

SKRIPSI

**PRODUKTIVITAS BIOGAS MENGGUNAKAN ECENG GONDOK,
LIMBAH KUBIS DAN KOTORAN SAPI DENGAN METODE
PENGADUK PADA REAKTOR *BATCH***

OLEH :

HADI IKRAM ISMAIL

D211 16 509



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023

SKRIPSI

**PRODUKTIVITAS BIOGAS MENGGUNAKAN ECENG GONDOK,
LIMBAH KUBIS DAN KOTORAN SAPI DENGAN METODE
PENGADUK PADA REAKTOR *BATCH***

OLEH :

HADI IKRAM ISMAIL

D211 16 509

**Merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelas Sarjana Teknik pada
Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN**

GOWA

2023

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan mengikuti Ujian Akhir guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin pada Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

JUDUL :

**PRODUKTIVITAS BIOGAS MENGGUNAKAN ECENG GONDOK,
LIMBAH KUBIS DAN KOTORAN SAPI DENGAN METODE
PENGADUK PADA REAKTOR *BATCH***

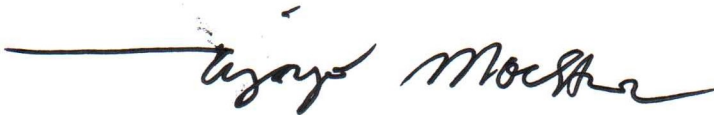
HADI IKRAM ISMAIL

D21116509

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing 2



Dr. Eng. Andi Amijoyo Mochtar, ST., M.Sc.

Dr. Eng. Novriany Amalivah, ST., MT.

NIP. 19760216 201012 1 002

NIP. 19791112 200812 2 002

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT.

NIP. 19720825 200003 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Hadi Ikram Ismail
Nomor mahasiswa : D21116509
Program studi : Teknik Mesin :
Jenjang : Program Sarjana (S1)

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa karya tulisan saya yang berjudul :

PRODUKTIVITAS BIOGAS MENGGUNAKAN ECENG GONDOK, LIMBAH KUBIS DAN KOTORAN SAPI DENGAN METODE PENGADUK PADA REAKTOR *BATCH*

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan pengambilan alihan tulisan orang lain, skripsi yang saya tulis benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri. Apabila dikemudian hari dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 10 Februari 2022

Yang menyatakan



Hadi Ikram ismail
Nim : D21116509

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DATA DIRI

Nama : Hadi Ikram Ismail
Tempat / Tanggal Lahir : Kendari, 10 April 1998
Jenis Kelamin : Laki - laki
Agama : Islam
Alamat : Jl. Andi Tonro No. 54 Makassar
No. Hp : 082297394516
E-mail : hadiikramismail16@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

SD NEGERI SUDIRMAN III MAKASSAR (2004 – 2010)
SMP NEGERI 3 MAKASSAR (2010 – 2013)
SMA NEGERI 2 MAKASSAR (2013 – 2016)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas banyaknya Berkah, Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulisan Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan studi serta dalam rangka memperoleh gelar Sarjana Teknik Strata Satu pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Judul yang penulis ajukan adalah : **“PRODUKTIVITAS BIOGAS MENGGUNAKAN ECENG GONDOK, LIMBAH KUBIS DAN KOTORAN DENGAN METODE PENGADUK PADA REAKTOR *BATCH*”**

Selesainya Skripsi ini tidak terlepas dari pihak yang telah memberikan banyak bantuan kepada penulis. Maka dari itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua dan saudara – saudara yang setiap saat mendoakan, mendukung dan memberikan motivasi untuk menyelesaikan pendidikan saya.
2. Bapak Dr. Eng. Andi Amijoyo Mochtar, ST., M.Sc. dan Ibu Dr. Eng. Novriany Amaliyah, ST., MT. selaku pembimbing atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan dari penyusunan konsep dan proposal, pelaksanaan penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT. selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
4. Seluruh dosen dan staff Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala ilmu, nasihat dan bantuan selama penulis berkuliah
5. Saudara – saudara seperjuangan COMPREZZOR 2016 yang setia menemani, mambantu, motivator dan mendukung penulis dari awal kuliah dan seterusnya.
6. Organisasi kemahasiswaan HMM FT-UH sebagai wadah belajar dan pembentukan karakter penulis hingga saat ini.

7. Teman – teman seperjuangan Laboratorium Energi Terbarukan dan Laboratorium Robotika yang telah bersedia menemani dan membantu selama masa penelitian dan penyusunan tugas akhir ini.
8. Saudara – saudara KOS yang selalu memberikan motivasi yang sangat berarti dalam perjalanan tugas akhir ini.

Tentunya dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna. Semua kebaikan berasal dari Allah semata, segala kekurangan dan kekeliruan berasal dari penulis maka dari itu penulis memohon maaf atas segala kesalahan, kritik dan saran sangat dibutuhkan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Gowa, Januari 2023

Penulis

ABSTRAK

HADI IKRAM ISMAIL., *Produktivitas Biogas Menggunakan Eceng Gondok, Limbah Kubis, dan Kotoran Sapi Dengan Metode Pengaduk Pada Reaktor Batch* (dibimbing oleh Dr. Eng. Andi Amijoyo Mochtar. ST., M.Sc. dan Dr. Eng. Novriany Amaliyah, ST., MT.)

Penelitian ini difokuskan pengaruh pengadukan dalam proses penguraian anaerobik dengan variasi campuran antara eceng gondok, limbah kubis dan kotoran sapi terhadap produksi biogas dan nilai kalor yang dihasilkan. Pada penelitian ini digester yang digunakan tipe *batch* berkapasitas 15 L.

Pengadukan pada digester dilakukan dengan kecepatan 120 rpm selama 10 menit setiap hari selama 21 hari. Rasio campuran eceng gondok : limbah kubis : kotoran sapi antara lain 0:1:3, 1:0:3, 1:0:1, dan 3:0:1 serta 1.5:1:2.5.

Pada penelitian ini didapatkan nilai pH berkisar antara 6.6 – 7.6 dan temperature digester 27 - 31 °C. Rasio campuran yang optimal pada produksi biogas adalah 1:0:1 atau eceng gondok 2.5 kg dan kotoran sapi 2.5 kg dengan laju produksi biogas sebesar 241 ml/hari. Hasil penelitian ini menunjukkan peningkatan yang signifikan dari penelitian sejenis dengan digester tanpa pengaduk.

Kata kunci : Biogas, Kotoran Sapi, Eceng Gondok, Limbah Kubis, Pengadukan

ABSTRACT

HADI IKRAM ISMAIL., *Productivity of Biogas Using Water Hyacinth, Cabbage Waste and Cow Manure Using Stirring Method in the Batch Reactor.* (Guided by Dr. Eng. Andi Amijoyo Mochtar. ST., M.Sc. and Dr. Eng. Novriany Amaliyah, ST., MT.)

This study focused on the effect of stirring in the anaerobic digestion process with variations in the mix between water hyacinth, cabbage waste and cow dung on biogas production and the resulting calorific value. In this study, the type of digester used *batch* with a capacity of 15 L.

Stirring in the digester was carried out at a speed of 120 rpm for 10 minutes every day for 21 days. The ratio of the mixture of water hyacinth: cabbage waste: cow dung, among others, 0:1:3, 1:0:3, 1:0:1, and 3:0:1 and 1.5:1:2.5.

In this study, the pH values ranged from 6.6 – 7.6 and the digester temperature was 27 – 31 °C. The optimal mix ratio for biogas production is 1:0:1 or a variation of 2.5 kg of water hyacinth and 2.5 kg of cow manure with a biogas production rate of 241 ml/day. The results of this study indicate a significant increase from similar studies with digesters without stirrers.

Keywords : Biogas, Cow Manure, Water Hyacinth, Cabbage Waste, Mixing

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
NOMENKLATUR.....	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Energi Terbarukan.....	6
2.2 Biogas.....	7
2.3 Penguraian Anaerobik (Anaerobic Digestion).....	8
2.3.1 Hydrolysis	9

2.3.2 Acidogenesis	10
2.3.3 Acetogenesis	10
2.3.4 Methanogenesis.....	10
2.4 Reaktor/Digester	11
2.4.1 Fixed domed plant.....	11
2.4.2 Baloon plant	12
2.4.3 Continuous Stirred Tank Reactor.....	12
2.5 Parameter pendukung terbentuknya biogas	13
2.5.1 Rasio C/N	13
2.5.2 Temperatur	14
2.5.3 Nilai pH.....	15
2.6 Pengadukan (Mixing).....	15
2.6.1 Jenis – jenis pengaduk.....	17
2.6.2 Geometri Pengaduk.....	19
2.7 Motor DC (Direct Current)	20
2.8 Feedstock / Bahan	22
2.8.1 Kotoran Sapi.....	22
2.8.2 Katalisator	22
a. Eceng Gondok	23
b. Limbah Kubis.....	23
BAB III.....	25
METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1 Waktu dan tempat penelitian.....	25
3.2 Alat dan Bahan.....	25
3.2.1 Alat.....	25
3.2.2 Bahan.....	26
3.3 Rancangan Penelitian	26
3.3.1 Skema instalasi digester	26

3.3.2 Desain pengaduk pada digester	27
3.3.3 Sistem penggerak pada pengaduk	29
3.4 Pelaksanaan Penelitian	30
3.4.1 Analisis Data	31
3.5 Diagram Alir Penelitian	34
BAB IV	36
HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Produksi Biogas Harian	36
4.2 Produksi Biogas Kumulatif	37
4.3 Laju Produksi Biogas	38
4.4 Tekanan Digester	42
4.5 Temperatur digester	43
4.6 Derajat Kesamaan (pH)	44
4.7 Uji nyala api	45
4.7.1 Skema nyala api	47
4.8 Uji Nilai Kalor	49
BAB V	52
KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema proses pembentukan biogas (Saputra et al., 2018).....	9
Gambar 2. 2 Jenis digester fixed domed plant (Pertiwiningrum, 2018).....	12
Gambar 2. 3 Jenis digester Baloon plant (Wulandari & Labiba, 2017)	12
Gambar 2. 4 Digester Countinuous Stirred Tank Reactor (Meisam & Hossein, 2018)	13
Gambar 2. 5 Skema reaktor pengaduk dengan sederhana (Yuwono & Soehartanto, 2013)	16
Gambar 2. 6 Pengaduk jenis propeller.....	18
Gambar 2. 7 Pengaduk jenis paddle	18
Gambar 2. 8 Pengaduk jenis turbin	19
Gambar 2. 9 Dimensi pengaduk	20
Gambar 2. 10 Motor DC (dirrect current)	21
Gambar 2. 11 Kotoran sapi / Cow dung	22
Gambar 2. 12 Eceng Gondok (<i>Eichornia crassipes</i>).....	23
Gambar 2. 13 Limbah Kubis	24
Gambar 3. 1 Skema instalasi digester.....	26
Gambar 3. 2 Dimensi digester / reaktor.....	28
Gambar 3. 3 Geometri Pitch 4 blade turbine impeller.....	28
Gambar 3. 4 Skema sistem penggerak pengaduk.....	29
Gambar 3. 5 Rangkaian kelistrikan sistem pengaduk digester.....	30
Gambar 4. 1 Produksi biogas harian.....	36
Gambar 4. 2 Produksi biogas kumulatif.....	37
Gambar 4. 3 Laju produksi rata - rata biogas	39
Gambar 4. 4 Perbandingan laju produksi biogas terhadap penelitian sebelumnya	41
Gambar 4. 5 Tekanan digester.....	42
Gambar 4. 6 Temperatur digester	43
Gambar 4. 7 Derajat kesamaan (pH)	44

Gambar 4. 8 Uji nyala api biogas a) D1, b) D2, c) D3, d) D4, dan e) D5	46
Gambar 4. 9 Skema nyala api biogas (Kwarsa Matalapu, 2021)	47
Gambar 4. 10 Warna nyala api setiap digester a) D1, b) D2, c) D3, d) D4, dan D5	48
Gambar 4. 11 Nilai kalor	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Potensi Energi Terbarukan di Indonesia (Kementerian ESDM, 2016) .	7
Tabel 2. 2 Kandungan Biogas Secara Umum (Pertiwiningrum, 2018).....	8
Tabel 2. 3 Rasio C/N pada bahan organik (Pertiwiningrum, 2018)	14
Tabel 2. 4 Tahap termal dan waktu penyimpanan (Seadi et al, 2008)	15
Tabel 3. 1 Rasio Campuran Bahan Organik.....	31
Tabel 3. 2 Jadwal kerja penelitian produktivitas biogas.....	35
Tabel 4. 1 Laju Produksi Biogas Rata - rata.....	38
Tabel 4. 2 Laju Produksi Biogas Penelitian Sebelumnya Oleh (Kwarsa Matalapu, 2021)	40

NOMENKLATUR

Simbol	Keterangan	Satuan
d	Diameter Pengaduk	cm
Dt	Diameter Tangki	cm
W	Lebar Daun Pengaduk	cm
h	Tinggi Pengaduk Dari Dasar	cm
H	Tinggi Campuran Pada Digester	cm
$V_{syringe}$	Volume Tabung Suntik	ml
m	Massa air	kg
C_p	Kalor jenis air	$(\frac{KJ}{kg} \text{ } ^\circ C)$
ΔT	Suhu total ($T_1 - T_2$)	($^\circ C$)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini pencarian, pengembangan, dan penyebaran teknologi energi non BBM yang ramah lingkungan menjadi amat penting, terutama ditujukan kepada keluarga miskin sebagai golongan yang banyak terkena dampak kenaikan BBM (Lazuardy, 2008). Saat ini diperlukan pemanfaatan sumber energi terbarukan yang berasal dari sumber non fosil seperti kotoran ternak, limbah pertanian, sampah perkotaan, dan sumber biomassa lainnya sebagai sumber energi alternatif ataupun sebagai penghematan penggunaan bahan bakar yang berasal dari minyak bumi. Energi terbarukan lain yang dapat dihasilkan dengan teknologi tepat guna yang relatif sederhana adalah sumber energi biogas yang dihasilkan oleh fermentasi anaerobik dari bahan-bahan organik. Biogas merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat menjawab kebutuhan energi alternatif saat ini.

Oleh karena itu, penerapan teknologi pengolahan limbah menjadi sumber energi seperti produksi biogas dipercaya menjadi salah satu pilihan terbaik dalam menyokong kebutuhan energi nasional. Dari beragam sumber energi terbarukan yang tersedia, biogas dipilih karena mudah diproduksi, serta dapat langsung digunakan untuk berbagai keperluan seperti bahan bakar, elektrifikasi, dll. Sisa limbah dari produksi biogas ini dapat dimanfaatkan sebagai pupuk untuk pertanian (Khalil et al., 2019).

Biogas merupakan salah satu sumber energi alternatif terbarukan yang paling efisien dan efektif. Teknologi biogas dilakukan dengan memanfaatkan kandungan bahan organik untuk pertumbuhan mikroorganisme yang potensial menghasilkan biogas (Anunputtikul & Rodtong, 2004). 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 atau setiap limbah organik yang biodegradable dalam kondisi anaerobik (Zalizar et al., 2012) . Biogas merupakan campuran beberapa gas dengan komponen utama metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2), dengan sejumlah kecil uap air. Komposisi biogas tergantung dari bahan baku yang digunakan. Apabila menggunakan bahan baku kotoran manusia, kotoran hewan, atau limbah cair tempat pemotongan hewan, gas metan yang diproduksi dapat mencapai 70%. Bahan baku dari tumbuh tumbuhan seperti batang padi, jerami, atau eceng gondok menghasilkan gas metana sekitar 55% (Nawir et al., 2018).

Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) adalah tanaman gulma di wilayah perairan yang hidupnya terapung pada air dan dengan mudah menyebar melalui saluran air ke badan air lainnya.. Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan salah satu biomassa atau bahan organik yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan biogas. Pemanfaatan eceng gondok sebagai bahan baku biogas dikarenakan memiliki kandungan karbohidrat dan selulosa. Selulosa akan dihidrolisis menjadi glukosa oleh bakteri yang akan menghasilkan gas metan sebagai biogas (Wahyuni, 2011).

Limbah atau sampah sayuran di pasar tradisional sangat berlimpah jumlahnya, sebagai contoh pada limbah kubis. Limbah kubis dapat menimbulkan masalah pencemaran yang berdampak pada kesehatan. Limbah kubis berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai biogas (Wahyuni et al., 2017).

Kotoran sapi sangat populer dimanfaatkan sebagai substrat penghasil biogas. Karena di dalam substrat kotoran sapi terdapat kandungan bakteri penghasil gas metan (CH_4). Biogas dapat dihasilkan melalui cara penguraian anaerobik atau tanpa oksigen, bahan – bahan organik diubah menjadi biogas yang memiliki kandungan utama metan (CH_4) dan karbondioksida (CO_2) (Kwarsa Matalapu, 2021).

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas maka melandasi dilakukan penelitian **“PRODUKTIVITAS BIOGAS MENGGUNAKAN ECENG GONDOK, LIMBAH KUBIS DAN KOTORAN SAPI DENGAN METODE PENGADUK PADA REAKTOR *BATCH*”**

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas maka di peroleh beberapa rumusan masalah yaitu:

1. Bagaimana melakukan rancang bangun biogas reaktor dengan pengaduk
2. Bagaimana rasio campuran dari eceng gondok, limbah kubis dan kotoran sapi dalam menghasilkan biogas yang optimal ?
3. Bagaimana laju produksi biogas dari hasil eceng gondok, limbah kubis dan kotoran sapi ?
4. Bagaimana nilai kalor biogas dari hasil eceng gondok, limbah kubis dan kotoran sapi ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan daripada penelitian ini adalah :

1. Melakukan rancang bangun biogas reaktor batch dengan pengaduk
2. Menentukan rasio campuran eceng gondok, limbah kubis dan kotoran sapi dalam menghasilkan biogas yang optimal
3. Mengukur nilai laju produksi biogas yang dihasilkan pada eceng gondok, limbah kubis dan kotoran sapi
4. Menghitung nilai kalor biogas yang dihasilkan pada setiap digester

1.4 Batasan Masalah

Dalam pelaksanaan penelitian ini penulis membatasi masalah pada hal – hal sebagai berikut :

1. Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah eceng gondok, limbah kubis dan kotoran sapi
2. Digester/reaktor yang digunakan memiliki kapasitas 15 l.
3. Temperatur digester yang digunakan adalah temperatur lingkungan ($\pm 30^{\circ}\text{C}$).

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Untuk menambah pengalaman dan pengetahuan yang lebih luas tentang pemanfaatan eceng gondok, limbah kubis dan kotoran sapi dengan menggunakan reaktor pengaduk

2. Pengembangan teknologi tepat guna yang dapat diaplikasikan langsung oleh masyarakat dalam rangka pemenuhan kebutuhan energi serta penyediaan Energi Baru Terbarukan (EBT)
3. Sebagai Tugas Akhir yang menjadi syarat kelulusan di Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Terbarukan

Penggunaan energi di Indonesia masih di dominasi oleh penggunaan energi tak terbarukan yang berasal dari fosil, khususnya minyak bumi dan batu bara, namun seiring berjalannya waktu, ketersediaan energi fosil semakin menipis. Perkiraan menyebutkan bahwa cadangan minyak bumi dunia akan habis dalam waktu 40 tahun lagi sedangkan batubara dan gas bumi diperkirakan akan habis dalam waktu 250 tahun dan 70 tahun, untuk mengantisipasinya energi baru terbarukan (EBT) merupakan alternatif terbaik. Penggunaan energi baru dan terbarukan harus menjadi perhatian utama pemerintah Indonesia tidak hanya sebagai upaya untuk mengurangi pemakaian energi fosil melainkan juga untuk mewujudkan energi bersih atau ramah lingkungan (Azhar & Satriawan, 2018).

Energi terbarukan merupakan sumber energi yang berasal dari sumber daya alam dan tidak akan habis karena terbentuk dari proses alam yang berkelanjutan. Indonesia diberkahi dengan potensi sumber energi terbarukan yang sangat besar, diantaranya panas bumi, energi air, energi angin, bioenergi (bioetanol, biodiesel, biomassa), energi arus laut, energi nuklir, dan energi surya yang hampir dapat diterapkan atau dimanfaatkan di setiap wilayah di Indonesia (Al Hakim, 2020).

Potensi energi terbarukan di Indonesia dapat dilihat di **Tabel 2.1** yang di terbitkan oleh Jurnal Energi Media Komunikasi Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral pada edisi 2.

Tabel 2. 1 Potensi Energi Terbarukan di Indonesia (Kementerian ESDM, 2016)

Jenis Energi Terbarukan	Potensi (Mega Watt)
Angin (wind)	950
Surya (solar power)	11.000
Air (hydro power)	75.000
Biomasa	32
Biofuel	32
Energi Laut (ocean)	60.000
Panas Bumi (Geothermal)	29.000

2.2 Biogas

Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan – bahan organik oleh mikroorganisme pada kondisi langka oksigen (anaerob). Reaktor yang digunakan untuk memproduksi biogas disebut digester. Digester adalah suatu alat tampung bahan – bahan organik dan limbah kotoran ternak yang bersifat anaerob atau langka oksigen. Dengan kata lain digester yang bersifat anaerob ini adalah sebuah proses mikrobial kompleks yang terjadi secara alami dalam lingkungan tanpa oksigen dan menjadi salah satu metode paling efisien dalam mengubah biomassa menjadi gas metana (Meisam & Hossein, 2018). Pada umumnya, biogas mengandung 60-70% metana (CH_4), 30-40% karbon dioksida (CO_2), serta sejumlah kecil gas lain seperti nitrogen (N_2), hidrogen (H_2), hidrogen sulfida (H_2S), amonia (NH_3), dan uap air. Secara umum kandungan biogas dapat dilihat pada **Tabel 2.2** sebagai berikut.

Tabel 2. 2 Kandungan Biogas Secara Umum (Pertiwiningrum, 2018)

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

Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi metan (CH₄), jika semakin tinggi kandungan dari metan maka akan semakin besar kandungan dari nilai kalor pada biogas, dan jika semakin kecil kandungan dari metan maka semakin kecil pula nilai kalornya. Kualitas dari biogas dapat ditingkatkan dengan beberapa perlakuan yaitu : menghilangkan hidrogen sulphur, kandungan air dan karbon dioksida (CO₂) atau yang disebut dengan proses purifikasi (Pertiwiningrum, 2018).

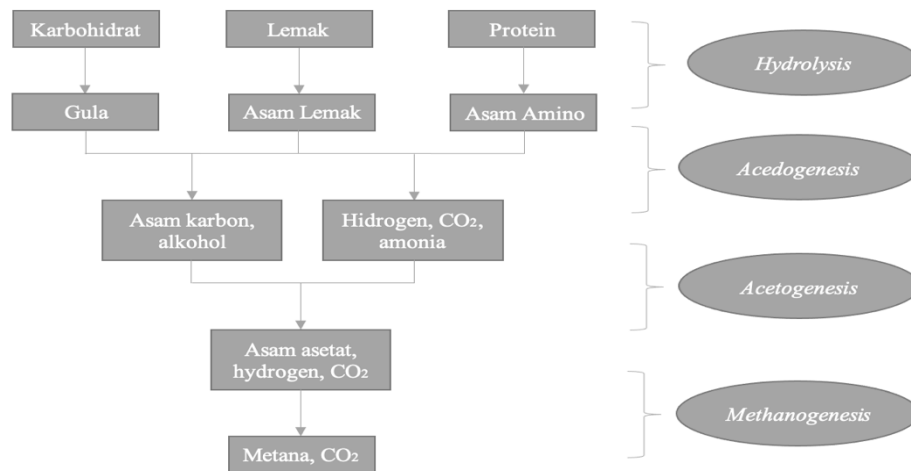
2.3 Penguraian Anaerobik (*Anaerobic Digestion*)

Penguraian anaerobik adalah sebuah proses bio-kimia kompleks, mikroorganisme mengurai material organik dalam kondisi lingkungan tanpa oksigen. Proses ini biasa digunakan di industri makanan seperti pabrik tempe, pabrik tahu, dan yang lain sebagainya (Yuwono & Soehartanto, 2013). Dengan tidak adanya oksigen, mikroorganisme memecah bahan organik ini dan

mengubahnya menjadi biogas. Setelah biogas ini dimurnikan di pabrik biogas, gas alam dapat diubah menjadi listrik, bahan bakar, dan energi panas.

Pada dasarnya penguraian anaerobik terdiri dari 4 tahapan proses yaitu Tahap *Hydrolysis*, Tahap *Acidogenesis*, Tahap *Acetogenesis*, dan Tahap *Methanogenesis*.

Skema proses pembentukan biogas pada **Gambar 2.2** sebagai berikut:



Gambar 2. 1 Skema proses pembentukan biogas (Saputra et al., 2018).

2.3.1 *Hydrolysis*

Hydrolysis merupakan proses awal pada proses ini yaitu proses terjadinya penguraian bahan organik yang kompleks menjadi sederhana atau mudah terurai. Bahan organik ini bisa langsung digunakan pada bakteri selanjutnya yaitu *Acidogenesis*. Adapun produk akhir dari tahapan hidrolisis ini berupa monosakarida, asam lemak, asam amino, purin dan primidin, serta bahan – bahan organik yang sulit terurai. Menurut (Van et al., 2020), menyertakan reaksi kimia yang terjadi pada tahap hidolisis, mikroorganisme hidrolisis cenderung memiliki ketahanan terhadap perubahan lingkungan dan toksin yang mungkin terdapat pada bahan baku.

2.3.2 *Acidogenesis*

Setelah melalui proses hidrolisis, kemudian akan tercerna secara fermentasi oleh mikroba *acidogenesis* sebagai bahan baku substrat pada pembentukan metana. Hasil dari *Acidogenesis* dikonversi menjadi hasil akhir bagi produksi metana berupa asam asetat, hidrogen, dan karbon dioksida. Asam asetat merupakan produk utama yang digunakan sebagai bahan baku oleh mikroba dalam pembentukan methana (Van et al., 2020).

2.3.3 *Acetogenesis*

Asam asetat juga diproduksi dari produk yang tidak dapat langsung digunakan oleh mikroba pembentuk metana (CH_4), yaitu etanol pada alkohol dan asam propinat. Menurut studi (Van et al., 2020), proses *Acetogenesis* lebih lambat dibanding *acidogenesis* (1.5-4 hari). Fase ini berlangsung optimum pada lingkungan dengan pH 6.0-6.2 dan rentan terhadap oksidan (bersifat toksik) seperti oksigen dan nitrat. Tahap ini disebut sebagai *Acetogenesis*.

2.3.4 *Methanogenesis*

Pembentukan gas metana (CH_4) sebagian besar didasarkan pada asam asetat, hidrogen dan karbon dioksida, dan sebagian lainnya terbentuk dari alkohol dan asam organik. Sebanyak 70% dari gas metana pada *methanogenesis* dibentuk dari bahan baku asam asetat, sedangkan sisanya berasal dari perubahan hidrogen dan karbon dioksida (Budiastuti et al., 2018).

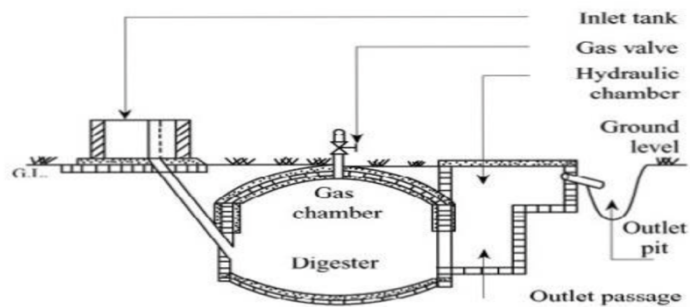
2.4 Reaktor/Digester

Untuk mendapatkan biogas dari bahan organik, diperlukan alat yang disebut biogas digester. Biogas digester harus menggunakan penampungan yang dapat menyimpan bahan campuran limbah dengan memperhatikan proses fermentasi anaerob (kedap udara) sehingga menghasilkan gas bio berupa gas metana yang dapat dikelola.

Tipe reaktor/digester dibedakan menjadi dua yaitu tipe *batch* dan tipe *kontinyu*. Pada tipe *batch*, diisi sekali selama pengoperasian digester, dan ketika jumlah gas yang dihasilkan berkurang, maka bahan baku dapat diganti dengan yang baru. Tipe *batch* digunakan jika bahan baku sudah tersedia. Sedangkan tipe *kontinyu* dirancang untuk jenis digester mengalir, dan ketersediaan bahan baku harus selalu tersedia (Pertiwiningrum, 2018). Reaktor dapat dibuat secara vertikal, horizontal, baik dalam satu atau multi tahap, atau berdasarkan jenis pengadukannya. Berikut diantaranya :

2.4.1 *Fixed domed plant*

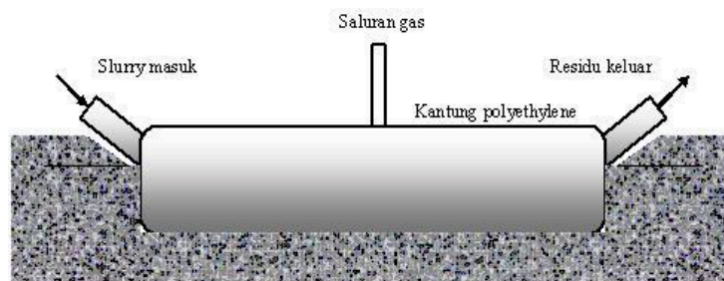
Jenis *fixed domed plant* terdiri dari tangki pencernaan dan tangki penyimpanan gas. Ketika gas dihasilkan, lumpur sisa (*slurry*) didorong ke bak lumpur. Ketika kotoran ternak terus dipasok, gas yang dihasilkan terus menekan lumpur sampai meluap ke lubang lumpur. Gas yang dihasilkan digunakan dan dilepaskan dalam pipa gas dengan katup (Pertiwiningrum, 2018) .



Gambar 2. 2 Jenis digester *fixed domed plant* (Pertiwiningrum, 2018)

2.4.2 *Baloon plant*

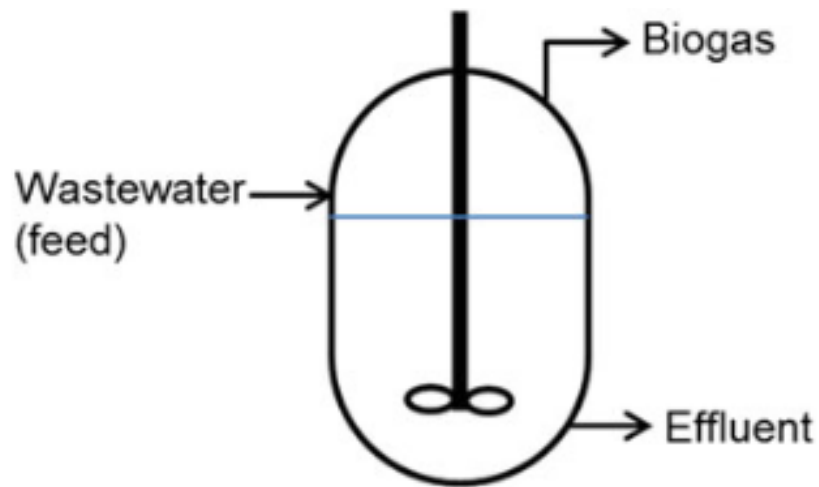
Reaktor balon merupakan jenis reaktor yang banyak digunakan pada skala rumah tangga yang menggunakan bahan plastik sehingga lebih efisien dalam penanganan dan perubahan tempat biogas. Reaktor ini terdiri dari satu bagian yang berfungsi sebagai digester dan penyimpan gas masing masing bercampur dalam satu ruangan tanpa sekat (Wulandari & Labiba, 2017).



Gambar 2. 3 Jenis digester *Baloon plant* (Wulandari & Labiba, 2017)

2.4.3 *Continuous Stirred Tank Reactor*

Reaktor ini banyak digunakan secara luas pada pengolahan limbah dengan kadar endapan tinggi seperti limbah ternak, limbah industri. Dalam penerapannya, CSTR dilengkapi dengan sistem pengaduk untuk membantu bahan tercampur rata sehingga lebih efisien dalam produksi biogás (Mao et al., 2015).



Gambar 2. 4 Digester *Countinuous Stirred Tank Reactor* (Meisam & Hossein, 2018)

2.5 Parameter pendukung terbentuknya biogas

Terdapat beberapa faktor yang memiliki dampak pada tingkat produksi gas metan, diantaranya kandungan rasio C/N dalam bahan organik, suhu, pH, waktu tinggal, dan pengadukan.

2.5.1 Rasio C/N

Rasio C/N merupakan hubungan antara jumlah karbon dan nitrogen yang terkandung dalam bahan organik. Apabila rasio C/N sangat tinggi, nitrogen akan dikonsumsi dengan cepat oleh bakteri metan, sehingga produksi metan menjadi rendah. Dan apabila sebaliknya, jika rasio C/N sangat rendah, maka nitrogen akan bebas menambah bentuk NH_4 (amoniak). Sehingga akan berakibat racun bagi bakteri metan yang ada (Yuwono & Soehartanto, 2013). Rasio C/N dari beberapa bahan organik dapat dilihat pada **Tabel 2.3.** sebagai berikut.

Tabel 2. 3 Rasio C/N pada bahan organik (Pertiwiningrum, 2018)

Bahan Organik	N dalam %	C/N
Kotoran manusia	6	5.9-10
Kotosan sapi	1.7	16.6-25
Kotoran babi	3.8	6.2-12.5
Kotoran ayam	6.3	5-7.1
Kotoran kuda	2.3	25
Kotoran domba	3.8	33
Jerami	4	12.5-25
Lucemes	2.8	16.6
Alga	1.9	100
Gandum	1.1	50
Serbuk jerami	0.5	100-125
Ampas tebu	0.3	140
Serbuk gergaji	0.1	200-500
Kubis	3.6	1.5
Tomat	3.3	12.5
Mustard (Runch)	1.5	25
Kulit kentang	1.5	25
Sekam	0.6	67
Bonggol Jagung	0.8	50
Daun yang gugur	1	50
Batang kedelai	1.3	33
Tomat	6	5.9-10

2.5.2 Temperatur

Proses penguraian anaerobik berlangsung pada kondisi temperatur psikrofilik ($\pm 15^{\circ}\text{C}$), mesofilik ($25-45^{\circ}\text{C}$) dan termofilik ($55-70^{\circ}\text{C}$). Temperatur rendah

diketahui menghasilkan produksi biogas karena rendahnya perkembangan mikroba. Secara umum, proses mesofilik cenderung stabil meskipun lamban pada tahap awal fase penguraian anaerobik (Seadi et al, 2008).

Tabel 2. 4 Tahap termal dan waktu penyimpanan (Seadi et al, 2008)

Tahap Termal	Temperatur	Waktu Penyimpanan
Psikrofilik	< 20°C	70-80 Hari
Mesofilik	25-45°C	30-40 Hari
Termofilik	43-55°C	15-20Hari

2.5.3 Nilai pH

Pada umumnya dengan nilai pH 6 – 7 produksi biogas tercapai secara optimum. Akan tetapi pada proses anaerob nilai pH memiliki kisaran tersendiri pada setiap tahap (Yuwono & Soehartanto, 2013). Perkembangan beragam mikroorganisme dalam penguraian anaerobik terjadi pada nilai pH yang berbeda, contohnya *acidogenesis* (5.0-6.0) dan *methanogenesis* (6.5-8) (Kundu et al., 2017)

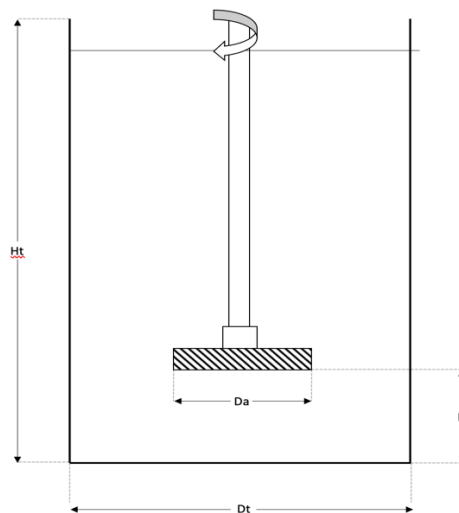
2.6 Pengadukan (*Mixing*)

Dalam studi (Yuwono & Soehartanto, 2013), setiap limbah cair atau bahan organik yang digunakan untuk pembuatan biogas memiliki kandungan *sludge* atau kotoran seperti halnya lumpur. Dan hal ini merupakan salah satu hal yang mempengaruhi saat proses pembuatan biogas di dalam bioreaktor. Seperti yang telah diketahui proses pembuatan biogas berlangsung dalam waktu yang cukup lama. Permasalahan ini bisa dengan mudah diatasi jika proses berlangsung pada bioreaktor yang memiliki pengaduk baik proses secara *batch*, *semi batch* maupun

proses *kontinyu*. Menurut (Singh et al., 2020), secara umum pengadukan yang bertujuan :

1. Menghindari pengendapan di dasar reaktor
2. Memastikan bahan substrat tercampur rata dan seragam sehingga mendukung perkembangan mikroorganisme di dalam reaktor
3. Mengeluarkan biogas yang terdapat di dalam *slurry*
4. Menghindari terbentuknya lapisan buih di permukaan *slurry*

Pengaduk yang digunakan atau yang disebut sebagai agitator secara umum terdiri dari motor sebagai penggerak dan propeller atau *blade*, yang telah disesuaikan dengan jenis bahan organik yang digunakan. Menurut (Yuwono & Soehartanto, 2013), bioreaktor yang berukuran kecil, agitator dengan dengan satu *blade* saja sudah cukup yang diletakkan di bagian dasar tangki.



Gambar 2. 5 Skema reaktor pengaduk dengan sederhana (Yuwono & Soehartanto, 2013)

Pada dasarnya pengadukan pada digester terbagi atas 2 golongan, yaitu pengadukan secara *intermittent* atau berselang dan pengadukan secara *kontinyu* atau terus menerus. Pengadukan secara *intermittent* atau berselang lebih efisiensi

karena penggunaan daya yang lebih optimal dibandingkan pengadukan secara *kontinyu*.

Pada *batch* reaktor, intensitas pengadukan harus diatur berdasarkan tahapan proses penguraian anaerobik. Saat awal proses penguraian anaerobik, pengadukan intensitas tinggi diperlukan, namun saat tahapan *methanogenesis* kecepatan pengaduk harus diturunkan. Dalam penelitian oleh D.A Stanford di Universitas Cardiff Wales, menganalisa perbandingan produktivitas biogas dengan menggunakan reaktor pengaduk dengan kecepatan rendah (140 rpm) dan kecepatan tinggi (1000 rpm). Diketahui pengaduk reaktor dengan kecepatan rendah yang mendekati 150 rpm memproduksi biogas lebih banyak dibandingkan dengan reaktor pengaduk dengan kecepatan tinggi (diatas 700 rpm) (Singh et al., 2020).

2.6.1 Jenis – jenis *pengaduk*

Menurut bentuknya, pengaduk dapat dibagi 3 golongan :

a) Propeller

Jenis ini dapat digunakan pada kecepatan berkisar antara 400 hingga 1.750 rpm dan dapat digunakan untuk cairan dengan viskositas rendah serta tidak bergantung pada ukuran serta bentuk tangki. Propeller kecil umumnya berputar pada kecepatan penuh, yaitu 1.150 sampai 1.750 rpm (Valentino et al., 2020).



Gambar 2. 6 Pengaduk jenis propeller

b) Paddle

Jenis ini biasanya digunakan pada kecepatan rendah yang berkisar antara 20 sampai dengan 200 rpm. Panjang dari jenis pengaduk ini biasanya 60 – 80% dari diameter tangka dan lebar *blade* $1/6 - 1/10$ dari panjangnya. Pengaduk paddle ini sering digunakan untuk pembuatan cat, bahan perekat dan kosmetik (Valentino et al., 2020)

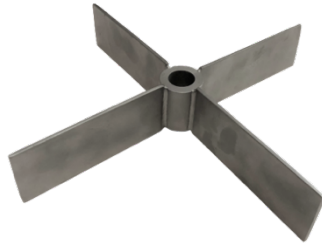


Gambar 2. 7 Pengaduk jenis paddle

c) Turbin

Pengaduk jenis turbin adalah pengaduk yang memiliki banyak daun dan berukuran lebih pendek. Pengaduk turbin biasanya memiliki 4 sampai 6 blade. Pengaduk ini digunakan untuk cairan dengan rentang viskositas yang luas.

Biasanya, diameter dari pengaduk jenis turbin ini berkisar antara 30 – 60 % dari diameter tangki (Wallas, 1990). Jenis pengaduk turbin ini berguna dalam suspensi padatan karena aliran langsung ke bawah dan menyapu padatan ke atas.

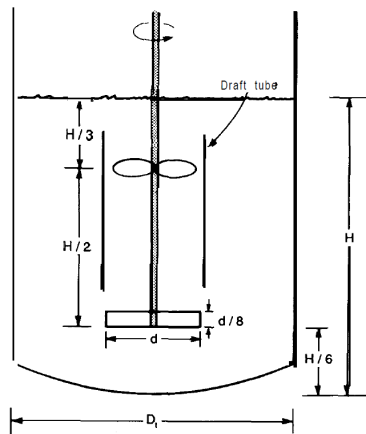


Gambar 2. 8 Pengaduk jenis turbin

Dikutip dalam (Barua & Kalamdhad, 2019), merekomendasikan menggunakan *Pitch 4 Blade Turbine Impeller* pada substrat yang memiliki viskositas cukup tinggi dan dapat mengatasi pengendapan pada bawah tangki yang cukup baik.

2.6.2 Geometri Pengaduk

Pada perencanaan geometri pengaduk ini referensi yang digunakan adalah buku “*Chemical Processs Equipment Selection and Design*” (Wallas, 1990). Tinggi cairan dalam tangki harus sama dengan diameter tangki. Semua pengaduk memiliki diameter $0,3 \leq d/Dt \leq 0,6$. Tahapan geometri pengaduk perancangannya sebagai berikut :



Gambar 2. 9 Dimensi pengaduk

$$\frac{d}{Dt} = 0.50$$

$$\frac{W}{d} = \frac{1}{8}$$

$$\frac{h}{H} = \frac{1}{6} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

d = Diameter Pengaduk

Dt = Diameter tangki

W = Lebar daun pengaduk

h = Tinggi pengaduk dari dasar

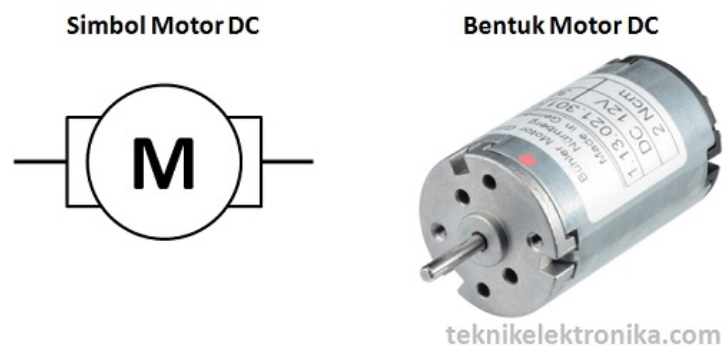
H = Tinggi campuran pada reaktor

2.7 Motor DC (*Direct Current*)

Motor DC merupakan suatu perangkat yang dapat merubah energi listrik menjadi energi kinetik atau gerakan. Motor DC atau *direct current* jika diartikan dalam Bahasa Indonesia ialah motor dengan arus yang searah. Motor dc

mempunyai dua terminal yang memerlukan tegangan arus yang searah untuk bisa menggerakkannya. Motor DC hanya mempunyai kutub positif dan negatif. Komponen ini berfungsi untuk pengendali kecepatan dan tidak menggunakan daya yang terlalu banyak (Susanto et al., 2021).

Motor DC biasa digunakan pada perangkat – perangkat elektronik dan listrik seperti peralatan industri, peralatan mesin, disk driver, bor listrik, peralatan rumah tangga dan kipas DC. Terdapat dua bagian utama pada motor DC, yaitu *stator* dan *rotor*. *Stator* merupakan bagian motor yang tidak berputar, bagian yang bersifat statis ini terdiri dari rangka dan kumparan medan magnet. Sedangkan *rotor* merupakan komponen pada motor dc yang berputar.



Gambar 2. 10 Motor DC (*dirrect current*)

Prinsip kerja motor DC secara sederhana adalah arah medan magnet pada *rotor* selalu berada pada posisi yang berlawanan arah dengan arah medan magnet pada *stator*. Hal ini mengikuti sifat magnet jika magnet yang berlawanan arah didekatkan satu sama lain maka akan terjadi saling tarik - menarik. Jika medan magnet yang searah akan saling tolak – menolak (Waroh, 2014).

2.8 Feedstock / Bahan

2.8.1 Kotoran Sapi

Pengembangan biogas yang berbahan baku kotoran sapi merupakan salah satu alternatif penyediaan energi di tingkat lokal, namun memiliki kontribusi terhadap pengurangan persoalan lingkungan yang bersifat lokal maupun global. Pada tingkat lokal, pengembangan biogas dapat mengurangi terjadinya pencemaran udara dan pencemaran air sungai. Pemanfaatan kotoran sapi menjadi biogas diharapkan dapat memberikan nilai tambah pada usaha peternakan (Setiawan et al., 2013). Kotoran sapi mempunyai C/N ratio sebesar 16,6-25%. Produksi gas metan sangat tergantung oleh rasio C/N dari substrat. Kotoran sapi menjadi salah satu bahan dalam penguraian anaerobik yang sangat potensial. Banyak penelitian yang telah dilakukan penguraian anaerobik dengan kotoran sapi.



Gambar 2. 11 Kotoran sapi / *Cow dung*

2.8.2 Katalisator

Katalis merupakan suatu zat yang akan mempercepat suatu laju reaksi kimia pada suhu tertentu, tanpa mengalami perubahan atau yang terpakai oleh reaksi itu sendiri. Sebagaimana menurut Oswald (1902) mendefinisikan katalis sebagai suatu substansi yang mengubah laju suatu reaksi kimia tanpa terdapat sebagai produk akhir reaksi.

a. Eceng Gondok

Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) adalah tanaman gulma di wilayah perairan yang hidupnya terapung pada air dan dengan mudah menyebar melalui saluran air ke badan air lainnya. Eceng gondok mempunyai sifat-sifat yang baik antara lain, dapat menyerap logam-logam berat dan senyawa sulfide selain itu mengandung protein lebih dari 11,5% dan mengandung selulosa yang lebih tinggi besar dari non selulosanya seperti lignin, abu, lemak, dan zat-zat lain. Tanaman ini mengandung selulosa dan hemiselulosa pada kadar tinggi serta kandungan lignin yang rendah, sangat potensial untuk digunakan sebagai bahan baku produksi biogas dan selulosa inilah yang bisa digunakan sebagai bahan bakar alternatif biogas (Karsina Dwi, 2016).



Gambar 2. 12 Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*)

b. Limbah Kubis

Kubis adalah salah satu jenis sayuran yang sering kita jumpai di pasar tradisional. Sayuran ini bersifat mudah rusak dan busuk, sehingga menghasilkan limbah yang dapat menimbulkan permasalahan pencemaran lingkungan. Limbah yang dihasilkan dari sayuran ini adalah limbah daun yang membusuk. Limbah pembusukan inilah tempat hidupnya bakteri – bakteri. Limbah kubis ini bisa diurai

oleh mikroba dengan sifatnya yang cepat membusuk, limbah kubis ini dapat dijadikan sebagai bahan pembuatan biogas.



Gambar 2. 13 Limbah Kubis