedikit (kekurangan).
- 3) Temperatur yang diyakini sebagai temperatur optimum perkembangbiakan bakteri metan adalah sekitar 35° C. Dengan temperatur itu proses pembuatan biogas akan

berjalan sesuai dengan waktunya. Tetapi berbeda kalau nilai temperatur terlalu rendah (dingin), maka waktu untuk menjadi biogas akan lebih lama.

- 4) Kehadiran jasad pemproses atau jasad yang mempunyai kemampuan untuk menguraikan bahan-bahan yang akhirnya membentuk CH_4 dan CO_2 . Dalam kotoran kandang, lumpur selokan ataupun sampah dan jerami, serta bahan-bahan buangan lainnya, banyak jasad renik, baik bakteri maupun jamur pengurai. Tapi yang menjadi masalah adalah hasil uraiannya belum tentu menjadi CH_4 yang diharapkan serta mempunyai kemampuan sebagai bahan bakar. Maka untuk menjamin agar kehadiran jasad renik atau mikroba pembuat biogas (umumnya disebut bakteri metan), sebaiknya digunakan starter, yaitu bahan atau substrat yang didalamnya sudah dapat dipastikan mengandung mikroba metan sesuai yang dibutuhkan.
- 5) Aerasi atau kehadiran udara (oksigen) selama proses. Dalam hal pembuatan biogas maka udara sama sekali tidak diperlukan dalam bejana pembuat. Keberadaan udara menyebabkan gas CH_4 tidak akan terbentuk. Untuk itu maka bejana pembuat biogas harus dalam keadaan tertutup rapat.

Masih ada beberapa persyaratan lain yang diperlukan agar hasil biogas sesuai dengan harapan. Tetapi ke lima syarat tersebut sudah merupakan syarat dasar agar proses pembuatan biogas sebagaimana mestinya.^[5]

II.5 Fermentasi

Ada dua tipe dasar dekomposisi organik yang dapat terjadi aerobik (dengan adanya oksigen), dan dekomposisi anaerobik (tanpa oksigen). Semua bahan organik, baik hewan dan sayur bisa dipecah oleh dua proses, namun produk dekomposisi akan sangat berbeda dalam dua kasus. Dekomposisi aerobik akan menghasilkan karbon dioksida, amonia dan beberapa gas lainnya dalam jumlah kecil, panas dalam jumlah besar dan produk akhir yang dapat digunakan sebagai pupuk. Dekomposisi anaerobik akan menghasilkan metana, karbon dioksida, hidrogen beberapa dan gas lainnya, panas sangat sedikit dan produk akhir dengan kadar nitrogen lebih tinggi dari pada yang dihasilkan oleh fermentasi aerobik.

Dekomposisi anaerobik adalah proses dua tahap sebagai pakan bakteri tertentu pada bahan organik tertentu. Pada tahap pertama, bakteri asam membongkar molekul organik kompleks menjadi peptida, gliserol, alkohol dan gula sederhana. Ketika senyawa ini telah diproduksi dalam jumlah yang cukup, kedua jenis bakteri mulai mengubah senyawa-senyawa sederhana menjadi metana. Bakteri penghasil metana ini sangat dipengaruhi oleh kondisi sekitar, yang dapat memperlambat atau menghentikan proses sepenuhnya.^[6]

Zat Racun (Toxic) – Beberapa zat racun yang dapat mengganggu kinerja biodigester antara lain air sabun, detergen, creolin. Berikut adalah tabel beberapa zat beracun yang mampu diterima oleh bakteri dalam biodigester (Sddimension FAO dalam Ginting, 2006).

Tabel II.5 Batas Konsentrasi Penghambat

Penghambat	Konsentrasi Penghambat
Sulfat SO_4^{2-}	5000 ppm
Sodium Klorida atau garam alami (NaCl)	40.000 ppm
Nitrat (dihitung sebagai N)	0,05 mg/ml
Tembaga (Cu^{2+})	100 mg/l
Chrom (Cr^{3+})	200 mg/l
Nikel (Ni^{3+})	200 – 500 mg/l
Natrium (Na^+)	3500 – 5500 mg/l
Kalium (K^+)	2500 – 4500 mg/l
Kalsium (Ca^{2+})	2500 – 4500 mg/l
Magnesium (Mg^{2+})	1000 – 1500 mg/l
Mangan (Mn^{2+})	Lebih dari 1500 mg/l

II.6 Bakteri

Ada tiga kelompok bakteri yang berperan dalam proses pembentukan biogas, yaitu:

1. Kelompok bakteri fermentatif: *Streptococci*, *Bacteriodes*, dan beberapa jenis *Enterobacteriaceae*
2. Kelompok bakteri asetogenik: *Desulfovibrio*
3. Kelompok bakteri metana: *Mathanobacterium*, *Mathanobacillus*, *Methanosacaria*, dan *Methanococcus*.^[7]

Bedasarkan suhu kisaran suhu kisaran bakteri di bagi menjadi tiga golongan :

- 1) Tipe krioofilik, yaitu bakteri yang hidup pada daerah suhu antara 0°C-30°C ,dengan suhu optimum 15 °C.
- 2) Tipe Mesofilik, yaitu bakteri yang hidup pada suhu reaksi antara 25°C-40°C. Dengan suhu optimum 33°C-35°C. Tipe ini tidak membutuhkan alat pemanas tambahan karena sesuai dengan suhu normal namun untuk negara subtropis membutuhkan alat pemanas selama musim dingin.
- 3) Tipe termofilik, yaitu bakteri yang hidup pada suhu reaksi antara 40°C-70°C. Dengan suhu optimum \pm 60°C. Tipe ini membutuhkan alat pemanas tambahan dan memerlukan mekanisme pengendalian proses yang kompleks. Digester dengan bakteri ini biasanya dipakai untuk skala industri dimana tipe ini lebih memungkinkan dimaksimalisasi produksi biogasnya.^[8]

Starter yang mengandung bakteri metana sangat diperlukan untuk mempercepat proses fermentasi anaerob. Beberapa jenis starter antara lain :

- Starter alami, yaitu lumpur aktif seperti lumpur kolam ikan, cairan septic tank, endapan lumpur (sludge) dan kotoran hewan.
- Starter semi buatan, yaitu starter dari fasilitas biodigester dalam stadium aktif.
- Starter buatan, yaitu bakteri yang dikembangkan secara laboratorium.^[7]

II.7 Mekanisme Pembuatan Biogas

Pembentukan biogas dilakukan oleh mikroba pada situasi anaerob yang meliputi 3 tahap yaitu:

1) Tahap Hidrolisis

Pada tahap ini terjadi pelarutan bahan-bahan organik mudah larut dan pencernaan bahan organik yang kompleks menjadi sederhana, perubahan struktur bentuk primer menjadi bentuk monomer.

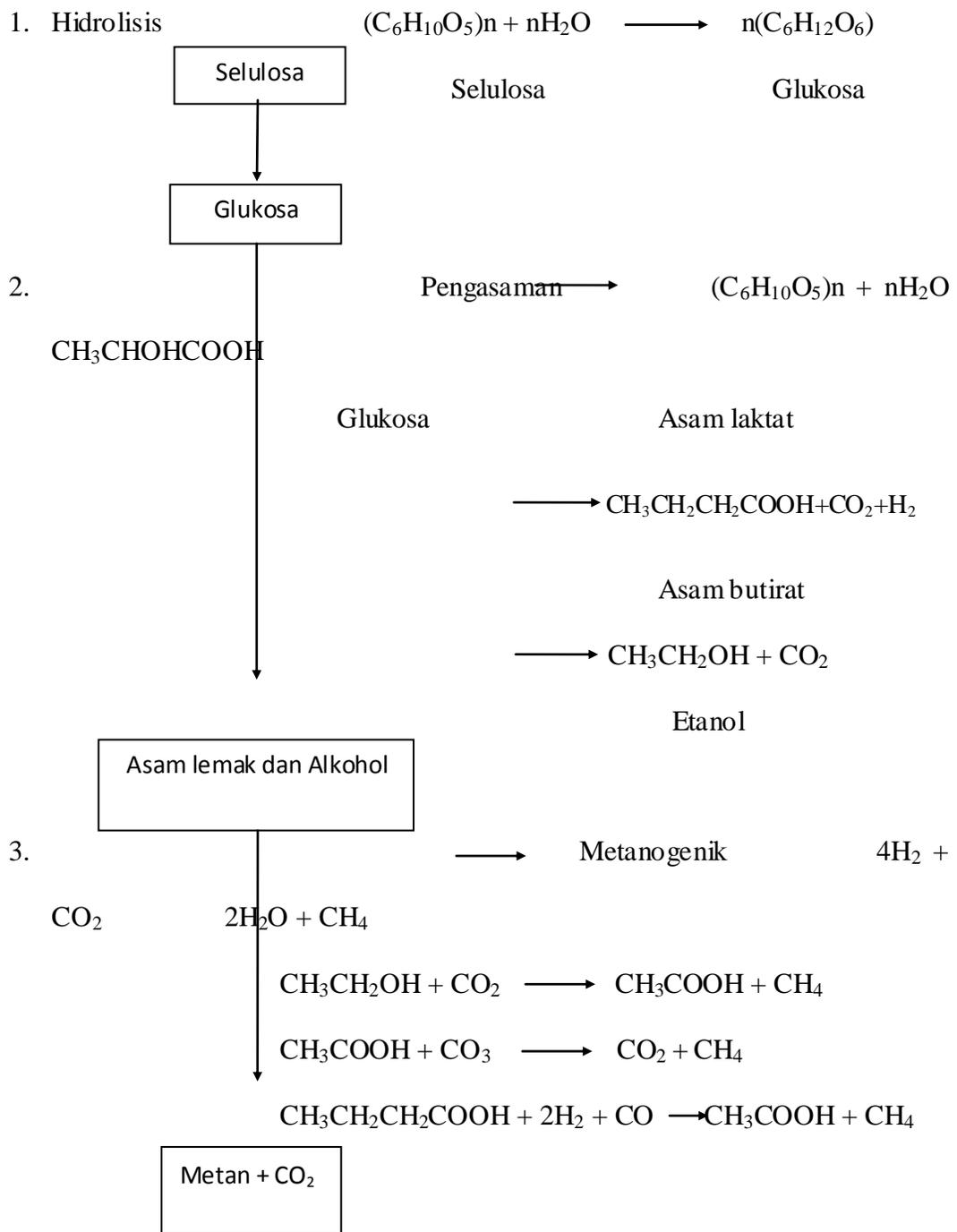
2) Tahap Pengasaman

Pada tahap pengasaman komponen monomer (gula sederhana) yang terbentuk pada tahap hidrolisis akan menjadi bahan makanan bagi bakteri pembentuk asam. Produk akhir dari gula-gula sederhana pada tahap ini akan dihasilkan asam asetat, propionate, format, laktat, alkohol, serta sedikit karbon dioksida dan hidrogen.

3) Tahap Metanogenik

Pada tahap ini asam-asam lemak rantai pendek diubah menjadi H_2 , CO_2 , dan asetat. Asetat akan mengalami dekarboksilasi dan reduksi CO_2 kemudian bersama-sama dengan H_2 dan CO_2 menghasilkan produk akhir yaitu metan (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2).^[9]

Tahap-tahap tersebut dapat digambarkan dalam sebuah bagan sebagai berikut:^[9]



Bagan II.1 Tahap Pembentukan Biogas

II.8 Jenis Reaktor Biogas

Reaktor biogas dapat digolongkan dalam dua jenis yaitu berdasarkan konstruksinya dan berdasar aliran bahan bakunya.

a) Berdasarkan konstruksinya, pada umumnya reaktor biogas dapat digolongkan dalam tiga jenis yaitu :

- Fixed dome, yaitu berupa digester yang dibangun dengan menggali tanah kemudian dibuat bangunan dengan bata, pasir, dan semen yang berbentuk seperti rongga yang kedap udara dan berstruktur seperti kubah. Pada konstruksi fixed dome gas yang terbentuk akan langsung disalurkan ke pengumpul gas diluar reaktor berupa kantong yang berbentuk balon (akan mengembang bila tekanannya naik).
- Floating drum berarti ada bagian pada konstruksi reaktor yang bisa bergerak untuk menyesuaikan dengan kenaikan tekanan reaktor. Pergerakan bagian reaktor tersebut juga menjadi tanda telah dimulainya produksi gas di dalam reaktor biogas.^[10]
- Reaktor balon, ini merupakan jenis reaktor yang paling banyak digunakan pada skala rumah tangga. Reaktor ini menggunakan bahan plastik sehingga

lebih efisien dalam penanganan dan perubahan tempat biogas. Reaktor ini terdiri dari satu bagian yang berfungsi sebagai digester sekaligus penyimpanan gas yang masing-masing bercampur dalam satu ruangan tanpa sekat. Material organik terletak di bagian bawah karena memiliki massa yang lebih besar dibandingkan gas yang akan mengisi pada rongga atas. Kelemahan reaktor ini adalah mudah bocor, tetapi kelebihanannya adalah harganya lebih murah.^[9]

b) Berdasarkan tipe alirannya dapat digolongkan dalam 2 jenis yaitu:

- Tipe bak, pada tipe bak ini bahan baku reaktor ditempatkan di dalam wadah (ruang tertentu) dari awal hingga selesainya proses pencernaan. Ini hanya umum digunakan pada tahap eksperimen untuk mengetahui potensi gas dari suatu jenis limbah organik.
- Tipe mengalir (continuous), pada jenis mengalir ini ada aliran bahan baku masuk dalam residu dan mengalir keluar pada selang waktu tertentu.^[11]

II.9 Kapasitas Panas Spesifik

Kita menggunakan simbol Q sebagai kuantitas panas . Ketika dihubungkan dengan perubahan suhu yang sangat kecil dT , kita menyebutnya dQ . Kuantitas panas Q yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu suatu massa m dari bahan tertentu dari T_1 menjadi T_2 kira-kira setara dengan perubahan suhu $\Delta T = T_2 - T_1$. Kuantitas panas juga berbanding lurus dengan massa bahan m . Untuk menaikkan suhu satu kg air sebesar 1°C diperlukan panas 4190

J, tetapi hanya diperlukan 910 J untuk menaikkan suhu satu kg aluminium sebesar 1°C.

Dengan menyatukan seluruh hubungan tersebut kita peroleh :

$$Q = m.c. \Delta T \dots\dots\dots (II.1)$$

Di mana c adalah kuantitas yang berbeda untuk setiap bahan yang berlainan, dan disebut sebagai kapasitas panas spesifik bahan tersebut. Untuk perubahan suhu yang sangat kecil dT dan kuantitas panas dQ yang berkaitan

$$dQ = mc dT \dots\dots\dots (II.2)$$

$$c = \frac{1}{m} \frac{dQ}{dT} \dots\dots\dots (II.3)$$

dalam persamaan (II.1), (II.2), dan (II.3), Q (atau dQ) dan ΔT (atau dT) dapat bernilai positif atau negatif. Jika positif panas memasuki benda dan suhunya naik, jika negatif, panas keluar dari benda dan suhunya turun.

dQ tidak menggambarkan perubahan panas di dalam suatu benda ; ini adalah konsep yang tidak berarti. Panas selalu berupa energi yang berpindah sebagai hasil perbedaan suhu. Tidak ada sesuatu bendapun yang mempunyai “jumlah panas dalam suatu benda”. Kapasitas panas spesifik air adalah sekitar

$$4190 \text{ J/kg.K} = 1 \text{ kal/g.C}^\circ, \text{ atau } 1 \text{ Btu/lb.F}^\circ$$

Kapasitas panas spesifik dari suatu bahan tergantung pada suhu awal dan interval suhu.^[12]

II.10 Perubahan Fasa

Kita menggunakan istilah fasa untuk mendeskripsikan keadaan tertentu dari suatu bahan. Seperti padat, cair, atau gas. Campuran H₂O eksis dalam fasa padatan sebagai es, dalam fasa cair sebagai air, dan dalam fasa gas sebagai uap. Transmisi dari satu fasa ke fasa lainnya disebut sebagai perubahan fasa atau transmisi fasa. Untuk tekanan tertentu perubahan fasa terjadi pada suhu tertentu, umumnya disertai dengan absops i atau emisi panas dan perubahan volume dan densitas.

Untuk membekukan air menjadi es pada 0°C panas yang harus dihilangkan adalah sama, tapi dalam kasus ini Q negatif karena panas dikeluarkan bukan ditambahkan. Untuk melingkupi kedua kemungkinan dan mencakup jenis fasa lainnya dituliskan

$$Q = \pm ml \dots\dots\dots(II.4)$$

Tanda plus dipakai ketika memerlukan panas dan tanda minus dipakai ketika perubahan fasa mengeluarkan panas (tidak membutuhkan panas). Panas peleburan berbeda untuk bahan yang berlainan dan juga berfariasi terhadap tekanan.^[12]

II.11 Hukum ke Nol Termodinamika

Kalor (Q) adalah energi yang mengalir dari benda satu ke benda yang lain karena perbedaan suhu. Kalor selalu berpindah dari benda yang panas ke benda yang dingin. Agar kedua benda saling bersentuhan tersebut berada dalam keadaan termal yang seimbang, suhu kedua benda harus sama. Jika benda pertama dan benda kedua berada dalam keadaan termal dengan benda ketiga, maka kedua benda pertama berada dalam keadaan setimbang termal. Pernyataan ini

sering disebut hukum ke nol (zeroth law) termodinamika. Setiap benda terdiri dari sejumlah atom dan molekul, dan semuanya terdiri dari sejumlah partikel yang memiliki energi potensial dan kinetik. Sehingga energi dalam suatu sistem adalah sebagai jumlah energi kinetik seluruh partikel penyusunnya, ditambah dengan jumlah seluruh energi potensial dari interaksi antar seluruh partikel itu (bukan energi hasil interaksi sistem dengan lingkungan). Sebagai gambaran, jika suatu benda dihangatkan maka benda tersebut akan meningkat energi dalamnya sebaliknya jika benda didinginkan maka benda tersebut akan menurun energi dalamnya.^[13]

II.12 Hukum Termodinamika I

Berbicara tentang analisis termodinamika sangatlah perlu kita berikan batasan yang membuat kajian kita dapat lebih jelas yaitu dengan memisahkan antara sistem dan lingkungan. Sistem merupakan suatu batasan yang dipakai untuk menunjukkan suatu benda (benda kerja) dan merupakan pusat perhatian kita dalam suatu permukaan tertutup. Sedangkan lingkungan merupakan segala sesuatu diluar sistem yang mempengaruhi kelakuan sistem secara langsung. Antara sistem dengan lingkungan terdapat hubungan timbal balik yaitu interaksi dalam bentuk pertukaran energi ataupun perpindahan material atau partikel sistem atau lingkungan sehingga keadaan sistem dengan lingkungan menjadi setimbang.^[13]

Terdapat tiga jenis sistem berdasarkan interaksi dengan lingkungannya yaitu :

- a. Sistem terbuka adalah jika interaksi antar sistem dengan lingkungannya melibatkan pertukaran energi dan perpindahan partikel untuk menuju suatu keadaan yang setimbang.

- b. Sistem tertutup adalah jika interaksi tetap ada antara sistem dengan lingkungan tetapi tidak disertai dengan pertukaran energi dan perpindahan partikel untuk menuju suatu keadaan yang setimbang.
- c. Sistem terisolasi adalah tidak terjadi sama sekali interaksi antara sistem dengan lingkungan (sistem setimbang tanpa dipengaruhi oleh lingkungan sekitarnya).^[13]

BAB III

METODOLOGI

III.1 Lokasi Pengambilan Bahan

- Eceng gondok sebagai bahan penelitian diambil di danau UNHAS Makassar.

III.2 Lokasi Penelitian

- Penelitian dilakukan di ramsis putri blog B no 201 UNHAS Makassar dan Balai Besar Keselamatan dan Kesehatan Kerja Makassar (B2K3) Jl. Abdul Jabar Aksiri no 36 km 17 Sudiang Makassar Sulawesi Selatan

III.3 Alat dan Bahan

a. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah : Galon, Termometer, Pisau, Balon Plastik, Pipa Paralon, Lakban, Penumbuk, Lem lilin, Lem Pipa, Sambungan Pipa, Kran, Sambungan Pipa T, Selang, pH Meter, dan Neraca

b. Bahan

Bahan – bahan yang digunakan adalah eceng gondok, air dan kotoran kambing sebagai stater.

III.4 Prosedur Kerja

III.4.1 Pembuatan Reaktor

1. Membersihkan galon.
2. Menyambung pipa, kran, selang, sambungan pipa, sambungan kran, dengan menggunakan lem pipa dan lem lilin. Kemudian menyambung selang dengan balon penampung gas dengan menggunakan lem pipa. Untuk mencegah kebocoran, maka setiap sambungan tersebut di lapisi dengan lem lilin dan lakban.
3. Melubangi bagian pinggir atas galon sebagai tempat memasukkan termometer. Kemudian masukkan termometer melalui lubang tersebut dan tutup dengan menggunakan lem lilin dan lakban.
4. Memasukkan bahan (eceng gondok, air dan kotoran kambing) ke dalam galon, memasukkan bahan dengan perbandingan antara masa eceng gondok dan massa air dengan perbandingan 1:1, 1:2, dan 1:3 dengan massa kotoran kambing untuk masing-masing reaktor diberi sebanyak 400 gram.
5. Memasukkan pipa pada lubang bagian atas galon. Untuk mencegah kebocoran tabung reaktor, maka tutup tersebut harus di lapisi dengan menggunakan lem lilin dan lakban.

III.4.2 Persiapan Bahan Biogas

1. Mengambil eceng gondok kemudian menumbuknya.
2. Menimbang eceng gondok.
3. Menimbang air, dan menimbang kotoran kambing
4. Memasukkan eceng gondok, air, serta kotoran kambing ke dalam tabung reaktor.

III.4.3 Uji Nyala

- 1) Membuka kran
- 2) Menyalakan api di atas kran sambil menekan penampungan gas.

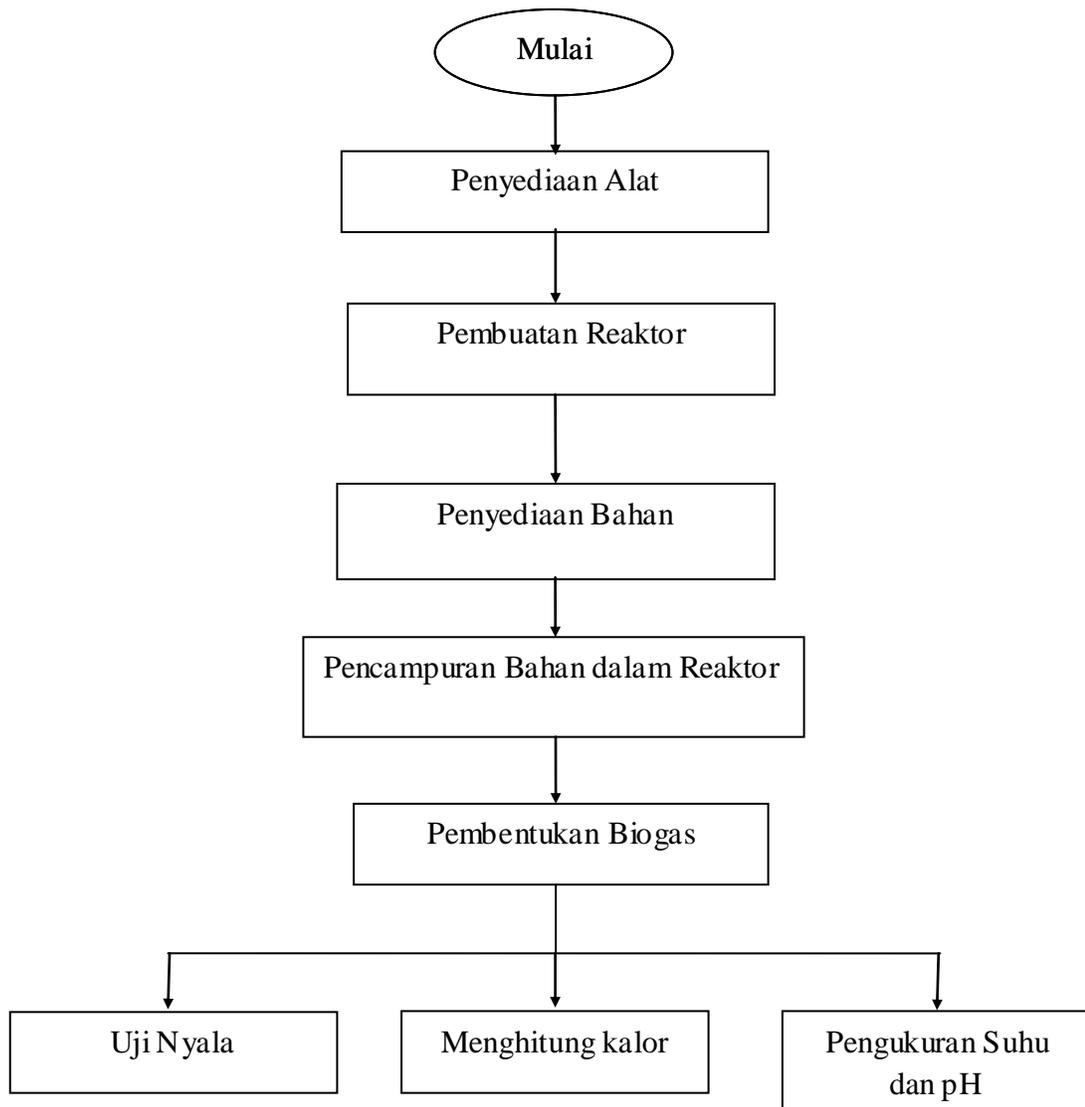
III.4.4 Analisa Suhu

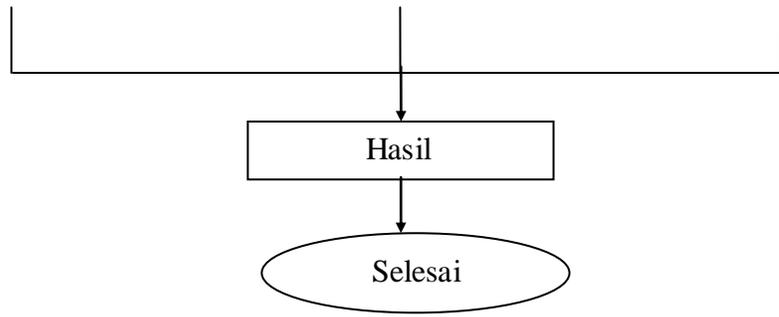
- 1) Mengamati perubahan suhu yang terjadi dalam reaktor mulai hari pertama sampai gas terbentuk.
- 2) Mencatat hasil pengamatan suhu.

III.4.5 menghitung jumlah kalor

- 1) Dengan merebus air kemudian menghitung perbedaan suhu (ΔT) dan menghitung dengan menggunakan rumus $Q=m.c. \Delta T$

III.5 Bagan Alur Penelitian



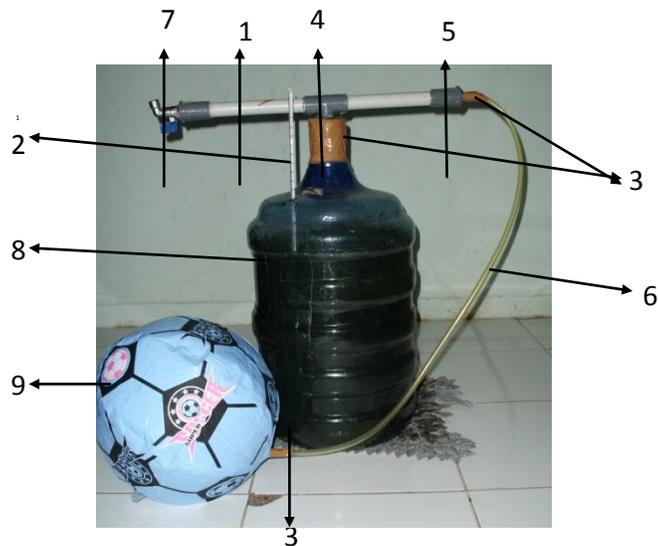


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Disain Reaktor

Hasil desain dari reaktor biogas sederhana yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar IV.1



Gambar IV.1 Disain Reaktor Biogas Sederhana

Keterangan Gambar IV.1

- | | | |
|----|------------------|-----------------|
| 1. | Pipa paralon | 7. kran |
| 2. | Termometer | 8. Bola plastik |
| 3. | Lakban | |
| 4. | Sambungan pipa T | |
| 5. | Sambungan pipa | |
| 6. | Selang (d=7mm) | |

IV.2 Proses Pembentukan Gas

Sebelum dimasukkan kedalam reaktor, eceng gondok harus potong kecil-kecil terlebih dahulu. Hal ini bertujuan agar proses pembusukan dapat lebih cepat sehingga proses penguraian eceng gondok bisa lebih cepat. Setelah itu eceng gondok ini dimasukkan kedalam reaktor kemudian ditambahkan dengan stater berupa kotoran kambing dan air dengan perbandingan tertentu, lalu diaduk agar tercampur merata dan reaktor ditutup rapat. Hal ini bertujuan agar proses pembusukan bisa terjadi secara merata.

Setelah beberapa hari plastik penampungan mulai terisi gas. Itu pertanda bahwa proses fermentasi yang menghasilkan gas telah berjalan, dan semakin hari gas yang dihasilkan semakin banyak. Bahan akan terdorong ke atas akibat tekanan gas lebih besar pada bagian bawah oleh karena itu reaktor harus di goncangkan agar eceng gondok dan air dapat tercampur lagi. Hal itu bertujuan untuk tetap menyeragamkan komposisi dan suhu dalam reaktor. Penyeragaman suhu dalam reaktor sangat penting agar pertumbuhan bakteri bisa lebih merata dan cepat. Semakin cepat bakteri anaerob berkembang akan menyebabkan produksi gas metan juga semakin cepat.

Tabel IV.1 Waktu Pembentukan Gas

No	Komposisi	Hari Terbentuknya Gas								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1:1									√

2	1:2							√	
3	1:3				√				

Pada penelitian ini reaktor di biarkan hingga 34 hari. Hasilnya pada komposisi 1, balon tidak dapat terisi penuh hingga hari ke-20, pada komposisi 2, balon terisi penuh pada hari ke-13, sedangkan pada komposisi 3, balon terisi penuh pada hari ke-9. pada komposisi 3, (1:3) gas terbentuk terus menerus dari hari ke-4 sampai hari ke-18 kemudian berhenti berproduksi dengan waktu optimum pembentukan gas pada hari ke-8 sampai hari ke-12. Pada komposisi 2, (1:2) gas terbentuk terus menerus dari hari ke-7 hingga hari ke-25 kemudian berhenti dengan waktu optimum pembentukan gas pada hari ke-11 sampai hari ke-16. Pada komposisi 1, (1:1) gas terbentuk pada hari ke-9 hingga hari ke-17 kemudian berhenti hingga hari ke-25 setelah hari ke-25 gas terbentuk kembali dan gas yang di hasilkan lebih banyak dan lebih cepat dari pada saat periode hari ke-9 hingga hari ke-17, dengan waktu optimum pembentukan gas pada hari ke-26 sampai hari ke-28. Ini mengindikasikan bahwa semakin banyak komposisi air maka waktu optimum pembentukan gas semakin cepat, dan semakin sedikit komposisi air maka waktu optimum pembentukan gas akan semakin lambat. Terbentuknya gas ini di deteksi dengan adanya pengembangan balon yang menandakan bahwa gas telah terbentuk dan volume balon bertambah.

Masing-masing komposisi gas ini di tampung dengan menggunakan bola plastik dengan lingkaran bola 82cm, jadi masing-masing komposisi ini dapat ditampung dalam bola yang kapasitasnya :

$$k = 82 \text{ cm}; \quad k = 2\pi r; \quad r = \frac{82}{2 \cdot 3,14} = 13,06 \text{ cm} \approx 13 \text{ cm}$$

maka volume bola plastik adalah

$$V = \frac{3}{4}\pi r^3; V = \frac{3}{4} \cdot 3,14 \cdot 13^3; V = 5173,94 \text{ cm}^3$$

IV.3 Uji Nyala

Uji nyala dilakukan mulai pada hari ke-2, dan hasil dari uji nyala ini dapat dilihat pada Tabel

IV.2

Tabel IV.2 Uji Nyala

No	Komposisi	Hari Uji Nyala													
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	1:1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	√	√	√	
2	1:2	-	-	-	-	-	-	√	√	√	√	√	√	√	
3	1:3	-	-	-	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√	

√) menyala

Pada Tabel IV.2 terlihat bahwa semua komposisi dapat menyala. Pada saat dilakuakn uji nyala, terlihat api berwarna biru yang berarti kandungan gas metannya cukup bagus. Uji nyala dilakukan dengan cara membuka kran lalu membakar gas dengan menggunakan korek api. Perlakuan ini tidak berbahaya karena tekanan gas dalam reaktor tidak begitu besar, sehingga perlakuan ini tidak menyebabkan ledakan ataupun menimbulkan bahaya. Semakin besar tekanan dalam reaktor maka akan semakin besar pula api yang terbentuk atau terlihat. Pada komposisi 1 gas dapat terbakar pada hari ke-12. Pada komposisi 2 gas dapat terbakar pada hari ke-9. Pada komposisi 3 gas dapat terbakar pada hari ke-6. Gas ini dapat terbakar beberapa hari setelah pembentukan gas terdeteksi. Hal ini dikarenakan kandungan

gas yang masih banyak mengandung CO₂, dan jumlah gas yang masih sangat sedikit. Biogas eceng gondok yang dihasilkan memiliki sedikit bau namun setelah dibakar gas tersebut tidak menimbulkan bau. Ini berarti biogas eceng gondok ini aman untuk digunakan.

IV.4 Penghitungan Kalor

Dalam tahap pengujian kalor dilakukan dengan cara merebus air dengan massa 0,25 kg dengan menggunakan biogas eceng gondok. Suhu awal dan akhir diukur dengan menggunakan termometer. Penghitungan kalor ini dapat diperoleh dengan cara menggunakan rumus :

$$Q = m.c.(T_2-T_1)$$

Tabel IV.3 Penghitungan Kalor

No	Komposisi	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	ΔT (°C)	Q (kal)	m (kg)	t (s)
1	1:1	29	80	51	12,75	0,25	260
2	1:2	29	95	66	16,6	0,25	300
3	1:3	27	92	65	16,25	0,25	305

Pada komposisi 1 dalam waktu 260 detik menghasilkan kalor sebanyak 12,75 kalori, pada komposisi 1 balon tidak terisi penuh sehingga gas yang dihasilkan tidak begitu banyak, hal ini yang menyebabkan pemanasan air hanya dapat dilakukan selama 260 detik saja. Pada komposisi 2 dalam waktu 300 detik dapat dihasilkan kalor sebanyak 16,6 kalori, walaupun waktu menyala bukan yang terlama, namun kalor yang dihasilkan paling besar hal ini di

karenakan kandungan CH₄ yang dimiliki komposisi 2 adalah yang terbanyak. Pada komposisi 3 dalam waktu 305 sekon dapat menghasilkan kalor sebanyak 16,25 kalori, walaupun pada komposisi 3 memiliki waktu pemanasan yang paling lama, namun karena kandungan CH₄ yang dimiliki lebih sedikit dibanding yang lain maka pembakarannya kurang maksimal dan kalor yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan komposisi 2. Semakin besar kandungan CH₄ yang terkandung pada biogas, maka semakin besar pula kalor yang dihasilkan oleh biogas tersebut.

IV.5 Hasil Pengukuran Kandungan Gas

Data diperoleh dengan memakai metode *Direct Reading*, dimana hasil pengukuran langsung terbaca pada LCD alat dan hasilnya ditampilkan dalam bentuk persen (%). Adapun nama alat yang digunakan adalah *Multilog 2000*, dan data tersebut dapat dilihat pada Tabel IV.4

Tabel IV.4 Kandungan Gas

No	Komposisi	Karbon dioksida (CO ₂) (%)	Karbon Monoksida (CO) (%)	Metana (CH ₄) (%)
1	1:1	27,9	4,7	64,7
2	1:2	25,5	3,9	66,3
3	1:3	29,1	5,3	63,5

Dari hasil pengukuran yang ditunjukkan pada tabel IV.4, dapat diketahui bahwa perbedaan perbandingan komposisi bahan menyebabkan perbedaan komposisi gas yang dihasilkan. Pada

komposisi (kg:kg) 9:9 diperoleh kandungan CO₂ sebesar 27,9%, CO sebesar 4,7%, dan CH₄ sebesar 64,7%. Pada komposisi (kg:kg) 5:10 diperoleh kandungan CO₂ sebesar 25,5%, CO sebesar 3,9%, dan CH₄ sebesar 66,3%. Pada komposisi (kg:kg) 3:12 diperoleh kandungan CO₂ sebesar 29,1%, CO sebesar 5,3% dan CH₄ sebesar 63,5%. Dari hasil ini dapat dilihat bahwa kandungan metan yang di hasilkan oleh biogas yang berbahan campuran eceng gondok dan air dengan stater berupa kotoran kambing memiliki presentase kandungan metan yang cukup tinggi.

Pada komposisi 1,2, dan 3 yang terlihat pada Tabel IV.4 bahwa semakin banyak kandungan CH₄, maka semakin sedikit kandungan CO₂ dan CO. Ini berarti produksi CH₄ berbanding terbalik dengan produksi CO₂ dan CO.

Dari Tabel IV.4 juga terlihat bahwa yang memiliki kandungan metan (CH₄) terbanyak adalah komposisi 2 dengan perbandingan massa eceng gondok dengan massa air 1:2, sedangkan yang memiliki kandungan gas metan terendah adalah komposisi 3 dengan perbandingan massa eceng gondok dengan massa air 1:3 dan pada komposisi 1, dengan perbandingan massa air dan eceng gondok 1:1 memiliki kandungan gas metan yang lebih banyak bila dibanding dengan komposisi 3, namun lebih sedikit dibanding dengan komposisi 2. Ini menandakan bahwa perbandingan yang tepat diperlukan untuk menghasilkan komposisi kandungan gas yang baik. Komposisi yang paling baik dalam penelitian ini adalah komposisi 2, karena mengandung gas metan (CH₄) yang paling banyak diantara ke-3 komposisi yang di uji.

IV.6 Hasil Pengukuran Derajad Keasaman (pH) dan Suhu

Derajat keasaman (pH) di ukur dengan menggunakan pH meter digital dan suhu di ukur dengan menggunakan termometer alkohol. Hasilnya dapat di lihat pada Tabel IV.5 untuk derajat keasaman dan Tabel IV.6 untuk suhu.

Tabel IV.5 derajat keasaman (pH)

No	Komposisi	pH	
		Saat Percampuran	Terbentuk Gas
1	1:1	8,8	8,1
2	1:2	8,5	8,0
3	1:3	8,6	8,1

Derajat keasaman (pH) pada komposisi 1 yaitu perbandingan 1:1 pada saat percampuran adalah 8,8 sedang saat terbentuk gas adalah 8,1. Pada komposisi 2 yaitu perbandingan 1:2 pH yang terbentuk saat percampuran adalah 8,5 dan pada saat terbentuk gas adalah 8,0. Pada komposisi 3 yaitu perbandingan 1:3 pH yang terbentuk saat percampuran adalah 8,6 sedang saat terbentuk gas adalah 8,1. Dari 3 perbandingan komposisi baik komposisi 1, komposisi 2, maupun komposisi 3 dapat terlihat bahwa pH awal yang terbentuk lebih tinggi dibanding pH saat terbentuk gas. Ini berarti pada awal percampuran komposisi lebih basa dibanding saat terbentuk gas. Pada awal percampuran pH yang terukur cukup tinggi kemudian semakin hari pH akan turun dan cukup stabil kemudian terbentuk gas.

Produksi biogas secara optimum dapat dicapai bila nilai pH dari percampuran input dalam digester berada pada kisaran 6-7. Derajat keasaman (pH) dalam digester juga merupakan fungsi waktu dalam digester tersebut. Nilai pH dibawah 6 dapat menyebabkan terhentinya

produksi biogas atau proses fermentasi, dikarenakan bakteri-bakteri metanogenik sangat peka terhadap pH dan tidak dapat hidup dibawah pH 6,6. Pada pH dibawah 6,6 aktivitas mikroorganisme metanogenetik menurun sedang bakteri asetogenetik yang menghasilkan asam asetat terus meningkat dan mengakibatkan produksi biogas menurun.

Pada teori dikatakan kondisi optimum pembentukan gas adalah saat pH bernilai 7-7,2. Namun pada penelitian ini pH yang di hasilkan adalah 8-8,1, biarpun pH yang terukur jauh dari kondisi optimum, namun gas masih dapat terbentuk dengan baik. Ini berarti bakteri pembentuk gas ini masih berkembang pada pH 8,0 – 8,1.

Tabel IV.6 Suhu Digester dalam Reaktor

No	Komposisi	Suhu (°C) pada hari ke												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1:1	29	31	30	30	30	29	28	28	30	30	31	31	31
2	1:2	29	31	29	30	29	28	28	30	31	30	31	29	30
3	1:3	28	30	29	30	30	28	29	30	31	30	30	29	29

Pada komposisi no1,2, dan 3 merupakan komposisi yang memenuhi syarat sebagai penghasil biogas yang baik dengan suhu berkisar antara 28 °C -30 °C. Dengan suhu yang fluktuatif setiap harinya pada masing-masing komposisi. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan komposisi sehingga suhu yang dihasilkan setiap digester berbeda-beda. Adanya perubahan suhu selain diakibatkan oleh perbedaan komposisi, suhu lingkungan juga mempengaruhi perubahan suhu. Bila suhu lingkungan tinggi,maka suhu digester dalam reaktor juga akan

sedikit tinggi, namun bila suhu lingkungan rendah maka suhu digester dalam reaktor juga menurun. Ini dikarenakan reaktor belum dapat mengisolasi suhu lingkungan dengan baik.

Dengan menggunakan reaktor sederhana ini kita belum mampu mengisolasi sistem reaktor dengan lingkungan secara sempurna. Reaktor sederhana ini termasuk pada sistem tertutup dimana kontak dengan lingkungan masih dapat terjadi, sehingga masih ada pertukaran panas yang terjadi antara lingkungan dengan reaktor itu sendiri.

Temperatur (suhu) merupakan salah satu faktor penting yang harus diperhatikan dalam proses pembentukan biogas. Pada penelitian ini bakteri yang bekerja untuk memproses biogas adalah tipe Mesofilik, yaitu bakteri yang hidup pada suhu antar 25 °C-40 °C. Dengan suhu optimum untuk berkembang yaitu 33 °C-35 °C. Pada penelitian ini suhu digester berkisar antara 28 °C-31 °C, walaupun ini bukan suhu yang optimum untuk perkembangan bakteri, namun suhu ini sudah cukup untuk proses pembentukan biogas.

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini diperoleh beberapa kesimpulan yaitu :

1. Telah didisain reaktor biogas sederhana dan menggunakan bahan berupa eceng gondok dan dapat menghasilkan gas yang dapat digunakan dengan baik.
2. Bakteri pembentuk biogas ini dapat hidup dan berkembang pada suhu 28°C-31°C dengan pH antara 8,0 – 8,8, selain itu Api yang di hasilkan oleh biogas eceng gondok berwarna biru, dan cukup baik dengan kalor yang dihasilkan tidak begitu besar yaitu antara 12,75 – 16,6 kalori

V.2 Saran

1. Pengelolaan gulma air (eceng gondok) menjadi biogas harus lebih di kembangkan dengan penelitian lebih lanjut agar diperoleh komposisi yang benar-benar tepat untuk menghasilkan biogas secara optimal, dan dapat mengurangi populasi eceng gondok tanpa merusak lingkungan.
2. Untuk penelitian lebih lanjut sebaiknya menggunakan reaktor biogas skala besar yang menggunakan materi yang tidak mudah dipengaruhi suhu lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anomane. 2009. *Eceng Gondok*. <http://www.id.wikipedia.org/wiki/eceng-gondok>. diakses 26 juli 2010
2. Said 2008. *Eceng Gondok*. Available from : <http://www.bocah.org/index.php?option=com-content&task=category§ioned=6&id=24&itemid=49>. Diakses 26 November 2009
3. Logiaji,Muji. 2008. *Biogas, Bahan Pengganti Alternatif Ramah Lingkungan*. <http://www.mujiatlo-aji.blogspot.com/2008/07/bio-gas.html>. diakses tanggal 12 Desember 2010 pukul 15.30 Wita
4. Hermawan,Beni, dkk. *Sampah Organik sebagai bahan baku biogas*. Available from:<http://www.chem-is-try.org/?sec=fokus&ext=31>. Diakse tanggal 12 Desember 2010 pukul 14.00 Wita
5. Nutjahya,Eddy,dkk. 2003. *Pemanfaatan Limbah Ternak Ruminase Untuk Mengurangi Pencemaran Lingkungan*. Available from : <http://tumoutou.net/6-sem2-023/ke4-sem1-023.htm>. diakses pada tanggal 29 juni 2010 pukul 20.20 Wita
6. Smith, Walance,O. 2010.*Produksi Biogas*. Available from :<http://www.Habmigem2003.Into/biogas/methane-digester.html> diakses tanggal 22 Desember 2010 pukul 01.15 Wita
7. Muhammad, Mieftachudine. 2009.*Biogas from septic tank*. Available from: <http://mieftachzone.blogspot.com/2009/03/jadilah-anda-seorang-yang-peduli-10.html>!. Diakses 15 Desember 2010
8. Dani saputra. 2005. *Teknologi Biogasteknik kimia ITB* diakses tanggal 30 juni 2010, pukul 11.45)
9. Wahyuni,Sri. 2009. *BIOGAS* . Penebar Swadaya. Jakarta
10. Rahman,Burhanni 2008. *Biogas, Sumber Energi Alternatif* Available from : <http://www.energi.lipi.go.id> diakses tanggal 30 Juni 2010, pukul 12.06 Wita
11. Indartono, S, Yuli. 2005. *Reaktor Biogas Skala Kecil/Menengah*. Available from: [http://www.beritaiptek.com/zberita-beritaiptek-2005-11-30-reaktor-biogas-Skala-Kecil%20or%20Menengah-\(Bagian-Pertama\).shtml](http://www.beritaiptek.com/zberita-beritaiptek-2005-11-30-reaktor-biogas-Skala-Kecil%20or%20Menengah-(Bagian-Pertama).shtml). Diakses 29 juni 2010 pukul 20.03 Wita
12. Freddman,Roger A & Young, Hugh D. 2002. *FISIKA UNIVERSITAS*. Edisi ke sepuluh jilid 1. Erlangga. Jakarta

13. Pengajar, Tim fisika dasar UNHAS. 2007. *MATERI DAN PENUNTUN FISIKA DASAR*. UNHAS. Makassar
- 14 Deublein, Dieter and Streinhauser, Angelika. 2008. *Biogas From Waste and Renewable Resources an Introduction*. WILEY-VHC Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim
15. Pambudi, N. Agung. 2008. *Pemanfaatan Biogas Sebagai Energi Alternatif*. Available from : <http://www.dikti.org>. diakses tanggal 12 Desember 2010 pukul 15.40 Wita
16. Pambudi, N. Agung. 2008. *Menyulap Biomasa menjadi energi*. Available from : <http://netsains.com/2008/03/menyulap-biomasa-menjadi-energi/> diakses tanggal 22 desember 2010 pukul 12.05
17. Surawiria, unus. 2007. *Menuai Biogas Dari Limbah*. Available from : <http://www.pikiran-rakyat.com/cetak/20005/0405/2007/cakrawala/penelitian03.htm>. diakses 29 Juni 2010 pukul 19.50 Wita

Lampiran Gambar

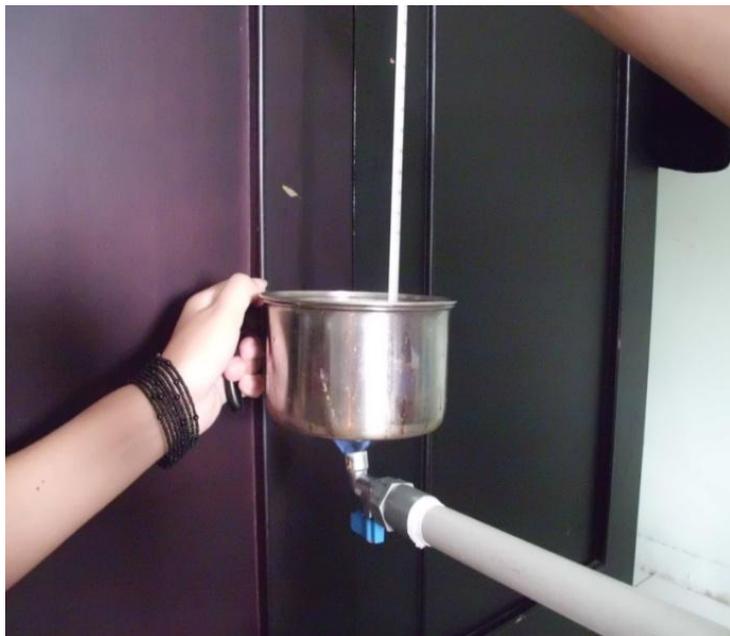


Alat pendeteksi kandungan gas (
Multilog 2000)





Uji nyala



Menghitung kalor



Alat dan bahan pembuat reaktor sederhana



Reaktor yang telah diisi bahan dan telah menghasilkan gas



Eceng gondok yang telah di tumbuk



Stater berupa kotoran kambing

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Eceng Gondok

Eceng gondok (*Eichornia crossipes*) merupakan tumbuhan air yang tumbuh di rawa-rawa, danau, waduk dan sungai yang alirannya tenang. Salah satu jenis tumbuhan air mengapung. Selain dikenal dengan nama eceng gondok, di beberapa daerah di Indonesia, eceng gondok mempunyai nama lain seperti di daerah Palembang dikenal dengan nama Kelipuk, di Lampung dikenal dengan nama Ringgak, di Dayak dikenal dengan nama Ilung-ilung, di Manado dikenal dengan nama Tumpe.

Seiring dengan perkembangan iptek, bagian tumbuhan eceng gondok setelah dikeringkan ternyata bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan tas wanita yang cantik, kopor, sandal, keranjang (tempat pakaian bekas), tatakan gelas, tikar, nampan dan sebagainya. Malah belakangan ini banyak dimanfaatkan untuk mendukung industri mebel dan furniture, sebagai pengganti rotan yang harganya semakin melangit. Namun seiring makin langkanya bahan bakar, keberadaan eceng gondok juga dilirik. Jika selama ini kita hanya mengenal biogas dari kotoran sapi atau manusia, maka kini eceng gondok juga bisa dimanfaatkan menjadi biogas.^[1]

Klasifikasi Ilmiah ^[1]

Kerajaan	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <u>Magnoliophyta</u>
Kelas	: Liliopsida
Ordo	: Commelinales
Family	: Pontederiaceae
Genus	: <i>Eichhornia</i>
	Kunth
Spesies	: <i>E. crassip</i>
Nama binomial	: <i>Eichhornia crassipes</i>



Gambar II.1 Eceng gondok

Eceng gondok sebenarnya mengandung lignoselulosa, sedangkan selulosa merupakan bahan untuk pembuatan kertas, selain itu, dengan kandungan selulosanya, eceng

gondok bisa juga digunakan sebagai bahan pembuatan bioetanol yang sekarang ini amat diperlukan untuk mengatasi berkurangnya produksi minyak dunia. ^[2]

II.2 Komposisi Kimia Enceng Gondok

Komposisi kimia enceng gondok tergantung pada kandungan unsur hara tempatnya tumbuh, dan sifat daya serap tanaman tersebut. Enceng gondok mempunyai sifat-sifat yang baik antara lain dapat menyerap logam-logam berat, senyawa sulfida, selain itu mengandung protein lebih dari 11,5 %, dan mengandung selulosa yang lebih tinggi/lebih besar dari non selulosanya seperti lignin, abu, lemak, dan zat-zat lain. Pada tabel , *Anonymous* (1966) dalam penelitiannya terhadap enceng gondok dari Banjarmasin mengemukakan kandungan kimia tangkai enceng gondok tua yang segar. ^[2]

Tabel II.1 Kandungan Kimia Enceng Gondok Segar^[2]

Senyawa Kimia	Persentase (%)
Air	92,6
Abu	0,44
Serat kasar	2,09
Karbohidrat	0,17
Lemak	0,35
Protein	0,16
Fosfor sebagai P ₂ O ₅	0,52
Kalium sebagai K ₂ O	0,42
Klorida	0,26
Alkanoid	2,22

Sedangkan, R. Roechyati (1983) mengemukakan kandungan dari tangkai enceng gondok kering tanur pada tabel II.2

Tabel II.2 Kandungan Kimia Enceng Gondok Kering^[2]

Senyawa Kimia	Persentase (%)
Selulosa	64,51
Pentosa	15,61
Lignin	7,69
Silika	5,56
Abu	12

II.3 Biogas

Biogas adalah gas yang dihasilkan oleh aktifitas anaerobik atau fermentasi dari bahan-bahan organik termasuk diantaranya kotoran manusia dan hewan, limbah domestik (rumah tangga) sampah biodegradable. Kandungan utama dalam biogas adalah metana dan karbon dioksida. Biogas memanfaatkan proses pencernaan yang dihasilkan oleh bakteri methanogen yang produknya berupa gas metana.^[3]

Secara ilmiah biogas yang dihasilkan dari sampah organik adalah gas yang mudah terbakar, gas ini dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi tanpa udara). Umumnya, semua jenis bahan organik bisa diproses untuk menghasilkan biogas, tetapi hanya bahan organik homogen, baik padat maupun cair yang cocok untuk sistem biogas sederhana. Bila sampah-sampah organik tersebut membusuk, akan dihasilkan gas metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2). Tapi, hanya CH_4 yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Umumnya kandungan metana dalam reaktor sampah organik berbeda-beda. Zhang et al (1997) dalam penelitiannya, menghasilkan metana sebesar 50-80% dan karbon dioksida 20-50%. Sedangkan Hansen (2001) dalam reaktor biogasnya mengandung sekitar 60-70% metana, 30-40% karbon dioksida, dan gas –gas lain meliputi amonia, hydrogen sulfida, dan gas lainnya. Tetapi secara umum rentang komposisi biogas adalah sebagai berikut.^[4]

Tabel II.3 Komposisi Biogas^[4]

Komponen	%
Metana (CH ₄)	55-75
Karbon-dioksida (CO ₂)	25-45
Nitrogen (N ₂)	0-0,3
Hidrogen (H ₂ O)	1-5
Hidrogen sulfide (H ₂ S)	0-3
Oksigen (O ₂)	0,1-0,5

Pada dasarnya efisiensi produksi biogas sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor meliputi: suhu, derajat keasaman (pH), konsentrasi asam-asam lemak voltail, nutrisi, zat racun, waktu reaktansi hidrolis, kecepatan bahan organik, dan konsentrasi amonia.

Tabel II.4 Kondisi Optimum Produksi Biogas^[4]

Parameter	Kondisi Optimum
Suhu	35 ⁰ c
Derajat Keasaman	7-7,2
Nutrien Utama	Karbon dan nitrogen
Nisbah Karbon dan Nitrogen	20/1 sampai 30/1
Sulfida	<200 mg/L
Logam-logam berat Terlarut	<1 mg/L
Kalsium	<2000 mg/L
Magnesium	<1200 mg/L
Amonia	<1700 mg/L

II.4 Gas Metan

Sisa atau buangan senyawa organik yang berasal dari tanaman ataupun hewan secara alami akan terurai, baik akibat pengaruh lingkungan fisik (seperti panas matahari), lingkungan kimia (seperti adanya senyawa lain) atau yang paling umum dengan adanya jasad renik yang disebut mikroba, baik bakteri maupun jamur.

Akibat penguraian bahan organik yang dilakukan jasad renik tersebut, maka akan terbentuk zat atau senyawa lain yang lebih sederhana (kecil), serta salah satu diantaranya berbentuk CH₄ atau gas metan. Gas metan yang bergabung dengan CO₂

atau gas karbon dioksida yang kemudian disebut biogas dengan perbandingan 65:35. Seperti sampah atau jerami yang diproses menjadi kompos memerlukan persyaratan dasar tertentu, demikian pula dalam proses perubahan sampah atau buangan menjadi biogas, memerlukan persyaratan tertentu yang menyangkut :

- 1) Kandungan atau isi yang terkandung dalam bahan. Hal ini menyangkut nilai atau perbandingan antara unsur C (karbon) dengan unsur N (nitrogen) yang secara umum dikenal dengan nama rasio C/N. Perubahan senyawa organik dari sampah atau kotoran kandang menjadi CH_4 (gas metan) dan CO_2 (gas karbon dioksida) memerlukan persyaratan rasio C/N antara 20-25. Sehingga kalau menggunakan bahan hanya berbentuk jerami dengan rasio C/N diatas 65, maka walaupun CH_4 dan CO_2 akan terbentuk, perbandingan $\text{CH}_4 : \text{CO}_2 = 65:35$ tidak akan tercapai. Mungkin perbandingan tersebut bernilai 45:55 atau 50:50 atau 40:60 serta angka-angka lain yang kurang dari yang sudah ditentukan, maka hasil biogasnya akan mempunyai nilai bakar rendah atau kurang memenuhi syarat sebagai bahan energi. Juga sebaliknya kalau bahan yang digunakan berbentuk kotoran kandang, misalnya dari kotoran kambing dengan rasio C/N sekitar 8, maka produksi biogas akan mempunyai perbandingan antara CH_4 dan CO_2 seperti 90:10 atau nilai lainnya yang terlalu tinggi. Dengan nilai ini maka hasil biogasnya juga terlalu tinggi nilai bakarnya, sehingga mungkin akan membahayakan pengguna. Hal lain yang perlu diperhatikan yaitu rasio C/N terlalu tinggi atau terlalu rendah akan mempengaruhi

proses terbentuknya biogas, karena ini merupakan proses biologis yang memerlukan persyaratan hidup tertentu, seperti juga manusia.

- 2) Kadar air yang terkandung dalam bahan yang digunakan, juga seperti rasio C/N harus tepat. Jika hasil biogas diharapkan sesuai dengan persyaratan yang berlaku, maka bahan yang digunakan berbentuk kotoran kambing kering dicampur dengan sisa-sisa rumput bekas makanan atau dengan bahan lainnya yang juga kering, maka diperlukan penambahan air. Tapi berbeda kalau bahan yang akan digunakan adalah sampah organik misalnya sisa makanan yang telah basi atau sayur hijau yang telah membusuk. Dalam bahannya sudah terkandung air, sehingga penambahan air tidak akan sebanyak pada bahan yang kering. Air berperan sangat penting didalam proses biologis pembuatan biogas. Artinya terlalu banyak (berlebihan) juga jangan terlalu sedikit (kekurangan).
- 3) Temperatur yang diyakini sebagai temperatur optimum perkembangbiakan bakteri metan adalah sekitar 35°C . Dengan temperatur itu proses pembuatan biogas akan berjalan sesuai dengan waktunya. Tetapi berbeda kalau nilai temperatur terlalu rendah (dingin), maka waktu untuk menjadi biogas akan lebih lama.
- 4) Kehadiran jasad pemroses atau jasad yang mempunyai kemampuan untuk menguraikan bahan-bahan yang akhirnya membentuk CH_4 dan CO_2 . Dalam kotoran kandang, lumpur selokan ataupun sampah dan jerami, serta bahan-bahan buangan lainnya, banyak jasad renik, baik bakteri maupun jamur pengurai. Tapi yang menjadi masalah adalah hasil uraiannya belum tentu menjadi CH_4 yang diharapkan serta mempunyai kemampuan sebagai bahan bakar. Maka untuk

menjamin agar kehadiran jasad renik atau mikroba pembuat biogas (umumnya disebut bakteri metan), sebaiknya digunakan starter, yaitu bahan atau substrat yang didalamnya sudah dapat dipastikan mengandung mikroba metan sesuai yang dibutuhkan.

- 5) Aerasi atau kehadiran udara (oksigen) selama proses. Dalam hal pembuatan biogas maka udara sama sekali tidak diperlukan dalam bejana pembuat. Keberadaan udara menyebabkan gas CH_4 tidak akan terbentuk. Untuk itu maka bejana pembuat biogas harus dalam keadaan tertutup rapat.

Masih ada beberapa persyaratan lain yang diperlukan agar hasil biogas sesuai dengan harapan. Tetapi ke lima syarat tersebut sudah merupakan syarat dasar agar proses pembuatan biogas sebagaimana mestinya.^[5]

II.5 Fermentasi

Ada dua tipe dasar dekomposisi organik yang dapat terjadi aerobik (dengan adanya oksigen), dan dekomposisi anaerobik (tanpa oksigen). Semua bahan organik, baik hewan dan sayur bisa dipecah oleh dua proses, namun produk dekomposisi akan sangat berbeda dalam dua kasus. Dekomposisi aerobik akan menghasilkan karbon dioksida, amonia dan beberapa gas lainnya dalam jumlah kecil, panas dalam jumlah besar dan produk akhir yang dapat digunakan sebagai pupuk. Dekomposisi anaerobik akan menghasilkan metana, karbon dioksida, hidrogen beberapa dan gas lainnya,

panas sangat sedikit dan produk akhir dengan kadar nitrogen lebih tinggi dari pada yang dihasilkan oleh fermentasi aerobik.

Dekomposisi anaerobik adalah proses dua tahap sebagai pakan bakteri tertentu pada bahan organik tertentu. Pada tahap pertama, bakteri asam membongkar molekul organik kompleks menjadi peptida, gliserol, alkohol dan gula sederhana. Ketika senyawa ini telah diproduksi dalam jumlah yang cukup, kedua jenis bakteri mulai mengubah senyawa-senyawa sederhana menjadi metana. Bakteri penghasil metana ini sangat dipengaruhi oleh kondisi sekitar, yang dapat memperlambat atau menghentikan proses sepenuhnya.^[6]

Zat Racun (Toxic) – Beberapa zat racun yang dapat mengganggu kinerja biodigester antara lain air sabun, detergen, creolin. Berikut adalah tabel beberapa zat beracun yang mampu diterima oleh bakteri dalam biodigester (Sddimension FAO dalam Ginting, 2006).

Tabel II.5 Batas Konsentrasi Penghambat

Penghambat	Konsentrasi Penghambat
Sulfat SO_4^{2-}	5000 ppm
Sodium Klorida atau garam alami (NaCl)	40.000 ppm
Nitrat (dihitung sebagai N)	0,05 mg/ml
Tembaga (Cu^{2+})	100 mg/l
Chrom (Cr^{3+})	200 mg/l
Nikel (Ni^{3+})	200 – 500 mg/l
Natrium (Na^+)	3500 – 5500 mg/l
Kalium (K^+)	2500 – 4500 mg/l
Kalsium (Ca^{2+})	2500 – 4500 mg/l
Magnesium (Mg^{2+})	1000 – 1500 mg/l
Mangan (Mn^{2+})	Lebih dari 1500 mg/l

II.6 Bakteri

Ada tiga kelompok bakteri yang berperan dalam proses pembentukan biogas, yaitu:

1. Kelompok bakteri fermentatif: *Streptococci*, *Bacteriodes*, dan beberapa jenis *Enterobacteriaceae*
2. Kelompok bakteri asetogenik: *Desulfovibrio*
3. Kelompok bakteri metana: *Mathanobacterium*, *Mathanobacillus*, *Methanosacaria*, dan *Methanococcus*.^[7]

Bedasarkan suhu kisaran suhu kisaran bakteri di bagi menjadi tiga golongan :

- 1) Tipe krioofilik, yaitu bakteri yang hidup pada daerah suhu antara 0°C-30°C ,dengan suhu optimum 15 °C.
- 2) Tipe Mesofilik, yaitu bakteri yang hidup pada suhu reaksi antara 25°C-40°C. Dengan suhu optimum 33°C-35°C. Tipe ini tidak membutuhkan alat pemanas tambahan karena sesuai dengan suhu normal namun untuk negara subtropis membutuhkan alat pemanas selama musim dingin.
- 3) Tipe termofilik, yaitu bakteri yang hidup pada suhu reaksi antara 40°C-70°C. Dengan suhu optimum \pm 60°C. Tipe ini membutuhkan alat pemanas tambahan dan memerlukan mekanisme pengendalian proses yang kompleks. Digester dengan bakteri ini biasanya dipakai untuk skala industri dimana tipe ini lebih memungkinkan dimaksimalisasi produksi biogasnya.^[8]

Starter yang mengandung bakteri metana sangat diperlukan untuk mempercepat proses fermentasi anaerob. Beberapa jenis starter antara lain :

- Starter alami, yaitu lumpur aktif seperti lumpur kolam ikan, cairan septictank, endapan lumpur (sludge) dan kotoran hewan.
- Starter semi buatan, yaitu starter dari fasilitas biodigester dalam stadium aktif.
- Starter buatan, yaitu bakteri yang dikembangkan secara laboratorium.^[7]

II.7 Mekanisme Pembuatan Biogas

Pembentukan biogas dilakukan oleh mikroba pada situasi anaerob yang meliputi 3 tahap yaitu:

1) Tahap Hidrolisis

Pada tahap ini terjadi pelarutan bahan-bahan organik mudah larut dan pencernaan bahan organik yang kompleks menjadi sederhana, perubahan struktur bentuk primer menjadi bentuk monomer.

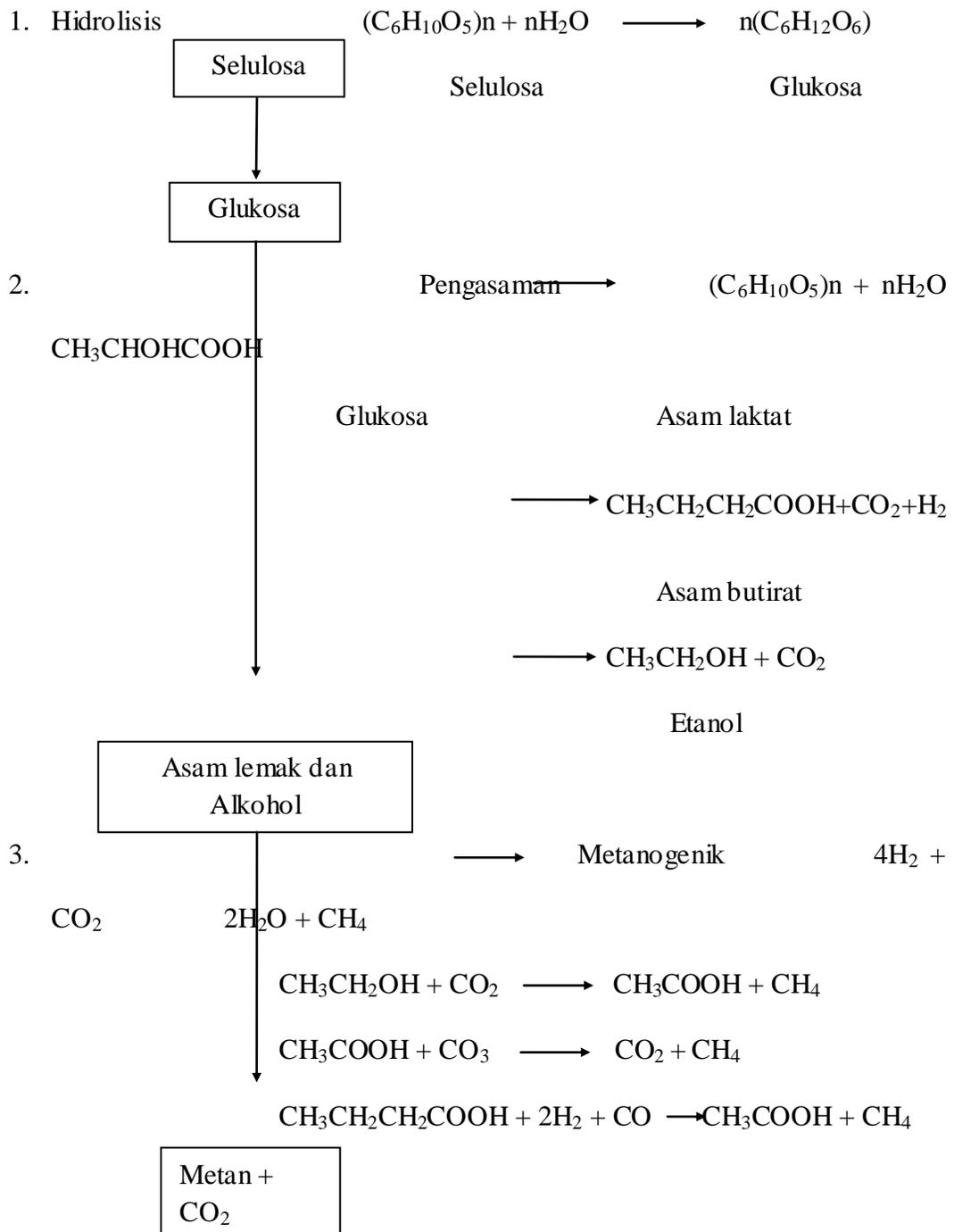
2) Tahap Pengasaman

Pada tahap pengasaman komponen monomer (gula sederhana) yang terbentuk pada tahap hidrolisis akan menjadi bahan makanan bagi bakteri pembentuk asam. Produk akhir dari gula-gula sederhana pada tahap ini akan dihasilkan asam asetat, propionate, format, laktat, alkohol, serta sedikit karbon dioksida dan hidrogen.

3) Tahap Metanogenik

Pada tahap ini asam-asam lemak rantai pendek diubah menjadi H_2 , CO_2 , dan asetat. Asetat akan mengalami dekarboksilasi dan reduksi CO_2 kemudian bersama-sama dengan H_2 dan CO_2 menghasilkan produk akhir yaitu metan (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2).^[9]

Tahap-tahap tersebut dapat digambarkan dalam sebuah bagan sebagai berikut: ^[9]



Bagan II.1 Tahap Pembentukan Biogas

II.8 Jenis Reaktor Biogas

Reaktor biogas dapat digolongkan dalam dua jenis yaitu berdasarkan konstruksinya dan berdasar aliran bahan bakunya.

a) Berdasarkan konstruksinya, pada umumnya reaktor biogas dapat digolongkan dalam tiga jenis yaitu :

- Fixed dome, yaitu berupa digester yang dibangun dengan menggali tanah kemudian dibuat bangunan dengan bata, pasir, dan semen yang berbentuk seperti rongga yang kedap udara dan berstruktur seperti kubah. Pada konstruksi fixed dome gas yang terbentuk akan langsung disalurkan ke pengumpul gas diluar reaktor berupa kantong yang berbentuk balon (akan mengembang bila tekanannya naik).
- Floating drum berarti ada bagian pada konstruksi reaktor yang bisa bergerak untuk menyesuaikan dengan kenaikan tekanan reaktor. Pergerakan bagian reaktor tersebut juga menjadi tanda telah dimulainya produksi gas di dalam reaktor biogas.^[10]
- Reaktor balon, ini merupakan jenis reaktor yang paling banyak digunakan pada skala rumah tangga. Reaktor ini menggunakan bahan plastik sehingga lebih efisien dalam penanganan dan perubahan tempat biogas. Reaktor ini

terdiri dari satu bagian yang berfungsi sebagai digester sekaligus penyimpanan gas yang masing-masing bercampur dalam satu ruangan tanpa sekat. Material organik terletak di bagian bawah karena memiliki massa yang lebih besar dibandingkan gas yang akan mengisi pada rongga atas. Kelemahan reaktor ini adalah mudah bocor, tetapi kelebihanannya adalah harganya lebih murah.^[9]

b) Berdasarkan tipe alirannya dapat digolongkan dalam 2 jenis yaitu:

- Tipe bak, pada tipe bak ini bahan baku reaktor ditempatkan di dalam wadah (ruang tertentu) dari awal hingga selesainya proses pencernaan. Ini hanya umum digunakan pada tahap eksperimen untuk mengetahui potensi gas dari suatu jenis limbah organik.
- Tipe mengalir (continuous), pada jenis mengalir ini ada aliran bahan baku masuk dalam residu dan mengalir keluar pada selang waktu tertentu.^[11]

II.9 Kapasitas Panas Spesifik

Kita menggunakan simbol Q sebagai kuantitas panas . Ketika dihubungkan dengan perubahan suhu yang sangat kecil dT , kita menyebutnya dQ . Kuantitas panas Q yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu suatu massa m dari bahan tertentu dari T_1 menjadi T_2 kira-kira setara dengan perubahan suhu $\Delta T = T_2 - T_1$. Kuantitas panas juga berbanding lurus dengan massa bahan m . Untuk menaikkan suhu satu kg air sebesar 1°C diperlukan panas 4190 J, tetapi hanya diperlukan 910 J untuk menaikkan suhu

satu kg aluminium sebesar 1°C. Dengan menyatukan seluruh hubungan tersebut kita peroleh :

$$Q = m.c. \Delta T \dots\dots\dots (II.1)$$

Di mana c adalah kuantitas yang berbeda untuk setiap bahan yang berlainan, dan disebut sebagai kapasitas panas spesifik bahan tersebut. Untuk perubahan suhu yang sangat kecil dT dan kuantitas panas dQ yang berkaitan

$$dQ = mc dT \dots\dots\dots (II.2)$$

$$c = \frac{1}{m} \frac{dQ}{dT} \dots\dots\dots (II.3)$$

dalam persamaan (II.1), (II.2), dan (II.3), Q (atau dQ) dan ΔT (atau dT) dapat bernilai positif atau negatif. Jika positif panas memasuki benda dan suhunya naik, jika negatif, panas keluar dari benda dan suhunya turun.

dQ tidak menggambarkan perubahan panas di dalam suatu benda ; ini adalah konsep yang tidak berarti. Panas selalu berupa energi yang berpindah sebagai hasil perbedaan suhu. Tidak ada sesuatu bendapun yang mempunyai “jumlah panas dalam suatu benda”. Kapasitas panas spesifik air adalah sekitar

$$4190 \text{ J/kg.K} = 1 \text{ kal/g.C}^\circ, \text{ atau } 1 \text{ Btu/lb.F}^\circ$$

Kapasitas panas spesifik dari suatu bahan tergantung pada suhu awal dan interval suhu.^[12]

II.10 Perubahan Fasa

Kita menggunakan istilah fasa untuk mendeskripsikan keadaan tertentu dari suatu bahan. Seperti padat, cair, atau gas. Campuran H₂O eksis dalam fasa padatan sebagai es, dalam fasa cair sebagai air, dan dalam fasa gas sebagai uap. Transmisi dari satu fasa ke fasa lainnya disebut sebagai perubahan fasa atau transmisi fasa. Untuk tekanan tertentu perubahan fasa terjadi pada suhu tertentu, umumnya disertai dengan absopsi atau emisi panas dan perubahan volume dan densitas.

Untuk membekukan air menjadi es pada 0°C panas yang harus dihilangkan adalah sama, tapi dalam kasus ini Q negatif karena panas dikeluarkan bukan ditambahkan. Untuk melingkupi kedua kemungkinan dan mencakup jenis fasa lainnya dituliskan

$$Q = \pm ml \dots\dots\dots (II.4)$$

Tanda plus dipakai ketika memerlukan panas dan tanda minus dipakai ketika perubahan fasa mengeluarkan panas (tidak membutuhkan panas). Panas peleburan berbeda untuk bahan yang berlainan dan juga berfariasi terhadap tekanan.^[12]

II.11 Hukum ke Nol Termodinamika

Kalor (Q) adalah energi yang mengalir dari benda satu ke benda yang lain karena perbedaan suhu. Kalor selalu berpindah dari benda yang panas ke benda yang dingin. Agar kedua benda saling bersentuhan tersebut berada dalam keadaan termal yang seimbang, suhu kedua benda harus sama. Jika benda pertama dan benda kedua berada dalam keadaan termal dengan benda ketiga, maka kedua benda pertama berada dalam keadaan setimbang termal. Pernyataan ini sering disebut hukum ke nol (zeroth law) termodinamika. Setiap benda terdiri dari sejumlah atom dan molekul, dan semuanya terdiri dari sejumlah partikel yang memiliki energi potensial dan kinetik. Sehingga energi dalam suatu sistem adalah sebagai jumlah energi kinetik seluruh partikel penyusunnya, ditambah dengan jumlah seluruh energi potensial dari interaksi antar seluruh partikel itu (bukan energi hasil interaksi sistem dengan lingkungan). Sebagai gambaran, jika suatu benda dihangatkan maka benda tersebut akan meningkat energi dalamnya sebaliknya jika benda didinginkan maka benda tersebut akan menurun energi dalamnya. ^[13]

II.12 Hukum Termodinamika I

Berbicara tentang analisis termodinamika sangatlah perlu kita berikan batasan yang membuat kajian kita dapat lebih jelas yaitu dengan memisahkan antara sistem dan lingkungan. Sistem merupakan suatu batasan yang dipakai untuk menunjukkan suatu benda (benda kerja) dan merupakan pusat perhatian kita dalam suatu permukaan tertutup. Sedangkan lingkungan merupakan segala sesuatu diluar sistem yang mempengaruhi kelakuan sistem secara langsung. Antara sistem dengan lingkungan

terdapat hubungan timbal balik yaitu interaksi dalam bentuk pertukaran energi ataupun perpindahan material atau partikel sistem atau lingkungan sehingga keadaan sistem dengan lingkungan menjadi setimbang. ^[13]

Terdapat tiga jenis sistem berdasarkan interaksi dengan lingkungannya yaitu :

- a. Sistem terbuka adalah jika interaksi antar sistem dengan lingkungannya melibatkan pertukaran energi dan perpindahan partikel untuk menuju suatu keadaan yang setimbang.
- b. Sistem tertutup adalah jika interaksi tetap ada antara sistem dengan lingkungan tetapi tidak disertai dengan pertukaran energi dan perpindahan partikel untuk menuju suatu keadaan yang setimbang.
- c. Sistem terisolasi adalah tidak terjadi sama sekali interaksi antara sistem dengan lingkungan (sistem setimbang tanpa dipengaruhi oleh lingkungan sekitarnya).^[13]