

TUGAS AKHIR

**APLIKASI KULIT SINGKONG DENGAN CAMPURAN
KOTORAN SAPI SEBAGAI BAHAN BIOGAS**

OLEH :

ANDI BASO TENRI ANGKA

D211 14 015



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2020

TUGAS AKHIR

**APLIKASI KULIT SINGKONG DENGAN CAMPURAN KOTORAN SAPI
SEBAGAI BAHAN BIOGAS**

OLEH :

ANDI BASO TENRI ANGKA

D211 14 015

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

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2020

PERSETUJUAN UNTUK SEMINAR

Telah disetujui untuk melaksanakan seminar bagi mahasiswa:

Nama : Andi Baso Tenri Angka

Stambuk : D211 14 015

Judul Tugas Sarjana:

Aplikasi kulit singkong dengan campuran kotoran sapi sebagai bahan biogas

Makassar, 03 Mei 2020

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Dr. Eng. Andi Amijoyo Mochtar, ST.,M.Sc.
NIP. 19760216 201012 1 002



Dr. Eng. Jalaluddin, ST, MT
NIP. 19720825 200003 1 002

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin



DR. IR. H. ILYAS RENRENG, MT
NIP. 19570914 198703 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

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

JUDUL:

**APLIKASI KULIT SINGKONG DENGAN CAMPURAN KOTORAN SAPI
SEBAGAI BAHAN BIOGAS**

ANDI BASO TENRI ANGKA
D211 14 015

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Dr. Eng. Andi Amijoyo Mochtar, ST.,M.Sc.
NIP. 19760216 201012 1 002



Dr. Eng. Jalaluddin, ST, MT
NIP. 19720825 200003 1 002

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin



DR. IR. H. ILYAS RENRENG, MT
NIP. 19570914 198703 1 001

SURAT PERYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : A. BASO TENRI ANGKA

NIM : D211 14 015

Jurusan/program studi : TEKNIK MESIN

Dengan ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi berjudul

APLIKASI KULIT SINGKONG DENGAN CAMPURAN KOTORAN SAPI SEBAGAI BAHAN BIOGAS

Adalah karya ilmiah saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Hasanuddin.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Makassar, 27 November 2020

Yang membuat pernyataan,



A. BASO TENRI ANGKA

RIWAYAT HIDUP

DATA UTAMA

Nama Lengkap : ANDI BASO TENRI ANGKA
Nomor Pokok : D211 14 015
Jenis Kelamin : LAKI-LAKI
Tempat/Tgl. Lahir : TAMPANGENG/10 JUNI 1996
Agama : ISLAM
Suku / Bangsa : BUGIS / INDONESIA
Alamat di Makassar : BTP BLOK AF NO.427
No. Tlp. / HP : 085394319792
Program Studi : TEKNIK MESIN Tahun Masuk Unhas : 2014
Nama Orang Tua : (Ayah) : MUH. ABUSTAN R
(Ibu) : ANDI MISNA BABBA
Judul Skripsi : APLIKASI KULIT SINGKONG DENGAN
CAMPURAN KOTORAN SAPI SEBAGAI BAHAN
BIOGAS



DATA PENDUKUNG

Pekerjaan Orang Tua : (Ayah) : PENSIUNAN (Ibu) : IRT
Asal SLTA : SMA NEGERI 7 WAJO (SMA NEGERI 3
SENGKANG UNGGULAN)
Penerima Beasiswa : -
Pembimbing Utama :
Pembimbing I : DR. ENG. ANDI AMIJOYO MOCHTAR, ST., M.SC.
Pembimbing II : DR. ENG. JALALUDDIN, ST., MT.

MAKASSAR, 03 MEI 2020

(ANDI BASO TENRI ANGKA)

ABSTRAK

Penelitian ini berjudul aplikasi kulit singkong dengan campuran kotoran sapi sebagai bahan biogas. Adapun tujuan penelitian ini mengukur kandungan biogas dari pencampuran kulit singkong dengan kotoran sapi menggunakan arang aktif sebagai adsorbernt, menganalisa jumlah volume biogas yang dihasilkan dengan menggunakan campuran kulit singkong dengan kotoran sapi, dan melakukan uji aliran, uji nyala api dan menganalisa nilai kalor. Penelitian ini menggunakan kotoran sapi, kulit singkong, arang aktif dan air dengan 3 perlakuan. Proses pembuatan biogas dalam penelitian ini dimulai dengan mengupas kulit singkong, kemudian di blender, setelah itu mencampurkan kotoran sapi dan air, substrat tersebut dimasukkan ke dalam biodigester. Parameter yang ditinjau pada penelitian ini adalah untuk melihat seberapa besar nilai kandungan gas *methana* (CH₄), menganalisa jumlah volume, laju alir gas, uji nyala api, dan nilai kalor terhadap variabel komposisi susbtrat yang digunakan yakni 8kg kotoran sapi + 8kg air, 8kg kotoran sapi + 8kg air + 1kg kulit singkong dan 8kg kotoran sapi + 8kg air + 1kg kulit singkong +purifikator. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada komposisi substrat 8kg kotoran sapi + 8kg air + 1kg kulit singkong + purifikator didapatkan nilai kandungan gas tertinggi CH₄ sebesar 64,028%, kecepatan aliran gas sebesar 138.89 ml/s , nyala api yang dihasilkan berwarna biru, lama penyalaan api selama 75,01 s di tekanan 4 psi pada biodigester, dan memiliki nilai kalor 7.69 J dengan memanaskan air 30 ml.

Kata kunci : biogas, biodigester, kotoran sapi, kulit singkong, arang aktif,

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil 'alamiin, puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya, sehingga penulis dapat merampungkan skripsi dengan judul: **Aplikasi kulit singkong dengan campuran kotoran sapi sebagai bahan biogas** ini 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

Penghargaan dan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada Ayahanda tercinta Muh. Abustan dan Ibunda Andi Misna yang telah mencurahkan segenap cinta dan kasih sayang serta perhatian moril maupun materil. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan Rahmat, Kesehatan, Karunia dan keberkahan di dunia dan di akhirat atas budi baik yang telah diberikan kepada penulis.

Penghargaan dan terima kasih penulis berikan kepada Bapak Dr.Eng Andi Amijoyo Mochtar, ST., M.Sc selaku Pembimbing I dan Bapak Dr. Eng. Jalaluddin, ST, MT selaku Pembimbing II yang telah membantu penulisan skripsi ini. Serta ucapan terima kasih kepada :

1. Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, M.A. selaku Rektor Universitas Hasanuddin Makassar
2. Bapak Prof. Dr. Baharuddin Hamzah, ST. M. Arch., Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar
3. Bapak Dr. Ir. H. Ilyas Renreng, MT. selaku Ketua Program Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.
4. Bapak Ir. Baharuddin Mire, MT.. selaku penasihat akademik
5. Seluruh dosen Departemen Teknik Mesin atas segala ilmu yang penulis peroleh selama menjadi mahasiswa Teknik Mesin Universitas Hasanuddin
6. Seluruh karyawan/staff Departemen Teknik Mesin, baik TU maupun perpustakaan Fakultas Teknik yang telah banyak memberikan bantuannya demi kelancaran penyusunan skripsi penulis.
7. Bapak Usman, S.Si selaku Paur Subbid. pada Lab. Forensik Cabang Makassar, yang dengan senang hati memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis.

8. Seluruh rekan seperjuangan di Laboratorium Energi Terbarukan yang dengan senang hati memberikan dukungan dan juga semangat kepada penulis.
9. Ketiga saudari penulis, Besse Juharni, Andi Arfina dan Andi Suci, yang telah banyak memberikan dukungan, materil dan doa.
10. Seluruh RAD14TOR Crew yang dengan senang hati selalu menemani suka dan duka, sehingga penulis sampai ke tahap akhir sekarang ini.
11. Untuk teman terdekat sekaligus satu kampung Rika Ayu Lestari yang dari awal selalu membantu, mendukung dan dikala susah senang selalu ada memotivasi kepada penulis.
12. Teman-teman satu bimbingan, Eko Nurmawan, Amran, dan Amirullah, terus berjuang ! Sesungguhnya bersama kesulitan dan kegagalan ada kemudahan serta keberhasilan.
13. Seluruh Keluarga Besar TAE KWON DO UNHAS yang telah memberikan dorongan, semangat dan doa.
14. Seluruh Keluarga Besar RED HWARANG XXII yang telah memberikan dorongan, semangat, doa dan motivasi kepada penulis. Perjalanan hidup tak akan indah tanpa adanya kalian.
15. Seluruh Keluarga Besar TAE KWON DO TEKNIK 09 UH yang dengan senang hati memberikan dukungan, dan doa.
16. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan motivasi, saran dan telah membantu kelancaran penyusunan skripsi ini.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Amiin.

Gowa, 03 Mei 2020

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN SEMINAR	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
RIWAYAT HIDUP.....	v
ABTSRAK.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
NOMENKLATUR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Batasan Masalah.....	4
E. Manfaat Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Energi Terbarukan.....	5
B. Kulit Singkong	6
C. Katalis	7
D. Tinjauan tentang Adsorpsi Arang Aktif.....	8
E. Biomassa	9
F. Biogas.....	10
BAB III METODE PENELITIAN.....	19
A. Waktu dan Tempat	19
B. Alat dan Bahan.....	19
C. Metode Penelitian.....	20

D. Analisis Penelitan.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
A. Analisis Hasil Penelitian	27
B. Kandungan Biogas	32
C. Temperatur	37
D. Volume Biogas Yang Dihasilkan.....	41
E. Uji Aliran, Uji Nyala dan Uji Kalor.....	43
BAB V PENUTUP.....	49
A. Kesimpulan	49
B. Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Komposisi Biogas (Wahyuni Sri, 2011)	11
Tabel 3.1. Variasi Pencampuran	22
Tabel 3.2. Jadwal kerja penelitian biogas	24
Tabel 4.1. Komposisi dan perlakuan penelitian	27
Tabel 4.2. Kandungan Gas pada Tahap Treatment *Drager x-am 7000.....	32
Tabel 4.3. Data gas sekunder	34
Tabel 4.4. Volume Biogas yang dihasilkan selama pengujian 20 hari	41
Tabel 4.5. Kecepatan Aliran Gas	43
Tabel 4.6. Lama Penyalaan, warna nyala gas, dan aroma gas	45
Tabel 4.7. Hasil uji kalor untuk setiap pengujian biodigester.....	48
Tabel 4.8. Perbandingan nilai kalor dengan penelitian sebelumnya.....	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Singkong (<i>manihot esculenta crantz</i> atau <i>manihot utilisima</i>)	6
Gambar 3.1. Skema Penelitian	20
Gambar 3.2. Dräger X-am [®] 7000, Lab. Forensik Polri Cabang Makassar	25
Gambar 3.3. Dräger X-am [®] 7000, Lab. Forensik Polri Cabang Makassar	25
Gambar 4.1. Hubungan Tekanan terhadap waktu	28
Gambar 4.2. Hubungan Tekanan terhadap waktu	30
Gambar 4.3. Hubungan Tekanan terhadap waktu	31
Gambar 4.4. Temperatur rata-rata	37
Gambar 4.5. Hubungan fermentasi terhadap perubahan temperatur.....	38
Gambar 4.6. Hubungan fermentasi terhadap perubahan temperatur.....	38
Gambar 4.7. Hubungan fermentasi terhadap perubahan temperatur.....	39
Gambar 4.8. Uji nyala api	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Data Pencacatan Penelitian selama 20 hari	55
Lampiran 2. Menyiapkan Alat dan Bahan	56
Lampiran 3. Dokumentasi Pengerjaan Alat	58
Lampiran 4. Dokumentasi Pengujian Aliran Biogas.....	59
Lampiran 5. Dokumentasi Nyala Api Biogas	60
Lampiran 6. Kandungan Gas dari Hasil Penelitian dengan Perlakuan Berbeda .	61
Lampiran 7. Data sekunder untuk menentukan kandungan gas.....	67

NOMENKLATUR

Simbol	Keterangan	Satuan
P	Tekanan	Psi
V	Volume	ml
T	Suhu	°C
T _{0air}	Suhu awal air	°C
T _{1air}	Suhu akhir air	°C
T _{api}	Suhu api	°C
ΔT	Suhu total	°C
C _p	Kalor jenis air	$\frac{KJ}{kg}^{\circ}C$
m	Massa jenis	kg
Q	Besar kalor pembakaran	KJ

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Di era globalisasi ini, bahan bakar minyak adalah bahan bakar yang penting pada aktivitas industri seperti transportasi, pertanian, dan pembangkit listrik. Namun, karena bahan baku yang berasal dari fosil sudah mulai habis mengakibatkan berkurangnya cadangan minyak serta membuat harga bahan bakar minyak semakin meningkat. Sedangkan sumber energi alternatif/terbarukan belum dapat memenuhi kebutuhan energi manusia dalam skala besar karena fluktuasi potensi dan tingkat keekonomian yang belum bisa bersaing dengan energi konvensional. Namun di masa yang akan datang sumber energi fosil menipis dan kerusakan lingkungan akan terus meningkat akibat penggunaan energi fosil.

Perlu diketahui bahwa di negara-negara berkembang yang telah menguasai rekayasa dan teknologinya, serta mempunyai dukungan finansial yang kuat, cenderung untuk mengembangkan dan memanfaatkan potensi sumber-sumber daya energi terbarukan. Oleh karena itu, merupakan hal yang perlu untuk diteliti lebih lanjut bagaimana pemanfaatan sumber-sumber daya energi terbarukan ini di negara-negara sedang berkembang, khususnya di negara Indonesia. Perlu adanya upaya untuk mencari sumber-sumber energi alternatif. Salah satu potensi energi alternatif adalah bahan bakar gas. Di Indonesia bahan bakar gas sudah cukup berkembang. Di karenakan bahan bakar gas memiliki emisi buang yang lebih bersih dibandingkan bahan bakar minyak dan ramah terhadap lingkungan.

Energi bahan bakar alternatif salah satunya adalah bioetanol yang dapat diproduksi dari bahan yang mengandung karbohidrat. Bahan yang mengandung karbohidrat dapat diperoleh dari umbi-umbian misalnya singkong (*manihot esculenta crantz* atau *manihot utilisima*).

Dari produk pengolahan singkong yang begitu besar dihasilkan limbah berupa kulit singkong yang biasanya hanya dibuang atau untuk campuran

pakan ternak. Kulit singkong merupakan salah satu sumber bioetanol dari bahan berserat. Kulit singkong bisa berpotensi untuk diproduksi menjadi bioetanol yang digunakan sebagai pengganti bahan bakar minyak. Adapun kulit singkong merupakan limbah dari tanaman singkong yang memiliki kandungan serat yang dapat digunakan sebagai sumber energi. Persentase jumlah limbah kulit bagian luar (berwarna coklat dan kasar) sebesar 0,5-2% dari berat total singkong segar dan limbah kulit bagian dalam (berwarna putih kemerah-merahan dan halus) sebesar 8-15% (Kimia et al., 2006). Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa pembuatan bioetanol dari limbah kulit singkong melalui proses hidrolisa asam dan enzimatis merupakan suatu alternatif dalam rangka mendukung program pemerintah tentang penyediaan bahan bakar non migas yang terbarukan yaitu BBN (bahan bakar nabati) sebagai pengganti bensin.

Kulit singkong tersebut berasal dari sampah masyarakat ataupun pertanian yang jumlahnya sangat besar. Produksi singkong selama sepuluh tahun terakhir di Indonesia menunjukkan peningkatan produksi singkong dari 19.321.183 ton pada tahun 2005 sampai 2015 sebanyak 21.801.415 ton (bps.go.id, 2015). Bayangkan jika tidak hanya mengambil umbinya saja tapi juga dapat dimanfaatkan kulitnya sebagai energi alternatif.

Energi yang dihasilkan dari kulit singkong yaitu 4631,1 kalori/gram pada briket kulit luar yang telah dipirolisis, sedangkan pada briket tanpa pirolisis menghasilkan energi 4442,68 kalori/gram (Sumarno & Saraswati, 2008). Hal ini disebabkan semakin banyak karbon per gram yang terdapat pada briket dengan pirolisis. Rendemen produk yang dihasilkan dari total berat kulit singkong adalah 20-30% (Bhattacharya et al., 1985).

Singkong merupakan tanaman dalam *family Euphorbiaceae* dan tergolong tanaman tropis. Masyarakat umum telah menggunakan singkong untuk produksi tepung tapioka dan sebagai pengganti makanan pokok. Kulit singkong mengandung karbohidrat cukup tinggi. Hasil analisa awal kulit singkong yaitu mengandung 36,5% pati atau amilum (Said & Abram, 2016).

Singkong termasuk tanaman yang mudah diperoleh di Pulau Sulawesi salah satu daerah penghasil singkong khususnya di Sulawesi Selatan yaitu di desa Malino Kecamatan Batu Daka Barat Kabupaten Tojo Una-Una. Selama ini masyarakat di desa Malino Kecamatan Batu Daka Barat mengolah singkong hanya terbatas pada umbinya sementara kulit dari singkong hanya menjadi limbah. Kulit singkong yang menjadi limbah ternyata masih perlu dimanfaatkan untuk diolah menjadi produk yang sangat berguna bagi masyarakat, singkong mengandung karbohidrat tinggi maka perlu dijadikan suatu penelitian mengenai pembuatan bioetanol dari kulit singkong (Said & Abram, 2016).

Biogas merupakan salah satu energi alternatif yang baik untuk dikembangkan. Teknologi biogas merupakan teknologi yang mudah diaplikasikan dan bahan baku yang dipakai untuk memproduksi gas banyak tersedia di berbagai daerah seperti limbah peternakan, limbah pertanian, limbah industri dan sejenisnya yang memiliki kandungan organik. Potensi biogas sangat besar, dari 42 ekor sapi perah dapat menghasilkan 8,4 m perhari atau 207,356 MJ perhari yang berarti setara dengan 4,2 liter bahan bakar bensin. Biogas yang dihasilkan tersebut dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk lampu penerangan 60 – 100 watt selama 50 jam, atau sebagai bahan bakar sumber penggerak energi kapasitas 1 HP selama 17 jam, atau menghasilkan energi listrik 39 kWh, atau dapat memasak 3 jenis masakan untuk 40 – 48 porsi (Widyastuti et al., 2013).

Maka penelitian ini, akan menggunakan kotoran sapi dicampur dengan kulit singkong yang sudah diolah untuk mengetahui pengaruh terhadap produksi biogas itu sendiri. Apalagi jika cara ini dapat dimanfaatkan di tempat produksi pertanian. Maka akan mampu mengurangi konsumsi bahan bakar minyak di masa yang akan datang. Oleh karena itu, pada skripsi ini akan meneliti dengan judul “APLIKASI KULIT SINGKONG DENGAN CAMPURAN KOTORAN SAPI SEBAGAI BAHAN BIOGAS”.

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

- a. Merancang alat untuk menghasilkan bahan bakar gas dari pencampuran kulit singkong dengan kotoran sapi serta menggunakan arang aktif sebagai adsorbernt.
- b. Membandingkan jumlah produksi gas yang dihasilkan dari pencampuran kulit singkong dengan kotoran sapi serta menggunakan tabung purifikator sebagai adsorbernt terhadap penelitian sebelumnya.

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Mengukur kandungan biogas dari pencampuran kulit singkong dengan kotoran sapi menggunakan arang aktif sebagai adsorbernt.
- b. Menganalisa jumlah volume biogas yang dihasilkan dengan menggunakan campuran kulit singkong dengan kotoran sapi.
- c. Melakukan uji aliran, uji nyala api dan menganalisa nilai kalor dari biogas pencampuran tersebut.

D. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

- a. Kandungan gas utama yaitu *methana* (CH_4) pada kulit singkong dan kotoran sapi untuk bahan bakar.
- b. Biodigester gas kotoran sapi (*biodigester*)
- c. Dalam pengujian ini hanya menggunakan kulit singkong yang lumatkan.

E. Maanfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

- a. Bagi peneliti, menambah pengetahuan tentang cara memproduksi bahan bakar gas.
- b. Dapat menjadi energi alternatif dalam pemakaian minyak dan gas bumi yang jumlahnya terbatas dan harganya yang cukup mahal.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Energi Terbarukan

Energi Terbarukan (*renewable energy*) merupakan kebutuhan yang sangat penting dan tidak bisa ditunda lagi. Kita tidak bisa lagi terus-menerus bergantung pada energi fosil. Ketersediaan sumber energi fosil selain tidak dapat diperbarui juga semakin menipis baik di Indonesia maupun di dunia. Menurut beberapa ahli, dengan pola konsumsi seperti sekarang, dalam waktu hanya belasan hingga puluhan tahun cadangan minyak dan gas Indonesia akan habis. Ini antara lain bisa dilihat dari naiknya harga minyak dalam negeri dan tidak stabilnya harga minyak di pasar internasional. Oleh karena itu, demi keberlangsungan kehidupan umat manusia dan mengantisipasi kelangkaan energi, upaya-upaya menuju pengolahan energi terbarukan merupakan alternatif terbaik untuk dilakukan (Ghazali et al., 2017).

Mengapa energi terbarukan? Energi Terbarukan harus segera dikembangkan secara nasional, karena bila tetap bergantung pada energi fosil, maka akan menimbulkan setidaknya tiga ancaman serius yakni:

- 1) Menipisnya cadangan minyak bumi yang diketahui (bila tanpa temuan sumur minyak baru)
- 2) Kenaikan/ketidakstabilan harga akibat laju permintaan yang lebih besar dari produksi minyak, dan
- 3) Polusi gas rumah kaca (terutama CO₂) akibat pembakaran bahan bakar fosil.

Dimana Indonesia sesungguhnya memiliki potensi sumber energi terbarukan dalam jumlah besar. Beberapa diantaranya bisa segera diterapkan di tanah air, seperti: bioethanol sebagai pengganti bensin, biodiesel untuk pengganti solar, tenaga panas bumi, mikrohidro, tenaga surya, tenaga angin, bahkan sampah/limbah pun bisa digunakan untuk membangkitkan listrik. Hampir semua sumber energi tersebut sudah dicoba diterapkan dalam skala kecil di tanah air.

B. Kulit Singkong

Singkong merupakan jenis umbi-umbian yang banyak dikonsumsi masyarakat. Singkong merupakan sumber karbohidrat yang paling penting setelah beras, sesuai dengan kemajuan teknologi pengolahan singkong tidak hanya terbatas pada produksi pangan, tetapi merambah sebagai bahan baku industri pellet atau pakan ternak, tepung tapioka pembuatan alkohol, tepung gaplek, ampas tapioka yang digunakan dalam industri kue, roti, kerupuk, dan lain-lain (Said & Abram, 2016).



Gambar 2.1. Singkong (*manihot esculenta crantz* atau *manihot utilisima*) (Rahmawati, 2010)

Klasifikasi:

Divisio : *Spermatophyta* (tumbuhan berbiji)

Sub Divisio : *Angiospermae* (berbiji tertutup)

Classis : *Dicotyledoneae*

Ordo : *Euphorbiales*

Familia : *Euphorbiaceae*

Genus : *Manihot*

Spesies : *Manihot utilisima* Phol., *manihot esculenta crantz* sin (Rahmawati, 2010).

Singkong merupakan tanaman pangan berupa perdu dengan nama lain ketela pohon, ubi kayu, atau kasape. Singkong berasal dari benua Amerika, tepatnya dari negara Brasil. Penyebarannya hampir ke seluruh dunia, antara

lain Afrika, Madagaskar, India, dan Tiongkok. Singkong diperkirakan masuk ke Indonesia pada tahun 1852 (Dinas Pekerjaan Umum et al., 2015).

Singkong merupakan tanaman yang berkayu arah tumbuhnya tegak. Daun tunggal atau majemuk, duduk tersebar atau berhadapan dengan daun-daun penumpu yang sering kali menyerupai kelenjar. Bunga hampir selalu berkelamin tunggal, berumah satu atau dua, dengan bentuk dan susunan yang beraneka rupa. Buahnya biasanya buah kendaga yang kalau masak pecah menjadi tiga bagian buah. Adapula yang berupa buah buni (Rahmawati, 2010).

Kulit singkong yang diperoleh dari produk tanaman singkong (*Manihot esculenta* Cranz atau *Manihot utilissima* Pohl) merupakan limbah utama pangan di negara-negara berkembang. Semakin luas areal tanaman singkong diharapkan produksi umbi yang dihasilkan semakin tinggi yang pada gilirannya semakin tinggi pula limbah kulit yang dihasilkan. Setiap kilogram singkong biasanya dapat menghasilkan 15 – 20 % kulit umbi. Kandungan pati kulit singkong yang cukup tinggi, memungkinkan digunakan sebagai sumber energi bagi mikroorganisme (Muhiddin et al., 2001). Kulit singkong mempunyai komposisi yang terdiri dari karbohidrat dan serat. Menurut Grace (1977), persentase kulit singkong yang dihasilkan berkisar antara 8-15% dari berat umbi yang dikupas, dengan kandungan karbohidrat sekitar 50% dari kandungan karbohidrat bagian umbinya.

C. Katalis

Katalis adalah suatu zat yang mempercepat laju reaksi kimia pada suhu tertentu, tanpa mengalami perubahan atau terpakai oleh reaksi itu sendiri. Suatu katalis berperan dalam reaksi tapi bukan sebagai pereaksi ataupun produk. Katalis memungkinkan reaksi berlangsung lebih cepat atau memungkinkan reaksi pada suhu lebih rendah akibat perubahan yang dipicunya terhadap pereaksi. Katalis mengurangi energi yang dibutuhkan untuk berlangsungnya reaksi.

Laju reaksi akan lebih cepat jika puncak energi aktivasinya lebih rendah. Hal ini berarti reaksi akan lebih mudah terjadi. Total energi reaktan dan produk tidak dipengaruhi oleh katalis. Hal ini berarti entalpi (ΔH) reaksi tidak

dipengaruhi oleh katalis. Katalis dapat menurunkan energi aktivasi reaksi dengan satu dari dua cara berikut :

- Memberikan permukaan dan orientasi

Terjadi pada katalis heterogen. Katalis ini hanya mengikat satu molekul pada permukaan sambil memberikan orientasi yang sesuai untuk memudahkan jalannya reaksi. Katalis heterogen adalah katalis yang berada pada fasa yang berbeda dengan reaktan. Katalis ini umumnya merupakan logam padat yang terbagi dengan halus atau oksida logam, sedangkan reaktannya adalah gas atau cairan. Katalis heterogen cenderung menarik satu bagian dari molekul reaktan karena adanya interaksi yang cukup kompleks yang belum sepenuhnya dipahami. Setelah reaksi terjadi, gaya yang mengikat molekul ke permukaan katalis tidak ada lagi, sehingga produk terlepas dari permukaan katalis. Katalis dapat siap melakukannya lagi.

- Mekanisme alternatif

Terjadi pada katalis homogen, yaitu katalis yang mempunyai fasa sama dengan reaktannya. Katalis ini memberikan mekanisme alternatif atau jalur reaksi yang memiliki energi aktivasi yang lebih rendah dari reaksi aslinya. Dengan demikian, reaksi dapat berlangsung dalam waktu yang lebih singkat.

D. Tinjauan tentang Adsorpsi Arang Aktif

Adsorpsi dalam arang aktif terjadi secara fisik. Proses adsorpsi terjadi karena sifat yang dimiliki arang aktif sebagai penyerap, penyaring molekul, katalis, dan penukar ion. Adsorpsi secara umum adalah proses mengumpulkan benda-benda terlarut yang terdapat dalam larutan antara dua permukaan. Antar permukaan tersebut seperti zat padat dan zat cair, zat padat dan gas, zat cair dan zat cair, atau gas dan zat cair. Walaupun proses tersebut dapat terjadi pada seluruh permukaan benda, maka yang sering terjadi adalah bahan padat yang mengadsorpsi partikel yang berada di dalam air limbah. Bahan yang akan diadsorpsi disebut sebagai adsorbat atau *solute* sedangkan bahan yang mengadsorpsi disebut sebagai adsorben (Ode & Verlina, 2014).

Menurut Nurimaniwati (2008), adsorpsi adalah suatu proses dimana suatu partikel menempel pada suatu permukaan akibat dari adanya perbedaan muatan lemah diantara kedua benda, sehingga akhirnya akan membentuk suatu lapisan tipis partikel-partikel halus pada permukaan tersebut.

Adsorpsi zat dari larutan mirip dengan adsorpsi gas oleh zat padat. Adsorpsi bersifat selektif. Yang diadsorpsi hanya zat terlarut atau pelarut. Bila dalam larutan ada dua zat atau lebih, zat yang satu akan diadsorpsi lebih kuat dari zat yang lain. Zat-zat yang dapat menurunkan tegangan muka antara, lebih kuat diadsorpsi. Semakin tinggi temperatur, semakin kecil daya adsorpsi. Namun demikian, pengaruh temperatur tidak sebesar adsorpsi pada gas. (Ode & Verlina, 2014).

Adsorpsi yang terjadi pada permukaan zat padat disebabkan oleh gaya valensi atau gaya tarik-menarik dari atom atau molekul pada lapisan paling luar dari zat padat. Adsorpsi ini tergantung pada sifat zat padat yang mengadsorpsi sifat molekul yang diadsorpsi, konsentrasi, tekanan, dan temperatur. Untuk sejumlah besar adsorben dengan luas permukaan tertentu, banyaknya zat yang diadsorpsi tergantung pada konsentrasi atau tekanan dari zat disekitar adsorben. Semakin tinggi konsentrasi, semakin banyak yang diadsorpsi. Proses adsorpsi termasuk pemisahan senyawa dari satu fase yang terakumulasi atau terkumpul pada permukaan lain. Permukaan karbon yang mampu menarik molekul organik misalnya merupakan salah satu contoh mekanisme jerapan, begitu juga yang terjadi pada antar muka air-udara, yaitu mekanisme yang terjadi pada suatu protein skimmer.

Sesuai dengan jenis ikatan yang terdapat antara molekul bahan yang diadsorpsi dan permukaan adsorbennya, maka adsorpsi dibedakan atas dua jenis, yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Adsorpsi kimia tidak begitu berarti bagi pemisahan dan pemurnian bahan, namun memegang peranan penting pada proses-proses katalisis.

E. Biomassa

Biomassa adalah bahan bakar yang dapat diperbaharui dan secara umum berasal dari makhluk hidup (non-fosil) yang didalamnya tersimpan

energi atau dalam definisi lain, biomassa merupakan keseluruhan materi yang berasal dari makhluk hidup, termasuk bahan organik yang hidup maupun yang mati, baik di atas permukaan tanah maupun yang ada di bawah permukaan tanah. Biomassa merupakan produk fotosintesa dimana energi yang diserap digunakan untuk mengkonversi karbon dioksida dengan air menjadi senyawa karbon, hidrogen, dan oksigen. Biomasa bersifat mudah didapatkan, ramah lingkungan dan terbarukan. Secara umum potensi energi biomassa berasal dari limbah tujuh komoditif yang berasal dari sektor kehutanan, perkebunan dan pertanian. Potensi limbah biomassa terbesar adalah dari limbah kayu hutan, kemudian diikuti oleh limbah padi, jagung, ubi kayu, kelapa, kelapa sawit dan tebu. Secara keseluruhan potensi energi limbah biomassa Indonesia diperkirakan sebesar 49.807,43 MW. Dari jumlah tersebut, kapasitas terpasang hanya sekitar 178 MW atau 0,36% dari potensi yang ada (Hendrison, 2003). Biomassa merupakan bahan energi yang dapat diperbaharui karena dapat diproduksi dengan cepat. Karena itu bahan organik yang diproses melalui proses geologi seperti minyak dan batubara tidak dapat digolongkan dalam kelompok biomassa. Biomassa umumnya mempunyai kadar volatile relatif tinggi, dengan kadar karbon tetap yang rendah dan kadar abu lebih rendah dibandingkan batubara. Biomassa juga memiliki kadar volatil yang tinggi (sekitar 60-80%) dibanding kadar volatile batubara, sehingga biomassa lebih reaktif dibandingkan batubara.

F. Biogas

Biogas merupakan bahan bakar gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik atau fermentasi dari bahan-bahan organik termasuk diantaranya kotoran manusia dan hewan, limbah domestik (rumah tangga), atau degradasi anaerobic bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerobik. Metana dalam biogas, bila terbakar akan relatif lebih bersih daripada batubara, dan menghasilkan energi yang lebih besar dengan emisi karbon dioksida yang lebih sedikit. Akan tetapi, biogas biasanya dibuat dari kotoran ternak seperti sapi, kerbau, kambing, kuda, dan lain-lain. Kandungan utama biogas adalah gas metana (CH_4) dengan konsentrasi sebesar 50- 80 vol. Kandungan gas dalam biogas yang dapat

berperan sebagai bahan bakar yaitu gas metana (CH₄), gas Hidrogen (H₂), dan gas Karbon monoksida (CO) (Sumianto; A. S., Danar; Lukiawan, 2013).

Biogas yang dihasilkan oleh bakteri akibat proses fermentasi dalam biodigester (*biodigester*) dalam kondisi *anaerob* (tanpa udara). Biodigester yang dipergunakan untuk menghasilkan biogas umumnya disebut *digester* atau *biodigester*, karena di tempat inilah bakteri tumbuh dengan mencerna bahan-bahan organik. Untuk menghasilkan biogas dalam jumlah dan kualitas tertentu, maka digester perlu diatur suhu, kelembaban, dan tingkat keasaman supaya bakteri dapat berkembang dengan baik. Biogas sendiri merupakan gabungan dari gas metana (CH₄), gas CO₂ dan gas lainnya (Suyitno et al., 2010).

Di Indonesia, pemanfaatan biogas masih terbatas pada bahan bakar kompor untuk memasak. Namun sudah ada beberapa pemanfaatan biogas di kalangan masyarakat sudah mampu membuat biogas sendiri dengan skala kecil. Biogas (*biodigester*) untuk skala kecil umumnya dibuat dari plastik maupun dari drum. Bahan baku biogas diperoleh dari kotoran sapi dengan jumlah sapi bervariasi dari 3-5 ekor untuk skala kecil (Suyitno et al., 2010).

Biogas sangat potensial sebagai sumber energi terbarukan karena kandungan *methane* (CH₄) yang tinggi dan nilai kalornya yang cukup tinggi. CH₄ sendiri mempunyai nilai kalor 50 MJ/kg. *Methane* (CH₄) yang memiliki satu karbon dalam setiap rantainya, dapat menghasilkan pembakaran yang lebih ramah lingkungan dibandingkan bahan bakar berantai karbon panjang. Hal ini disebabkan karena jumlah CO₂ yang dihasilkan selama pembakaran bahan bakar berantai karbon pendek adalah lebih sedikit (Suyitno et al., 2010). Komposisi gas yang terkandung di dalam biogas dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1. Komposisi Biogas (Wahyuni Sri, 2011)

Komponen	% Volume
Metana (CH ₄)	40-70
Karbon dioksida (CO ₂)	30-60
Hidrogen (H ₂)	0-1
Hidrogen sulfida (H ₂ S)	0-3

Biogas merupakan campuran gas yang dihasilkan oleh bakteri metanogenik yang terjadi pada material-material yang dapat terurai secara alami dalam kondisi anaerobik, pada umumnya biogas terdiri atas gas metana (CH_4) 40%-70 %, gas karbon dioksida (CO_2) 30%-60%, dan gas-gas lainnya dalam jumlah yang sedikit (Wahyuni Sri, 2011).

a. Keuntungan Menggunakan Biogas

Salah satu upaya yang dilakukan untuk pemanfaatan limbah peternakan adalah dengan memanfaatkannya untuk menghasilkan bahan bakar dengan menggunakan teknologi biogas. Teknologi biogas memberikan peluang bagi masyarakat pedesaan yang memiliki usaha peternakan, baik individual maupun kelompok, untuk memenuhi kebutuhan energi sehari-hari secara mandiri.

Pemanfaatan energi alternatif kotoran sapi menjadi biogas dapat meminimalisasi pencemaran lingkungan, mengantisipasi habisnya ketersediaan kayu bakar dan mengurangi penggunaan BBM. Beberapa keuntungan pemanfaatan kotoran sapi menjadi biogas adalah:

1. Mengurangi biaya pembelian minyak tanah atau gas elpiji serta hemat tenaga dalam mencari kayu bakar,
2. Ramah lingkungan karena limbah ternak yang selama ini dibiarkan dapat dimanfaatkan,
3. Menghasilkan produk ikutan berupa lumpur organik yang dapat diolah menjadi pupuk kompos, dan
4. Mendukung program pemerintah hemat energi.

Nilai kalori dari 1 meter kubik Biogas sekitar 6.000 watt jam yang setara dengan setengah liter minyak diesel. Oleh karena itu Biogas sangat cocok digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan pengganti minyak tanah, LPG, butana, batubara, maupun bahan-bahan lain yang berasal dari fosil. Kesetaraan biogas adalah: 1 m³ Biogas setara dengan Elpiji 0,46 liter, Minyak tanah 0,62 liter, Minyak solar 0,52 liter, Bensin 0,80 liter, Gas kota 1,50 m³, dan Kayu bakar 3,50 kg (Moch, Krisno, 2014).

b. Nilai Kalor dalam Biogas

Nilai kalor adalah jumlah energi yang dilepaskan ketika suatu bahan bakar dibakar secara sempurna dalam suatu proses aliran tunak (steady) dan produk dikembalikan lagi ke keadaan dari reaktan. Besarnya nilai kalor dari suatu bahan bakar sama dengan harga mutlak dari entalpi pembakaran bahan bakar. Pengukuran kalor dari data pengujian memanaskan air. Dengan menggunakan rumus :

$$Q = m \cdot C_p \cdot (T_1 - T_0)$$

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Keterangan :

Q = kalor yang diperlukan (J)

m = massa air (kg)

C_p = kalor jenis air (J/kg °C)

ΔT = temperatur total (°C)

c. Kotoran Sapi dalam Produksi Biogas

Kotoran sapi adalah limbah peternakan berupa sisa hasil pencernaan. Sapi merupakan salah satu hewan ruminansia yang memiliki saluran pencernaan khusus yaitu rumen. Pemecahan pakan seperti seluloosa dan polisakarida dilakukan oleh mikroba rumen yaitu bakteri, fungi, dan protozoa. Menurut Ramadhani, makanan yang telah tertelan masuk ke dalam rumen dan mengalami proses fermentasi oleh mikroorganisme di dalam rumen (Gunawan, 2013). Sisa hasil pencernaan sapi (kotoran sapi) juga mengandung beberapa jenis bakteri. Salah satu bakteri rumen adalah bakteri yang terkandung di dalam kotoran sapi yaitu bakteri metanogen.

Di dalam isolat anaerobik terdapat bakteri metanogenik dan non metanogenik yakni *Methanobacterium ruminantium*, *Methanobacterium formicum*, *Methanotherix soehngeni*, *Methanotherix soehngeni*, *Methanosarcina frisia* (Khalid & Naz, 2013).

Bakteri non metanogen yang terlibat dalam proses pembentukan biogas sebagai bakteri hidrolitik dan pembentuk asam yakni *Bacteroides fragilis*, *Peptostreptococcus*, *Clostridium difficile*, *E. coli*, *micrococcus*, *Bacillus anthracis*, *Enterococcus*, *Burkholderia vietnamiensis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus anthracis*, *Bacillus subtilis*, *Corynebacterium amycolatum*, *Pseudomonas borbori*, *Salmonella enteric*, *Streptococcus bovis*, *Enterococcus*. Dan juga *Cellulomonas* sp., *Cellvibrio* sp., *Bacillus lichenformis*, *Pseudomonas* sp., *Acetobacter aceti*, *Lactobacillus plantarum*, *Cytopaga* sp (Khalid & Naz, 2013).

Peranan dari bakteri hidrolitik adalah untuk menghidrolisis bahan-bahan yang ada di dalam digester. Seperti salah satunya adalah *Bacillus subtilis* yang merupakan bakteri Gram positif dan motilitas positif. Bakteri ini membentuk endospora dengan bentuk endospora bulat atau silinder dan sangat resisten terhadap kondisi yang merugikan (Edition & Four, 2010). Saat sporulasi, spora ditebarkan ke udara, struktur spora tidak akan terjadi jika sel sedang berada pada fase pembelahan secara eksponensial, tetapi akan dibentuk terutama pada kondisi nutrisi terbatas misalnya jumlah karbon dan nitrogen sedikit. Bakteri ini bersifat aerob dan anaerob (fermentasi), katalase positif, dan dapat ditemukan pada ditemukan pada berbagai jenis habitat. *Bacillus subtilis* menghasilkan berbagai jenis enzim seperti alfa-amilase, beta-glukanase, glutaminase, maltogenik amilase, protease, pullulanase, dan xilanase (“Regulatory Toxicology and Pharmacology (2001) 33: 173-186.,” 2001).

Peran bakteri asam adalah membentuk asam dari hasil metabolisme bakteri hidrolitik, dan salah satu bakteri pembentuk asam adalah *Acetobacter aceti* yang memiliki bentuk elips hingga batang, berukuran mikroskopis yaitu 0,6-0,8 mikrometer x 1,0-1,4 mikrometer, sel tunggal, berpasangan ataupun membentuk suatu rantai, motil dengan flagelle peritrikus, tidak membentuk endospora, dan Gram negatif. Bakteri ini bersifat aerob obligat sehingga metabolisme selalu dengan respirasi. Katalase positif, memproduksi indol dan H₂S. Mampu

mengoksidasi etanol menjadi asam asetat, kemudian asam asetat dan asam laktat diubah menjadi C_2O dan H_2O . Sumber karbon yang baik digunakan untuk pertumbuhan yaitu gliserol, etanol dan laktat. Bersifat kemoorganotrop, suhu optimal untuk tumbuh berkisar $25-30^{\circ}C$, dan pH optimum 5,4-6,3 (“Regulatory Toxicology and Pharmacology (2001) 33: 173-186.” 2001).

Bakteri metanogen adalah bakteri yang terdapat pada bahan-bahan organik dan menghasilkan metana secara anaerob. Bakteri metanogen menggunakan senyawa karbon dan energi untuk melakukan proses metanogenesis. Senyawa karbon yang digunakan misalnya campuran senyawa H_2 dan CO_2 , formiat, methanol, methilamin, dan asetat. Bakteri metanogen juga berperan penting terhadap perputaran H_2 pada lingkungan yang anaerob. Kebanyakan bakteri metanogen bersifat mesofilik dengan kisaran suhu optimum $20-40^{\circ}C$, namun bakteri metanogen juga dapat ditemui pada suhu termofilik (UNIDO, 2007).

Empat bakteri anaerob yang diketahui memproduksi metana.

1. *Methanobacterium*, bakteri berbentuk batang dan tidak membentuk spora.
2. *Methanobacillus*, bakteri berbentuk batang dan membentuk spora.
3. *Methanococcus*, bakteri berbentuk kokus dan tidak membentuk spora.
4. *Meyhanosarcina*, bakteri berbentuk delapan kokus yang bergerombol dan tidak membentuk spora.

Methanobacterium bersifat non motil, anaerob, temperatur optimum $37-45^{\circ}C$ untuk bakteri mesofilik dan $55^{\circ}C$ untuk yang termofilik, energi diperoleh melalui metabolisme CO_2 menjadi CH_4 , menggunakan amonia sebagai sumber nitrogen, dan sulfida sebagai sumber sulfur. *Methanococcus* bersifat non motil, Gram negatif,

tumbuh pada kisaran suhu 30-35°C, pH 7-7,5, mereduksi metilamin menjadi CH₄, CO₂ dan NH₃. *Methanosarcina* bersifat Gram variabel, non motil, anaerob, suhu optimum untuk tumbuh berkisar 30-40°C untuk bakteri mesofilik dan 50-55°C untuk yang termofilik, energi didapatkan dengan mereduksi metilamin atau methanol menjadi CO₂, CH₄, H₂, dan asetat (Maryani, 2016).

Permasalahan yang ada pada biogas, masih didistribusikan secara lokal, karena biogas masih didistribusikan melalui pipa-pipa paralon pemakaiannya hanya pada daerah setempat disekitar tempat pembuatan. Biogas juga membutuhkan volume yang besar ketika akan digunakan. Agar dapat didistribusikan seperti LPG yang sekarang ada, maka biogas perlu dibuat cair (Budi & Marzuki, 2015).

d. Produksi Biogas Kotoran Sapi dengan Kulit Singkong

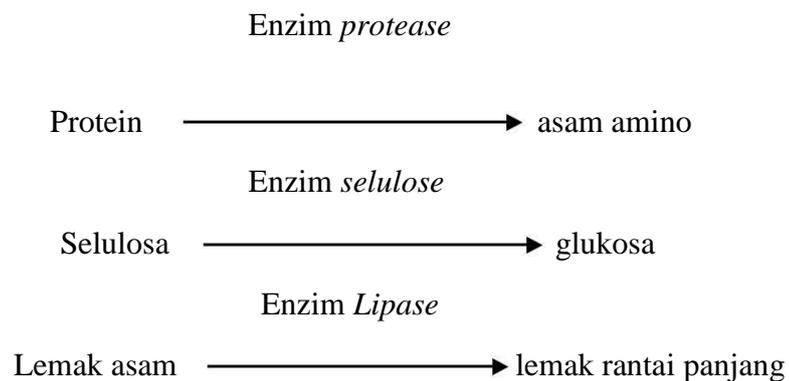
Biogas terbentuk dari beberapa tahapan yaitu proses hidrolisis, proses pengasaman (asidifikasi), dan proses metanogenesis. Hidrolisis adalah tahap awal dari proses fermentasi. Proses ini terjadi penguraian bahan organik menjadi senyawa sederhana dengan senyawa kompleks serta penambahan dari kulit singkong yang mudah larut seperti lemak, protein, dan karbohidrat. Proses hidrolisis juga dapat disebut sebagai proses perubahan struktur dari bentuk polimer menjadi bentuk monomer. Senyawa yang dihasilkan yaitu senyawa asam organik, glukosa, etanol, CO₂, dan senyawa hidrokarbon lainnya. Senyawa tersebut akan dimanfaatkan mikroorganisme sebagai sumber energi untuk melakukan. Mikroorganisme menggunakan senyawa hasil proses hidrolisis sebagai energi untuk proses pengasaman (asidifikasi). Bakteri akan menghasilkan senyawa asam organik seperti asam asetat, asam propinat, asam butirat, dan asam laktat serta menghasilkan produk sampingan seperti alkohol, CO₂, hidrogen, dan zat *ammonia*. Bakteri metanogen bekerja pada tahap metanogenesis, yaitu mengubah produk dari tahap

pengasaman menjadi gas metana, karbondioksida, dan air yang merupakan komponen penyusun biogas.

Proses perombakan bahan organik secara *anaerob* yang terjadi di dalam *digester*, terdiri atas empat tahapan proses (Kurniawan, 2017) yaitu:

1. Hidrolisi

Hidrolisis merupakan tahapan yang paling awal proses perombakan, terjadi secara *anaerob*. Dalam tahap hidrolisis terjadi pemecahan dari senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana (*monomer*). Senyawa kompleks ini, antara lain protein, karbohidrat, dan lemak, dimana dengan bantuan *eksoenzim* dari bakteri *anaerob*, senyawa ini akan diubah menjadi *monomer*, (Deublein et al., 2008).



Proses hidrolisis karbohidrat membutuhkan waktu beberapa jam, sedangkan hidrolisis pada protein dan lemak memerlukan waktu beberapa hari (Kurniawan, 2018).

2. Fermentasi (*Asidogenesis*)

Monomer yang dihasilkan dari tahap hidrolisis akan didegradasi pada tahap ini, Fermentasi merupakan tahap yang akan mengubah monomer menjadi asam organik rantai pendek, *asam butirat*, *asam propionat*, *asam asetat*, *asam asetic*, *alkhohol*, *hidrogen*, dan karbon *dioksida* (Deublein & Steihauser, 2010).

Selain itu, terjadi pula pertumbuhan dan perkembangan sel bakteri. Pembentukan asam organik tersebut terjadi dengan bantuan bakteri, seperti *Pseudomonas*, *Eschericia*, *Flavobacterium*, dan *Alcaligenes*.

3. Asetogenesis

Asam organik rantai pendek yang dihasilkan dari tahap fermentasi dan asam lemak yang berasal dari hidrolisis lemak akan difermentasi menjadi asam asetat, H₂, dan CO₂ oleh bakteri asetogenik. Pada fase ini, mikroorganisme homoasetogenik akan mengurangi H₂ dan CO₂ untuk diubah menjadi asam asetat (Deublein & Steinhäuser, 2010).

4. Metanogenesis

Merupakan tahapan dominasi perkembangan sel mikroorganisme dengan spesies tertentu yang menghasilkan gas metan sebagai komponen utama biogas. Bakteri yang berperan dalam proses ini, antara lain *Metanococcus*, *Metanobacillus*, *Metanobacterium*, dan *Metanosarcina*. Terbentuknya gas metan terjadi karena adanya reaksi dekarboksilasi asetat dan reduksi CO₂, seperti yang terlihat pada reaksi dibawah ini (Kurniawan, 2018).

