

**UJI KUALITAS KADAR GAS METANA (CH₄) PADA PEMBUATAN
BIOGAS DARI KULIT BUAH KAKAO**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**



Disusun Oleh :

Syahrul

NIM : 45 13 044 027

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA

2019

LEMBAR PERSETUJUAN

UJI KUALITAS KADAR GAS METANA (CH₄) PADA PEMBUATAN
BIOGAS DARI KULIT BUAH KAKAO

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

Syahrul

NIM : 45 13 044 027

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

(Dr. Ridwan S.T., M.Si.)

NIDN. 0910127101

(Al-Gazali S.T., M.T.)

NIDN. 0905067302

LEMBAR PENGESAHAN
UJI KUALITAS KADAR GAS METANA (CH₄) PADA PEMBUATAN
BIOGAS DARI KULIT BUAH KAKAO
SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



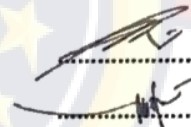
Disusun Oleh :
Syahrul
NIM : 45 13 044 027

Skripsi ini telah disetujui dan dinyatakan lulus pada tanggal 06 September 2019

Pembimbing

1. Dr. Ridwan, ST., M.Si
2. Al Gazali, ST., MT

Tanda Tangan



Penguji

3. Dr. Hamsina, ST., M.Si
4. M.Tang, ST., M.Pkim

Tanda Tangan



Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Kimia

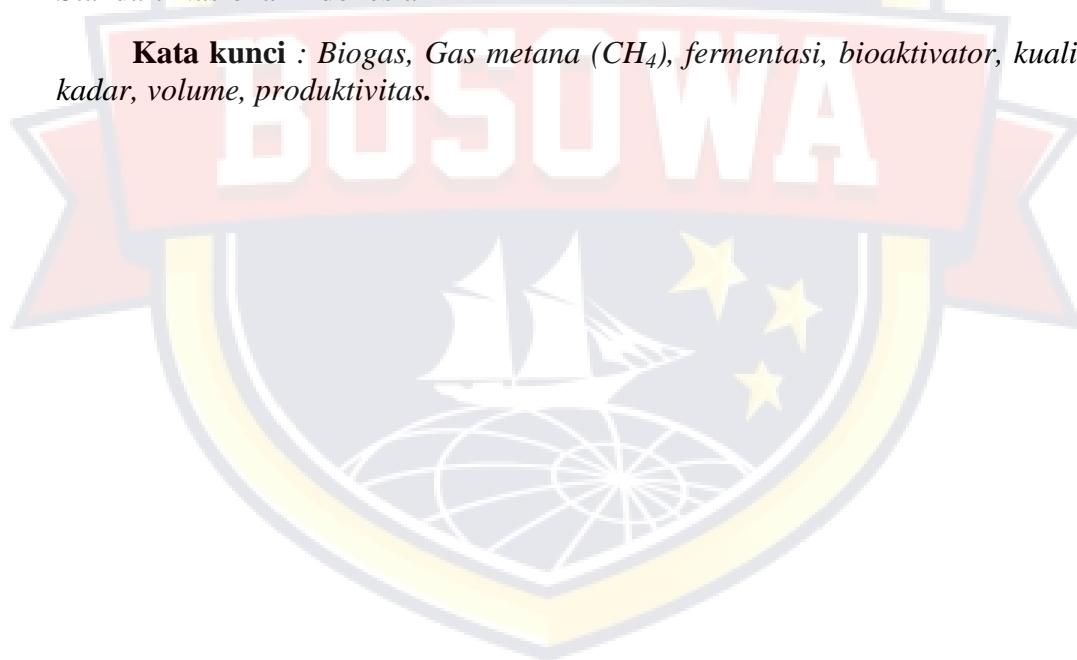


M. Tang, ST., M.Pkim
NIDN. 0913027503

INTISARI

Penelitian ini bertujuan mendapatkan biogas untuk mencari kadar CH_4 sesuai standart di Indonesia, serta dapat digunakan sebagai energi alternatif memakai proses fermentasi anaerob. Dengan metode penelitian yaitu, tahapan pertama dilakukan dengan menyiapkan bahan baku yaitu kulit buah coklat kotoran sapi dan air yang kemudian dicampur dari volume bahan baku serta penambahan bioaktivator EM4 sesuai dengan variabel setelah itu dicampur hingga seragam. Kemudian dimasukkan ke dalam wadah/disgester. Penelitian ini dilakukan secara bertahap dengan kondisi yang dijalankan. Perubah yang dijalankan yaitu, pertama perbandingan kotoran sapi dan air (1:1), sampel kedua perbandingan kulit buah kakao, kotoran sapi dan air (1:0,5:1) + 1% EM4, sampel ketiga perbandingan kulit buah kakao dan air (1:1) + 1% EM4 dengan waktu fermentasi selama 14 hari. Kemudian menunjukkan bahwa hasil kadar gas metana yang dihasilkan dari fermentasi selama 14 hari pada sampel pertama berkisar 65% hingga 70% dengan total produktivitas biogas 20,0274 L, sampel kedua berkisar 69% hingga 71% dengan total produktivitas biogas 24,3463 L dan sampel ketiga berkisar 60% hingga 65% dengan total produktivitas biogas 13,4337 L. Hasil penelitian ini sudah memenuhi Standart Nasional Indonesia

Kata kunci : *Biogas, Gas metana (CH_4), fermentasi, bioaktivator, kualitas kadar, volume, produktivitas.*



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirabbil aalamin, Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan hasil penelitian ini yang berjudul “Uji Kualitas Kadar Gas Metana (CH₄) pada Pembuatan Biogas dari Kulit Buah Kakao”. Salawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Rasulullah SAW selaku pemimpin umat manusia. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan Program Studi S1 pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar. Melalui penyusunan Skripsi ini penulis mengucapkan terimah kasih yang sebesar-besarnya kepada

1. Bapak Dr. Ridwan, ST., M.Si, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa sekaligus dosen pembimbing I penulis, yang senantiasa memberikan motivasi selama penulis menuntut ilmu sampai akhir dari proses penyusunan skripsi.
2. Bapak M.Tang, ST., M.Pkim selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Bosowa.
3. Bapak Al Gazali, ST., MT. selaku dosen pembimbing II yang selalu memberi bimbingan, motivasi dan pengarahan yang membangun dalam penyusunan skripsi.
4. Ibu Dr. Hamsina, ST.,M.Si, dan Bapak M.Tang, ST., M.Pkim selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran kepada penulis.
5. Seluruh dosen pengajar Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa Makassar yang telah memberikan ilmu kepada penulis selama mengenyam studi.
6. Ibu Nurmiaty Darwis, ST, dan ibu Yuli selaku staff yang telah banyak membantu penulis.

7. Teristimewa, Orang Tua dan keluarga besar penulis yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menuntut ilmu dan tidak pernah lelah memberikan semangat dan motivasi kepada penulis dalam proses studi.
8. saudara-saudara keluarga HIMATEK terkhusus saudara seperjuangan sepenanggungan angkatan 2013 Teknik Kimia Universitas Bosowa.
9. Teman-teman KBM FT, HMI Dan seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis selama mengenyam pendidikan.

menyadari bahwa manusia tidak akan sampai pada titik kesempurnaan begitu pula dalam penyusunan laporan ini tentulah masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan laporan ini. Akhirnya dengan segala keterbatasan yang ada, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat dan digunakan sebagaimana mestinya.



BOSOWA

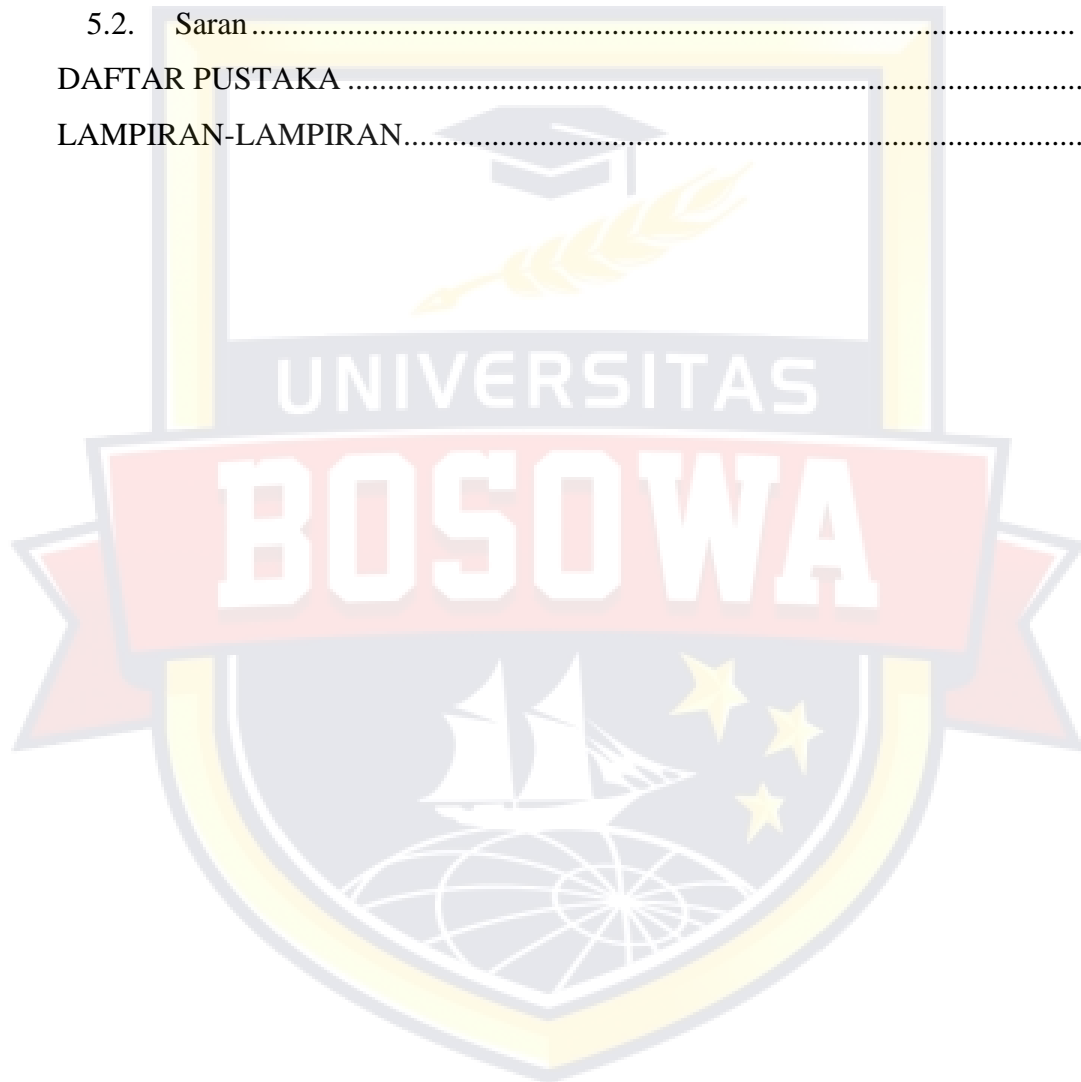
Makassar, September 2019

Penulis

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
INTISARI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Kulit Buah Kakao	4
2.2. Kotoran Sapi.....	6
2.3. Biogas.....	7
2.4. Fermentasi	11
2.5. Bakteri	13
2.6. EM4 (<i>Effective Microorganism-4</i>)	17
2.7. Detektor gas.....	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	19
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	19
3.3. Metode Penelitian.....	20
3.4. Diagram Alir Penelitian.....	21
3.5. Waktu Pelaksanaan Penelitian.....	21

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1. Hasil Penelitian.....	22
4.2. Pembahasan	25
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	35
5.1. Kesimpulan.....	35
5.2. Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	39

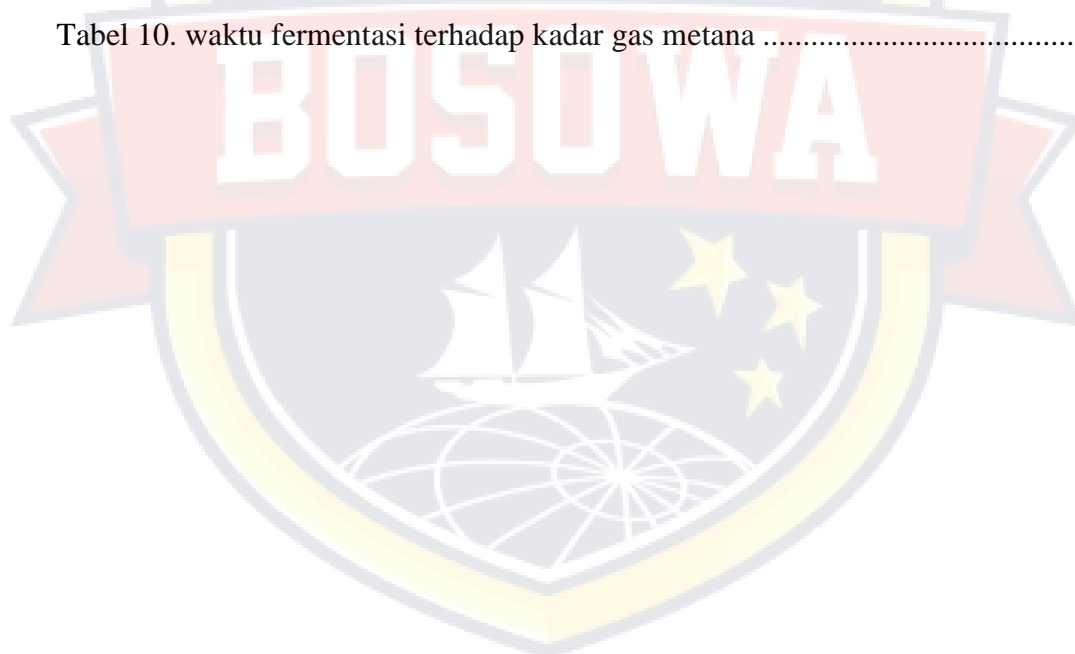


DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tanaman kakao	5
Gambar 2. Penampang dalam buah kakao	5
Gambar 3. Skema Fermentasi Anaerobik Bahan Organik	9
Gambar 4. Susunan Alat Pembuatan Biogas.....	20
Gambar 5. diagram volume gas metana (L).....	23
Gambar 6. diagram kadar gas metana (%).....	23
Gambar 7. diagram volume gas metana (L).....	24
Gambar 8. diagram kadar gas metana (%).....	24
Gambar 9. diagram volume gas metana (L).....	25
Gambar 10. diagram kadar gas metana (%).....	25
Gambar 11. waktu fermentasi terhadap volume gas metana (L)	26
Gambar 12. volume total gas	27
Gambar 13. waktu fermentasi terhadap kadar gas metana (%).....	31
Gambar 14. hubungan kadar gas (%), volume gas (L) dan waktu fermentasi	33
Gambar 15. digester biogas	44
Gambar 16. bioaktivator EM4.....	45
Gambar 17. timbangan dan blender	45
Gambar 18 Coalfield Gas alam detektor gas metana	46
Gambar 19. buah kakao.....	46
Gambar 20. bahan baku kulit buah kakao.....	47
Gambar 21. kulit buah kakao yang telah dicacah	47
Gambar 22. Pengenceran kulit buah kakao memakai blender dan penambahan air sesuai variabel yang telah ditimbang.....	48
Gambar 23. kulit buah kakao yang telah diencerkan	48
Gambar 24. Penambahan EM4 pada bahan	49
Gambar 25. starter hasil fermentasi	49
Gambar 26. deteksi kualitas kadar metana.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kandungan Kulit Buah Kakao	6
Tabel 2. Bahan Organik yang Berpotensi Menghasilkan Methana.....	10
Tabel 3. Berbagai Macam Bakteri Penghasil Methana dan Substratnya	16
Tabel 4. Komposisi EM4 (<i>Effective Microorganism-4</i>)	17
Tabel 5. Waktu Pelaksanaan Penelitian	21
Tabel 6. Hasil Percobaan Variabel Kotoran Sapi dan Air	22
Tabel 7. Hasil Percobaan Variabel Kulit Kakao, Kotoran Sapi, Air dan 1% EM4	23
Tabel 8. Hasil Percobaan Variabel Kulit Kakao, Air dan 5% EM4.....	24
Tabel 9. waktu fermentasi terhadap volume gas metana (L)	25
Tabel 10. waktu fermentasi terhadap kadar gas metana	30



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi energi alternatif bahan bakar pada saat ini banyak yang dihasilkan dari sumber daya hayati, misalkan pembuatan Biosolar dan Biodiesel sebagai bahan bakar pengganti BBM. Biogas juga salah satu solusi yang terbaik pada saat ini dalam pengkayaan sumber daya energi alternatif. Biogas dapat dihasilkan dari berbagai macam bahan organik yang terdekomposisi, misalkan saja limbah-limbah dari rumah tangga dan industri yang diuraikan oleh bakteri kelompok metanogen yang sebagian besar berupa metana.

Indonesia merupakan negara yang kaya akan hasil alamnya (sumber daya hayati), hal ini dikarenakan struktur tanah yang baik dan juga keadaan iklim yang sangat menunjang. Salah satu contoh hasil alam yang memiliki peranan yang cukup nyata dan dapat diandalkan dalam mewujudkan program pembangunan pertanian tersebut adalah buah kakao. Adanya nilai tambah yang tinggi dalam industri pengolahan kakao dipandang sangat perlu untuk terus mendorong perkembangan industri pengolahan di dalam negeri, biji kakao diproduksi menjadi coklat sedangkan kulit dari buah kakao dimanfaatkan menjadi berbagai energi alternatif.

Kulit buah kakao merupakan limbah dari buah kakao yang banyak jumlahnya. Berdasarkan data statistik perkebunan, luas area kakao di Indonesia tercatat 992.448 ha, produksi 560.880 ton dan tingkat produktivitas 657 kg/ha/th. Bobot buah kakao yang dipanen per ha akan diperoleh 6200 kg kulit buah dan 2178 kg biji basah.

Pemanfaatan kulit buah kakao saat hanya sebagai pakan ternak dan pupuk organik. Sebagai alternatif lain dalam pemanfaatan kulit buah kakao ini dilakukan suatu percobaan dari peneliti yang terdahulu yaitu pembuatan asam oksalat dari kulit buah kakao (*Rachmat, Alif Yeni. 2005*) yang menjelaskan bahwa hasil asam oksalat terbaik terdapat pada suhu pemanasan 210 °C. Penelitian kedua yaitu ekstraksi pektin dari kulit buah kakao (*Mariana, Tri. 2005*) yang menjelaskan bahwa pektin yang diperoleh dari buah kakao merupakan pektin dengan kadar metoksil tinggi, (*Dias*

Asmoro Putra, Mardhita Arlindawati, Sri Redjeki) dalam jurnalnya menjelaskan bahwa konsentrasi terbaik 74,22 % pada perbandingan 1:1,5 kulit kakao dan air.

Pemanfaatan limbah organik sebagai bahan baku pembuatan biogas (*Hudha, Mohammad Istnaeny, 2007*) menjelaskan bahwa bakteri memegang peranan yang sangat penting dalam memproduksi biogas yang berasal dari sampah organik. Pembuatan biogas dapat diperoleh dari kotoran sapi (*Billah, Mu'tasim. 2009*) yang menjelaskan bahwa didalam kotoran sapi mengandung bakteri *methanobacterium* dapat menghasilkan kadar biogas hingga 74% metana.

Biogas (metana) dapat terjadi dari penguraian limbah organik yang mengandung protein, lemak, dan karbohidrat. Penguraian ini dilakukan untuk fermentasi oleh bakteri anaerob, oleh karena itu bejana yang digunakan untuk fermentasi limbah ini sebaiknya ditutup agar udara (O₂) tidak masuk ke biodigester yang mengakibatkan penurunan produksi metana, serta diperlukan media tambahan untuk membantu mempercepat proses, dan salah satu media yang dapat digunakan untuk membantu mempercepat proses tersebut adalah *Efective Microorganisme 4* (EM4) (*Sundari, 2012*).

EM4 merupakan media berupa cairan yang berisi mikroorganisme yang dapat memecah senyawa polimer (dalam hal ini adalah karbohidrat, lemak, dan protein) menjadi senyawa monomernya. Penelitian akan pengaruh EM4 terhadap proses fermentasi yang pada akhirnya akan berpengaruh terhadap massa, nilai kalor, dan kecepatan pembentukan biogas perlu dilakukan, mengingat semakin cepat pembentukan biogas, akan semakin banyak sumber energi yang dihasilkan, sehingga produksi biogas akan semakin tinggi. Maka peneliti mencoba mengolah kembali kulit buah kakao sehingga menjadi suatu bahan yang bermanfaat dan mempunyai nilai ekonomis tinggi dengan jalan menjadikannya sumber energi alternatif biogas dengan penambahan kotoran sapi dan EM4.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana Kualitas Kadar Gas Metana (CH_4) dari kulit buah kakao dengan penambahan kotoran sapi dan penambahan EM4 ?
2. Bagaimana pengaruh waktu fermentasi terhadap tingkat produktivitas biogas dan kualitas kadar gas metana ?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menentukan Kualitas Kadar Gas Metana (CH_4) dari kulit buah kakao dengan penambahan kotoran sapi dan penambahan EM4 ?
2. Menentukan pengaruh waktu fermentasi terhadap tingkat produktivitas biogas dan kualitas kadar gas metana ?

1.4. Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian diharapkan :

1. Biogas dapat mengurangi pemakaian bahan bakar fosil
2. Biogas dapat mengurangi masalah lingkungan akibat limbah organik dengan cara penguraian limbah
3. Biogas merupakan sumber energi alternatif yang mudah didapat dan biaya murah.
4. Bahan organik sisa proses biogas disebut lumpur pencerna (sludge) yang dapat digunakan sebagai pupuk organik

5.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kulit Buah Kakao

Theobroma Cacao adalah nama biologi yang diberikan pada pohon kakao. Tempat alamiah dari genus *Theobroma* adalah dibagian bawah dari hutan dengan banyak curah hujan (evergreen rain forest). Semua spesies dari genus itu berada di hutan tropis di lintang belahan bumi Barat, mulai dari 18 derajat Lintang Utara sampai 15 derajat Lintang Selatan, yaitu dari Meksiko sampai batas selatan dari hutan Amazon.

Kakao merupakan tanaman yang menumbuhkan bunga dari batang atau cabang, karena itu tanaman ini digolongkan ke dalam kelompok tanaman caulifloris. Adapun sistematikanya menurut klasifikasi botani (*Siregar, Tumpal H.2009*) adalah:

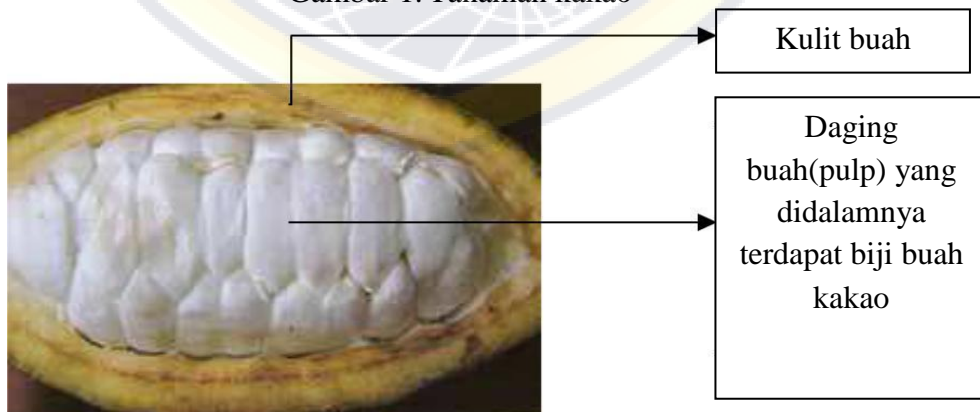
Divisio : Spermatophyta
Klas : Dicotyledon
Ordo : Malvales
Famili : Sterculiaceae
Genus : *Theobroma*
Spesies : *Theobroma Cacao*

Theobroma Cacao dibagi dalam 2 sub spesies. Sub spesies pertama sering disebut dengan *Criollo* merupakan tipe kakao pilihan (mulia) dan buahnya berwarna merah. Sub yang kedua yakni *Forastero* merupakan tipe yang bermutu rendah (kakao lindak, kakao jenis curah) dan buahnya berwarna hijau. Hibrida jenis kedua disebut sebagai *Trinitario*, yang sekarang banyak ditanam dan buahnya terkadang berwarna hijau atau merah dengan bentuk buahnya ada yang bulat dan ada pula yang panjang. Kakao lindak dan hibrida tumbuh di ketinggian dibawah 400 meter dari atas permukaan laut dan mempunyai ciri tambahan, yaitu biji kakaonya besar, berbuah sangat cepat dan aroma kurang. Sedangkan kakao mulia tumbuh di ketinggian diatas 400 meter diatas permukaan laut, buahnya kecil, berkualitas tinggi dan beraroma bagus.

Kakao diperkenalkan di Indonesia sejak tahun 1560, tetapi baru menjadi komoditi yang penting sejak tahun 1951. Produksi kakao di Indonesia di hasilkan dari perkebunan besar Negara dan swasta, yang terdapat di daerah Sumatra Utara dan Jawa Timur. Selain itu juga, produksi yang berasal dari perkebunan rakyat tersebar di daerah – daerah Maluku, Sulawesi Selatan, Kalimantan Timur dan Irian Jaya. Jenis kakao yang ditanam saat ini sebagian besar adalah jenis Criolla atau Flavour Cocoa. Produksinya sebagian besar di ekspor, khususnya ke negara – negara Belanda, Jerman Barat, Amerika Serikat maupun Singapura (*Siregar, Tumpal H. S. 2009*).



Gambar 1. Tanaman kakao



Gambar 2. Penampang dalam buah kakao

Tabel 1. Kandungan Kulit Buah Kakao

	Komponen	%
Air		3,8
Lemak		3,4
Abu		8,1
Nitrogen	Total hydrogen	2,8
	Protein Nitrogen	2,1
	Theobromin	1,3
	Kafein	0,1
Karbohidrat	Glukosa	0,1
	Sukrosa	0
	Pektin	8,0
	Serat Kasar	18,6
	Selulosa	13,7
	Pentosan	7,1
	Gum	9
Tanin	Asam Tanic	1,3
	Kakao Ungu dan	2,0
Asam (Organik)	Asetat (bebas)	0,1
	Sitrat	0,7
	Oksalat	0,3

(Minifie, B.W. 1970)

2.2. Kotoran Sapi

Kotoran sapi adalah limbah peternakan berupa sisa hasil pencernaan sapi. Kotoran sapi mengandung banyak selulosa dan lignin. Hal tersebut menyebabkan kotoran sapi sangat baik digunakan sebagai bahan dasar pembuatan biogas. Sapi menghasilkan kotoran dengan kandungan selulosa yang cukup tinggi karena sapi termasuk hewan memamah biak. Selulosa yang terkandung pada kotoran sapi akan dimanfaatkan untuk memproduksi biogas.

Menurut (Rika, 2011), kotoran sapi tersusun atas 22,59% selulosa, 18,32% hemiselulosa, 10,20% lignin, 34,72% total karbon organik, dan 1,26% total nitrogen. Selain itu, kotoran sapi juga mengandung 0,37% fosfor dan 0,68% kalium. Dengan kandungan selulosa yang tinggi, kotoran sapi dapat menghasilkan biogas dalam jumlah yang banyak. Susunan kotoran sapi juga bisa dinyatakan dengan jumlah kotoran padat dan jumlah kotoran cair. Selain itu, rasio C/N juga bisa digunakan untuk menyatakan susunan kotoran sapi secara praktis.

Rasio C/N pada kotoran sapi adalah 24. Semakin tinggi rasio C/N, nitrogen akan dikonsumsi secara cepat oleh bakteri metanogen (Sri, 2008). Hal tersebut mengakibatkan kesetimbangan reaksi bergeser ke arah kiri dan laju produksi biogas menurun. Sebaliknya jika rasio C/N rendah, kesetimbangan reaksi bergeser ke arah kanan dan laju produksi biogas meningkat. Rasio C/N pada kotoran sapi memenuhi persyaratan bahan baku produksi biogas. Kotoran sapi berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai energi alternatif berupa biogas. Hal tersebut disebabkan jumlah produksi biogas per kg kotoran sapi relatif lebih besar dibandingkan kotoran ternak lainnya. Kotoran sapi sebanyak 1 kg dapat menghasilkan 0,023-0,040 m³ biogas. Dengan jumlah produksi tersebut, kotoran sapi sangat potensial untuk memproduksi biogas dalam jumlah besar. Kotoran sapi telah mengandung bakteri penghasil gas metana yang terdapat di dalam perut hewan ruminansia.

2.3. Biogas

Biogas adalah campuran beberapa gas, tergolong bahan bakar gas yang merupakan hasil fermentasi dari bahan organik dalam kondisi anaerob, dan gas yang dominan adalah gas metana (CH₄) dan gas karbondioksida (CO₂).

Pembentukan biogas berlangsung melalui proses fermentasi anaerobik atau tidak berhubungan dengan udara bebas. Proses fermentasinya merupakan suatu reaksi oksidasi-reduksi di dalam sistem biologis yang menghasilkan energi, dimana sebagai donor dan akseptor elektronnya digunakan senyawa organik. Fermentasi anaerobik hanya dapat dilakukan oleh mikroorganisme yang dapat menggunakan molekul lain selain oksigen sebagai akseptor elektron. Fermentasi anaerobik menghasilkan biogas yang terdiri dari metana (54-74 %), karbondioksida (27-45 %),

sedikit hidrogen, nitrogen, dan hidrogen sulfide. (Sukmana, Rika Widya dan Anny Muljatinigrum. 2011) Keseluruhan reaksi pembentukan biogas dinyatakan dalam reaksi sebagai berikut :



Ada tiga tahap dalam pembuatan biogas yaitu sebagai berikut :

a. Tahap Pertama (Reaksi Hidrolisis: Pelarutan)

Reduksi senyawa organik yang kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana oleh bakteri hidrophilik. Bakteri hidrophilik ini bekerja pada suhu antara 30-40 °C, untuk kelompok mesophilik dan antara 50-60 °C untuk kelompok termophilik. Tahap pertama ini berlangsung dengan pH optimum antara 6 sampai 7.

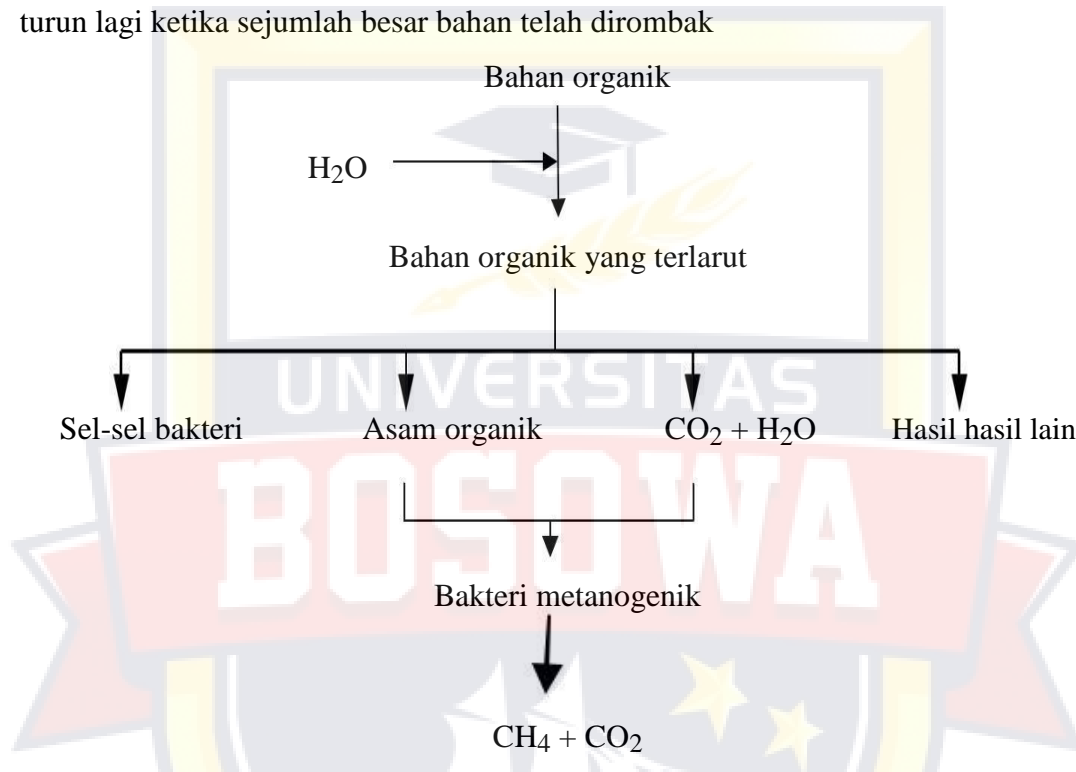
b. Tahap Kedua (Reaksi Acidogenik: Pengasaman)

Perubahan senyawa sederhana menjadi asam organik yang mudah menguap seperti asam asetat, asam butirat, asam propionat dan lain-lain. Dengan terbentuknya asam organik maka pH akan terus menurun, namun pada waktu yang bersamaan terbentuknya buffer dapat menetralsir pH. Di sisi lain untuk mencegah penurunan pH yang drastis maka perlu ditambahkan kapur sebagai buffer sebelum tahap pertama berlangsung. Bakteri pembentukan asam-asam organik tersebut di antaranya adalah *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Escherichia*, dan *Aerobacter*. Ragi dikenal sebagai bahan yang umum digunakan dalam fermentasi untuk menghasilkan etanol dalam bir, anggur dan minuman beralkohol lainnya

c. Tahap Ketiga

Konversi asam organik menjadi metana, karbondioksida, dan gas-gas lain seperti hidrgen sulfida, hidrogen, dan nitrogen. Konversi ini dilakukan oleh bakteri metan seperti *Methanobacterium omelianskii*, *Methanobacterium sohngeni*, *Methanobacterium suboxydans*, *Methanobacterium propionicum*, *Methanobacterium formicium*, *Methanobacterium ruminantium*, *Methanosarcina bar-keril*, *Methanococcus vannielli* dan *Methanococcus mazei*. Bakteri metana ini sangat sensitif terhadap perubahan suhu dan pH oleh karena kedua parameter ini harus dikendalikan dengan baik. pH optimum adalah antara 7.0-7.2, sedangkan pada pH 6.2 bakteri metana akan mengalami keracunan.

Proses produksi biogas biasanya dilakukan secara semisinambungan (substrat dimasukkan satu kali di dalam selang waktu tertentu), tetapi untuk mendapatkan kemungkinan metode produksi optimal, sistem batch (substrat hanya dimasukkan sekali saja) juga dapat digunakan. Kecepatan produksi biogas dalam sistem batch mula-mula akan naik sehingga mencapai kecepatan maksimum dan akhirnya akan turun lagi ketika sejumlah besar bahan telah dirombak



Gambar 3. Skema Fermentasi Anaerobik Bahan Organik
(Budyanto, Moch. Agus Krisno, 2002)

Fermentasi atau perombakan limbah seperti yang tertera dalam gambar 3. adalah proses mikrobiologi yang merupakan himpunan proses metabolisme sel. Hasil lain dalam produksi biogas adalah supernatan dan skum. Supernatan dan skum ini dapat digunakan sebagai pupuk.

Biogas banyak dihasilkan dari bahan organik, berikut bahan-bahan organik yang berpotensi dapat menghasilkan biogas. (Budyanto, Moch. Agus Krisno, 2002)

Tabel 2. Bahan Organik yang Berpotensi Menghasilkan Methana

Limbah Panenan	: Sampah tebu, pangkal dan daun jagung, jerami, sisa makanan ternak, dan gulma.
Limbah Ternak	: Limbah kandang ternak (kotoran, kencing, sampah), sampah unggas, kotoran kambing.
Limbah Manusia	: Tinja, kencing, dan sampah.
Seresah Hutan	: Daun, ranting, kelika, dan cabang.
Limbah Tumbuhan Air	: Ganggang laut, gulma air (enceng gondok).
Produk Sampingan	: Bungkil, ampas tebu, sekam, belotong, limbah industri

(sardjoko, 1991)

a. Sifat Kimia dari Biogas adalah :

1. Rumus kimia : CH_4
2. Berat molekul : 16,042
3. Titik didih pada 14,7 psia : $-258,68^\circ\text{F}$ ($-161,49^\circ\text{C}$)
4. Titik beku pada 14,7 psia : $-296,46^\circ\text{F}$ ($-182,98^\circ\text{C}$)
5. Tekanan kritis : 673 psia ($47,363\text{ kg/cm}^2$)
6. Temperatur kritis : $-116,5^\circ\text{F}$ ($-82,5^\circ\text{C}$)
7. ρ gas pada 1 atm : 0,00415
8. ρ liquid pada $263,2^\circ\text{F}$: 0,41

b. Sifat Fisika dari Biogas adalah :

1. Mengandung bau yang khas
2. Tidak berwarna
3. Tidak larut dalam air
4. Bersifat explosive pada konsentrasi 10 – 15 %
5. Bersifat Racun

(Novel, dkk. 1983)

Selama penguraian limbah padat organik pada proses anaerobik digester, membentuk reaksi pada persamaan (1). Proses pembentukan biogas sebagai upaya

mereduksi limbah padat organik dapat dilakukan dengan menggunakan dua cara yaitu : dengan sistem curah (batch) dan menggunakan sistem berkesinambungan (continue). Pada sistem batch, proses pembentukan biogas sangat bergantung pada penambahan bakteri dan lamanya proses sehingga hubungan pembentukan biogas terhadap reduksi limbah padat dapat ditentukan melalui penyelesaian secara grafis.

Berdasarkan kandungannya pada produksi biogas akan terbentuk bermacam-macam kandungan gas yang salah satu diantaranya adalah gas methana (CH₄) yang memiliki kandungan terbesar berkisar antara 54-74 % dan produksi gas yang paling dibutuhkan karena mempunyai nilai kalor yang tinggi. Jika CH₄ dianggap sebagai gas ideal, maka CH₄ dalam reaktor mengikuti persamaan sebagai berikut :

$$P V = n R T \dots\dots\dots (2)$$

Dengan : P = tekanan gas

V = volume ruang gas

n = mol gas CH₄

R = tetapan gas

T = suhu

Persamaan diatas digunakan untuk mencari volume biogas yang diketahui tekanan pada manometer dan suhu operasi. Apabila tekanan gas tinggi, maka volume gas tersebut juga semakin besar.

2.4. Fermentasi

Fermentasi bahan organik ini dapat terjadi dalam keadaan aerobik maupun anaerobik. Untuk proses fermentasi aerobik akan menghasilkan gas-gas ammonia (NH₃) dan karbondioksida (CO₂). Proses dekomposisi anaerobik dari bahan organik akan menghasilkan biogas. Kondisi lingkungan ternyata juga mempengaruhi produksi biogas. Di antara kondisi lingkungan tersebut adalah:

a. Suhu

Terdapat dua selang suhu optimum untuk produksi biogas, yaitu selang mesofilik (30-40 °C) dan selang termofilik (50-60 °C). Pengalaman di Cina me-nunjukkan

bahwa selama musim dingin dimana suhu udara antara 0-7 °C dan suhu digester 10 °C biogas masih dapat diproduksi walaupun tidak optimum.

b. Besarnya pH

Besar pH optimum untuk memproduksi biogas adalah netral. Di kedua sisi pH netral tersebut, maka akan muncul gangguan dalam produksi biogas. Bakteri berkembang dengan baik pada keadaan yang agak asam (pH antara 6,6-7) dan pH tidak boleh dibawah 6,2.

c. Total Padatan

Kandungan total padatan yang mampu mendukung produksi biogas yang optimal adalah antara 7-9 %. Kandungan padatan yang lebih tinggi atau sebaliknya lebih rendah akan menimbulkan gangguan terhadap produksi biogas.

d. Rasio C/N

Rasio C/N substrat yang optimum untuk produksi biogas berkisar 25:1 dan 30:1. Besarnya rasio C/N yang terlalu tinggi akan menaikkan kecepatan perombakan tetapi buangnya (sludge) akan mempunyai kandungan nitrogen yang tinggi. Substrat dengan C/N yang terlalu rendah akan menyisakan banyak nitrogen yang akan berubah menjadi amonia dan meracuni bakteri. Pencampuran limbah pertanian dengan kotoran ternak akan merubah rasio C/N untuk produksi gas yang lebih baik.

e. Lingkungan Abiotis

Biodigester harus tetap dijaga tanpa kontak langsung dengan oksigen (O₂). Udara (O₂) yang memasuki biodigester menyebabkan penurunan produksi metana, karena bakteri berkembang pada kondisi yang tidak sepenuhnya anaerob.

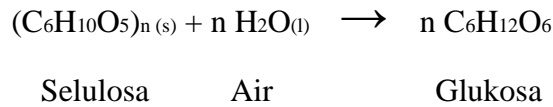
f. Starter

Tarter merupakan campuran yang mengandung bakteri metanogen yang diperlukan untuk mempercepat proses fermentasi anaerob.

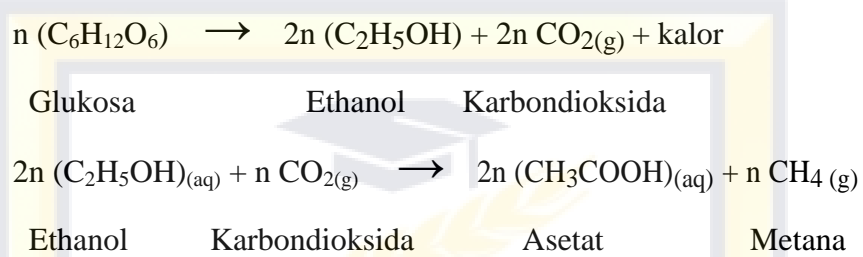
Reaksi Kimia pada Proses Fermentasi

Reaksi yang terjadi dalam tangki pencerna (fermentor) adalah sangat kompleks, sehingga reaksi fermentasi anaerob dapat dituliskan pada persamaan (1). Reaksi yang terjadi secara teoritis dalam fermentor adalah 3 tahap:

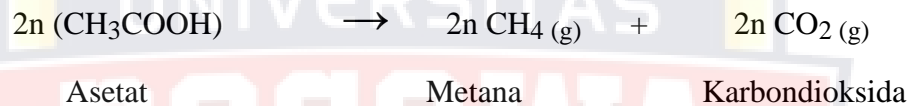
a. Reaksi Hidrolisa



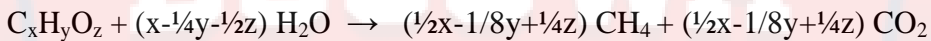
b. Reaksi Acetogenik



c. Reaksi Metanogenik



Secara umum, reaksi pembentukan CH₄ yaitu:



2.5. Bakteri

Pembentukan biogas dari bahan organik yang melibatkan bakteri terjadi dalam proses fermentasi anaerob, dimana bakteri itu merombak atau mendekomposisi bahan-bahan organik menjadi asam selanjutnya dikonversi menjadi gas. Proses fermentasi sendiri merupakan suatu proses pencernaan bahan organik yang dilakukan oleh bakteri dalam kondisi anaerob. Pertumbuhan mikroorganismenya dipengaruhi oleh beberapa faktor yang diantaranya adalah :

1. Waktu

Pada kondisi optimal hampir semua bakteri memperbanyak diri dengan pembelahan biner tiap 20 menit. Dalam pertumbuhannya bakteri melalui beberapa fase yang dapat digambarkan sebagai berikut :

a. Fase Adaptasi

Pada fase ini, bakteri membutuhkan waktu untuk penyesuaian terhadap kondisi lingkungan dan selanjutnya mulai membelah diri.

b. Fase Pertumbuhan Logaritmik

Pada fase ini, bakteri mengalami pertumbuhan dan pembelahan yang ditentukan oleh waktu untuk mencapai pembelahan serta kemampuan untuk memproses makanan. Pada fase ini juga terjadi peningkatan aktifitas bakteri yang ditandai dengan peningkatan suhu sehingga pada kondisi mesofilik.

c. Fase Stasioner

Jumlah bakteri pada fase ini relatif tetap hal ini disebabkan oleh keterbatasan substrat dan nutrient serta adanya bakteri yang mati.

d. Fase Kematian

Jumlah bakteri yang mati relatif lebih banyak secara logaritmik daripada pertumbuhannya.

2. Nutrient

Semua mikroorganisme memerlukan nutrient untuk kelangsungan hidup dan nutrient akan menyediakan :

- a. Energi : diperoleh dari substansi yang mengandung karbon.
- b. Nitrogen : untuk sintesa protein.
- c. Vitamin : berkaitan dengan faktor pertumbuhan. Mineral

3. Mikroorganisme memerlukan air untuk mempertahankan hidupnya.

4. Suhu; Mikroorganisme dalam pertumbuhannya membutuhkan suhu yang optimal berdasarkan suhu untuk pertumbuhan mikroorganisme dibedakan menjadi :

- a. Psikofilik : bakteri dapat tumbuh dengan baik pada suhu dibawah 20°C , kisaran suhu optimal $10-20^{\circ}\text{C}$.
- b. Mesofilik : bakteri dapat secara optimal pada suhu antara $20-45^{\circ}\text{C}$.
- c. Termofilik : bakteri dapat tumbuh dengan baik pada suhu diatas 45°C , kisaran pertumbuhan optimalnya adalah $50-60^{\circ}\text{C}$

5. Oksigen

Berdasarkan kebutuhan oksigen mikroorganisme dikelompokkan ;

- a. Aerob Obligat bakteri dapat tumbuh jika ada oksigen yang banyak.
- b. Aerob Fakultatif: bakteri dapat tumbuh dengan baik jika oksigen cukup tetapi juga dapat tumbuh secara anaerob
- c. Anaerob Obligat: bakteri dapat tumbuh jika tidak ada oksigen.
- d. Anaerob Fakultatif : bakteri dapat tumbuh sangat baik jika tidak ada oksigen tetapi juga dapat tumbuh secara aerob.

6. pH

Hampir semua mikroorganisme tumbuh baik jika pHnya antara 6,6-7,9. Pembuatan biogas sendiri dilakukan di dalam sebuah alat penampung yang kedap udara atau sering disebut dengan digester. Pembuatan gasbio sendiri bahan bakunya dapat digunakan bermacam-macam dari bahan organik, misalkan saja dari sampah organik.

(Kuntari, 2004)

Bakteri yang Digunakan dalam Proses Fermentasi

Pada pembuatan biogas, bakteri yang dipakai untuk menghasilkan gas methana salah satunya adalah bakteri *Methanobacterium* (Budiyanto, Moch. Agus Krisno. 2002) yang mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

Nama : *Methanobacterium*
Domain : Archaea
Kingdom : Euryarchaeota
Phylum : Euryarchaeota
Class : Methanobacteria
Order : Methanobacteriales
Family : Methanobacteriaceae
Genus : *Methanobacterium*
Binomial Name : *Methanobacterium*

Tabel 3. Berbagai Macam Bakteri Penghasil Methana dan Substratnya

Bakteri	Substrat	Produk
<i>Methanobacterium</i>	CO	CH ₄
<i>Formicum</i>	H ₂ + CO ₂	
	Formate	
<i>Methanobacterium mobilis</i>	H ₂ + CO ₂	CH ₄
	Formate	
<i>Methanobacterium</i>	Propionate	CO ₂ + Acetate
<i>Propionicum</i>		
<i>Methanobacterium</i>	H ₂ + CO ₂	CH ₄
<i>Ruminantium</i>	Formate	
<i>Methanobacterium</i>	Acetate dan Butyrate	CH ₄ + CO ₂
<i>Sohngeniei</i>		
<i>Methanobacterium</i>	Caproate dan Butyrate	Propionate
<i>Suboxydans</i>		Acetate
<i>Methanobacterium mazei</i>	Acetate dan Butyrate	CH ₄ + CO ₂
<i>Methanobacterium</i>	H ₂ + CO ₂	CH ₄
<i>Vannielii</i>	Formate	
<i>Methanosarcina barkeri</i>	H ₂ + CO ₂	CH ₄ CH ₄
	Methanol dan Acetate	CH ₄ + CO ₂
<i>Methanobacterium</i>	Acetate dan Butyrate	CH ₄ + CO
<i>Methanica</i>		

http://eprints.undip.ac.id/16669/3/Laporan_Skripsi_Penelitian_Membran.pdf

2.6. EM4 (*Effective Microorganism-4*)

Perkembangan probiotik di Indonesia belum pesat, namun sudah mulai dikembangkan dan salah satu probiotik yang telah mampu diproduksi dalam negeri berupa media kultur berbentuk cairan yang dapat disimpan lama adalah EM4 (*Effective Microorganisms-4*). EM4 mengandung 90% bakteri *Lactobacillus sp.* (bakteri penghasil asam laktat) pelarut fosfat, bakteri fotosintetik, *Streptomyces sp.*, jamur pengurai selulosa dan ragi. EM4 merupakan suatu tambahan untuk mengoptimalkan pemanfaatan zat-zat makanan karena bakteri yang terdapat dalam EM4 dapat mencerna selulose, pati, gula, protein, lemak (Surung, 2008).

Tabel 4. Komposisi EM4 (*Effective Microorganism-4*)

Jenis Bakteri	Jumlah (Sel/ml)
Total <i>plate count</i>	$2,8 \times 10^6$
Bakteri pelarut fosfat	$3,4 \times 10^5$
<i>Lactobacillus</i>	$3,0 \times 10^5$
<i>Yeast</i>	$1,95 \times 10^3$
<i>Actinomycetes</i>	+
Bakteri fotosintetik	+

(Sumber: PT Songgolangit Persada, 2011)

EM-4 merupakan kultur campuran dari mikroorganisme yang menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman, mampu meningkatkan dekomposisi limbah dan sampah organik, mempercepat proses pengomposan sampah atau kotoran hewan, meningkatkan ketersediaan nutrisi tanaman, serta menekan aktivitas serangan dari mikroorganisme patogen. EM-4 terdiri dari bakteri *genus lactobacillus* (bakteri penghasil asam laktat) dalam jumlah besar, serta dalam jumlah sedikit bakteri fotosintesis *streptomyces sp.*, dan ragi yang dikulturkan dalam medium cair pada pH 4,5. Mikroorganisme yang terdapat dalam larutan tersebut berjumlah 10^9 /liter (Higa dan Wididana dalam Anthon dan Inneke, 2008).

2.7. Detektor gas

Detektor gas merupakan alat yang bekerja dengan cara mendeteksi berbagai gas yang ada disekitarnya dimana mampu mendeteksi gas yang ada disekitar area. Umumnya alat ini digunakan di tempat yang rawan terjadi kebocoran gas misalnya di pabrik, lokasi pertambangan dan kiliang minyak. Dalam konteks pencegahan dampak buruk kebocoran gas, detektor gas dapat berfungsi melalui dua cara, pertama detektor gas dipasang terhubung dengan system control sehingga mesin atau alat tertentu langsung berhenti berfungsi secara otomatis sesaat setelah detektor gas mendeteksi kebocoran gas. Kedua detektor gas dapat pula memberikan tanda peringatan berupa pada saat kebocoran gas terjadi baik berupa alarm bunyi atau alarm lampu yang menyala.

Detektor gas sangatlah penting karena banyak gas kimia beracun yang mungkin menyatu dengan udara dan membahayakan keselamatan manusia, terlebih ditempat yang terekspos bahan-bahan kimia, detektor gas sedikitnya dapat mendeteksi tiga hal yakni, gas yang mudah menyulut api, gas beracun dan penipisan oksigen. Alat detektor gas ini mendapatkan daya dari listrik atau menggunakan baterai dalam pengoperasiannya. Alat ini mampu menghitung konsentrasi gas disebuah area yang terdeteksi gas, sensor akan bereaksi terhadap kalibrasi yang akhirnya menunjukkan pada skala konsentrasi tertentu.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini direncanakan akan dilaksanakan selama waktu 3 bulan di Laboratorium Kimia Universitas Bosowa Makassar.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

a. Bahan Digunakan :

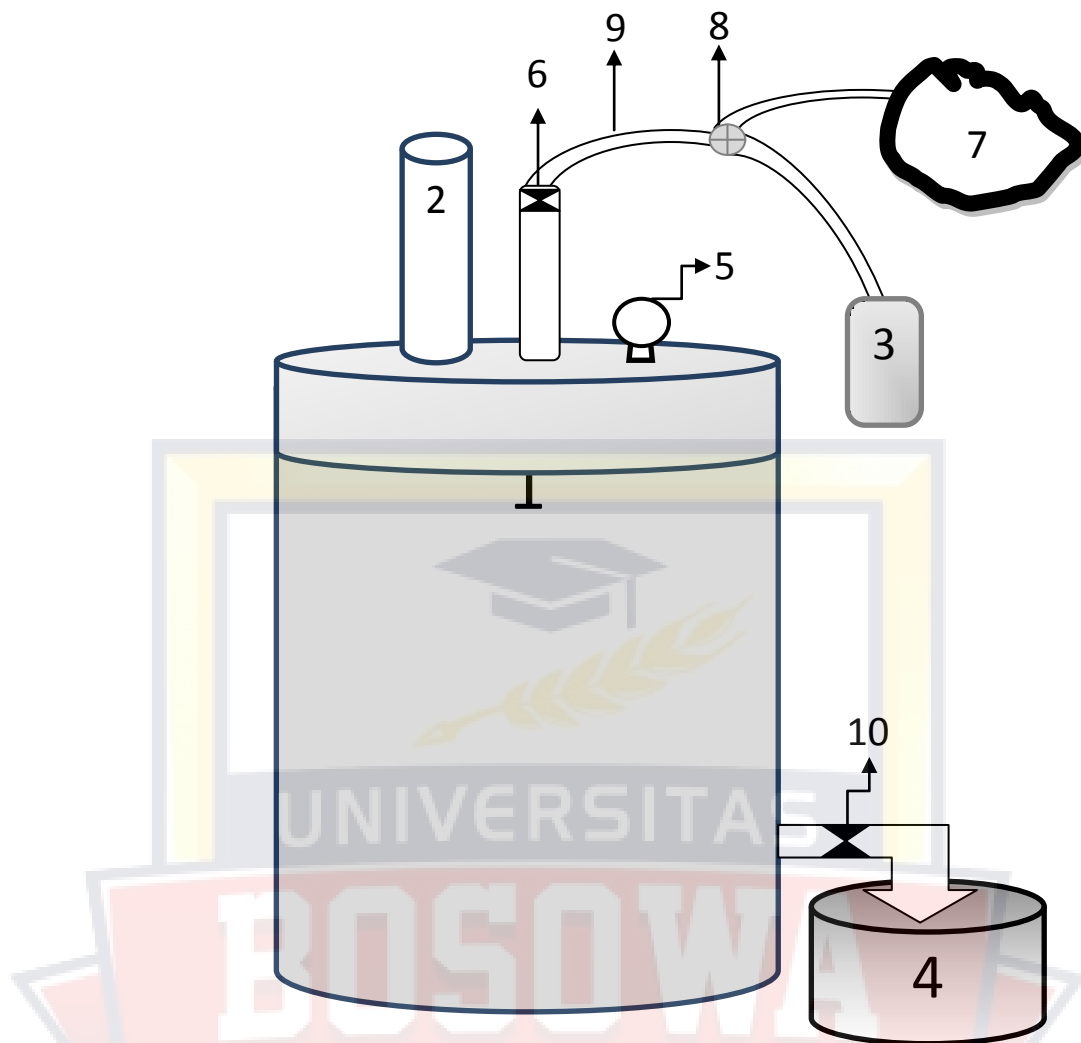
1. Kulit buah kakao
2. Kotoran sapi
3. Bioaktivator (EM4).

Variabel;

1. Sampel pertama kotoran sapi dan air (1:1)
2. Sampel kedua kulit buah kakao, kotoran sapi dan air (1:0,5:1) + 1% EM4
3. Sampel ketiga kulit buah kakao dan air (1:1) + 1% EM4

b. Alat – Alat yang Digunakan :

- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| 1. Tangki Pencerna / digester | 6. Kran Gas Keluar |
| 2. Pipa Umpan Masuk | 7. Tempat Penampungan Biogas |
| 3. Detektor Gas | 8. Sambungan Y |
| 4. Tempat Penampung Slurry | 9. Selang Gas Keluar |
| 5. Manometer | 10. Selang Pembuangan Air |

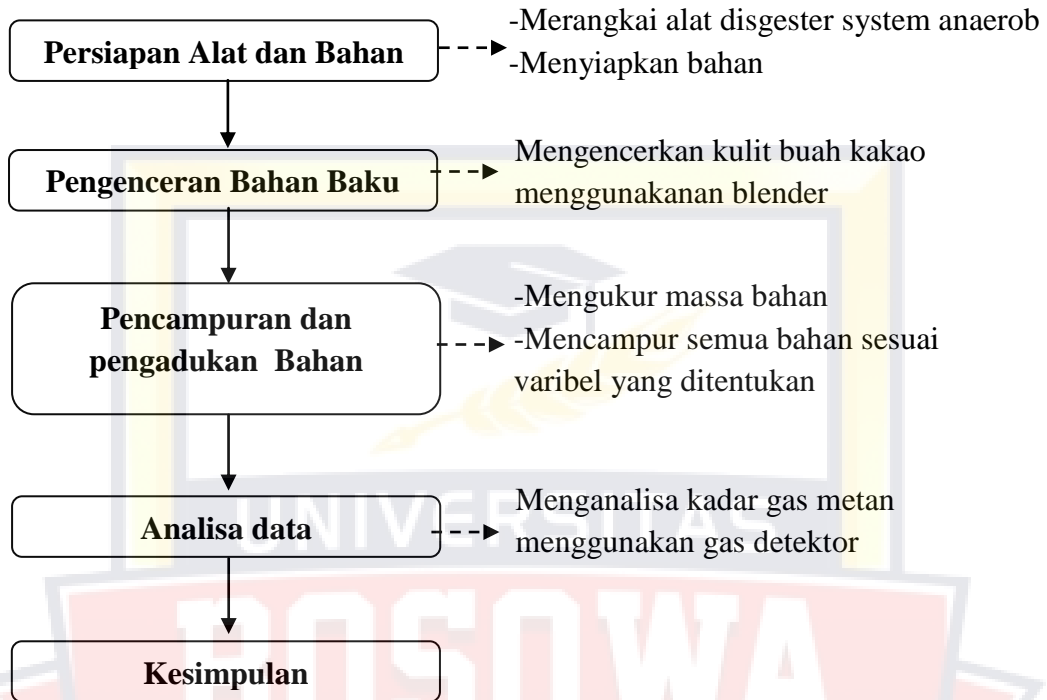


Gambar 4. Susunan Alat Pembuatan Biogas

3.3. Metode Penelitian

1. Bahan baku yang berupa limbah kulit buah kakao dicacah
2. Pengenceran dengan cara di blender dan air sesuai perbandingan yang telah ditetapkan,
3. Pencampuran dan pengadukan rata sampai menjadi bubur dengan menambahkan kotoran sapi dan Bioaktivator (EM4) setelah sesuai variabel yang telah ditetapkan.
4. Campuran bahan baku tersebut selanjutnya dimasukkan ke dalam tangki digester yang telah disediakan sampai proses.
5. Pengamatan volume gas pada tangki digester
6. Pengamatan kadar gas Metana (CH_4) pada alat detektor gas

3.4. Diagram Alir Penelitian



3.5. Waktu Pelaksanaan Penelitian

Tabel 5. Waktu Pelaksanaan Penelitian

No.	Kegiatan	Mei	Juni				Juli				Agustus			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Seminar Proposal	█												
2.	Pembuatan Alat	█	█											
3.	Pengumpulan Bahan Baku		█	█										
4.	Proses Fermentasi sampel 1				█	█								
5.	Proses Fermentasi sampel 2						█	█						
6.	Proses Fermentasi sampel 3								█	█				
7.	Analisa Data										█	█		
8.	Kesimpulan											█	█	
9.	Seminar Hasil											█	█	

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

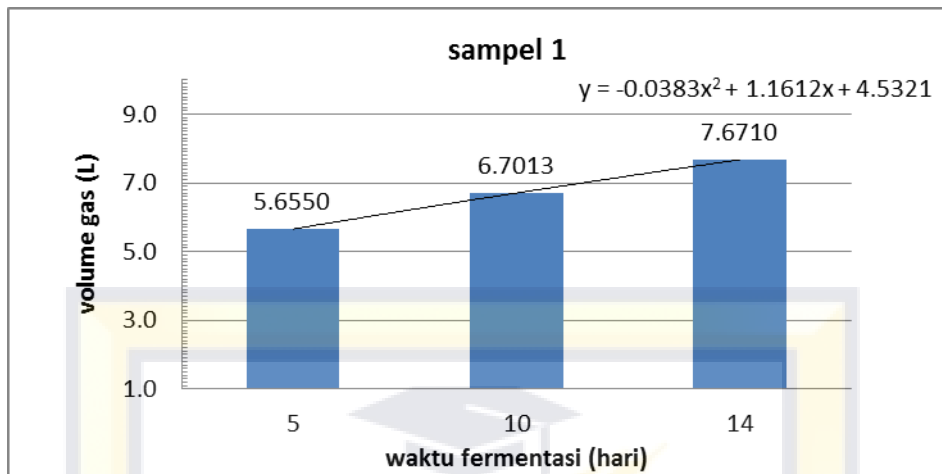
Biogas secara karakteristik fisik merupakan gas. Proses pembentukannya membutuhkan ruangan dalam kondisi kedap atau tertutup agar stabil. Pada prinsipnya, biogas terbentuk melalui beberapa proses yang berlangsung dalam ruang yang anaerob atau tanpa oksigen. Proses pembentukan gas metana terjadi melalui 3 tahap, yakni reaksi hidrolisis, reaksi asidogenik dan reaksi metanogenesis (Wahyuni S. 2013).

4.1.1. Percobaan Variabel Kotoran Sapi dan Air

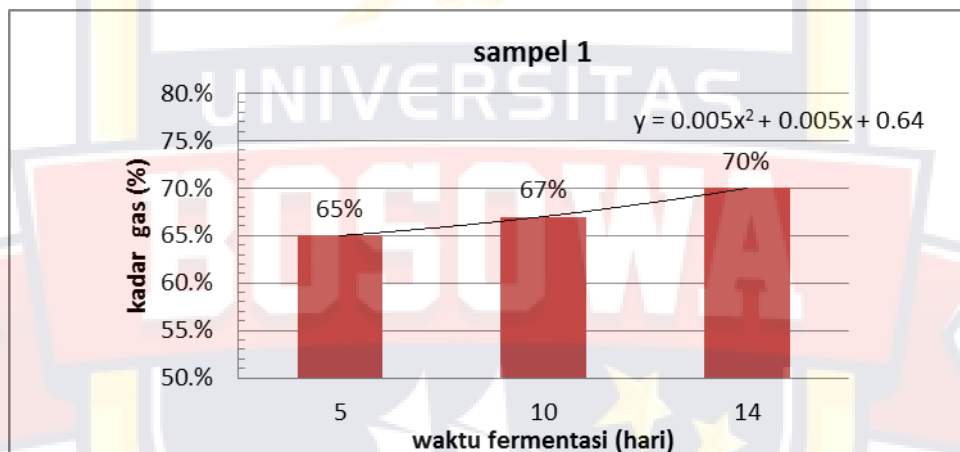
Pada percobaan ini dengan variabel bahan 7 kg kotoran sapi : 7 L air, didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 6. Hasil Percobaan Variabel Kotoran Sapi dan Air

variabel		kadar metana		P (atm)	n (mol)	R (L.atm/K.mol)	T (°K)	volume gas (L)
Sampel	waktu (hari)	ppm	%					
	5	6520	65%	1,285	3	0,082	303,15	5,6550
1	10	6680	67%	1,359	3	0,082	303,267	6,7013
	14	6960	70%	1,435	3	0,082	303,257	7,6710



Gambar 5. diagram volume gas metana (L)



Gambar 6. diagram kadar gas metana (%)

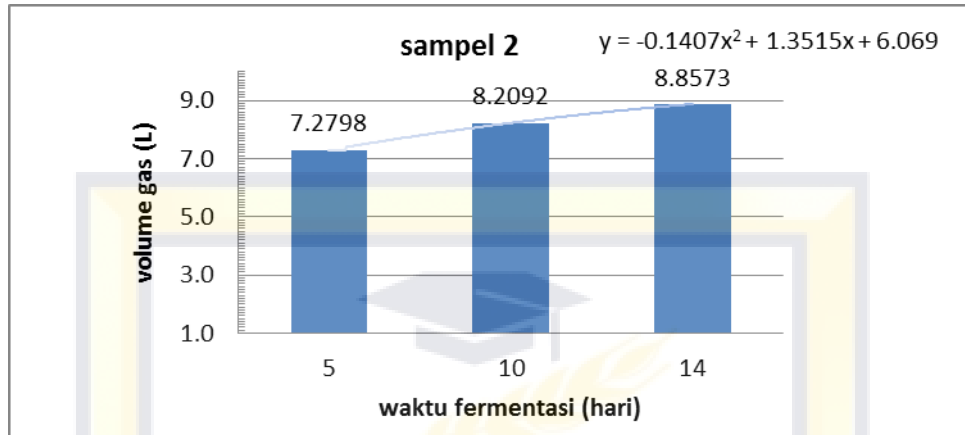
4.1.2. Percobaan Variabel Kulit Kakao, Kotoran Sapi, Air dan 1% EM4

Pada percobaan ini dengan variabel bahan 6 kg kulit buah kakao, 3 kg kotoran sapi : 6 L air, dan penambahan bioaktivator 1,5 mL didapatkan hasil sebagai berikut :

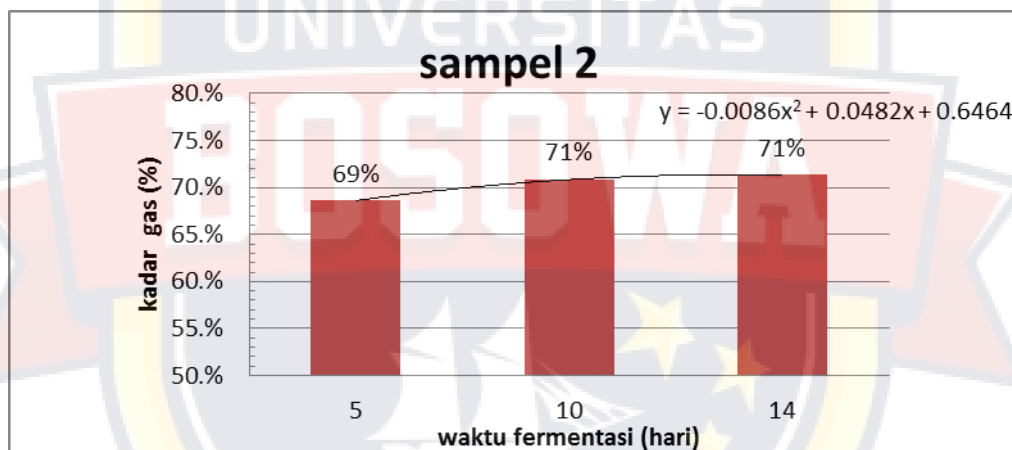
Tabel 7. Hasil Percobaan Variabel Kulit Kakao, Kotoran Sapi, Air dan 1% EM4

variabel		kadar metana		P (atm)	n (mol)	R (L.atm/K.mol)	T (°K)	volume gas (L)
Sampel	Waktu (hari)	ppm	%					
	5	6860	69%	1,291	3	0,082	303,62	7,2798
2	10	7083	71%	1,299	3	0,082	303,667	8,2092

	14	7133	71%	1,301	3	0,082	303,956	8,8573
--	----	------	-----	-------	---	-------	---------	--------



Gambar 7. diagram volume gas metana (L)



Gambar 8. diagram kadar gas metana (%)

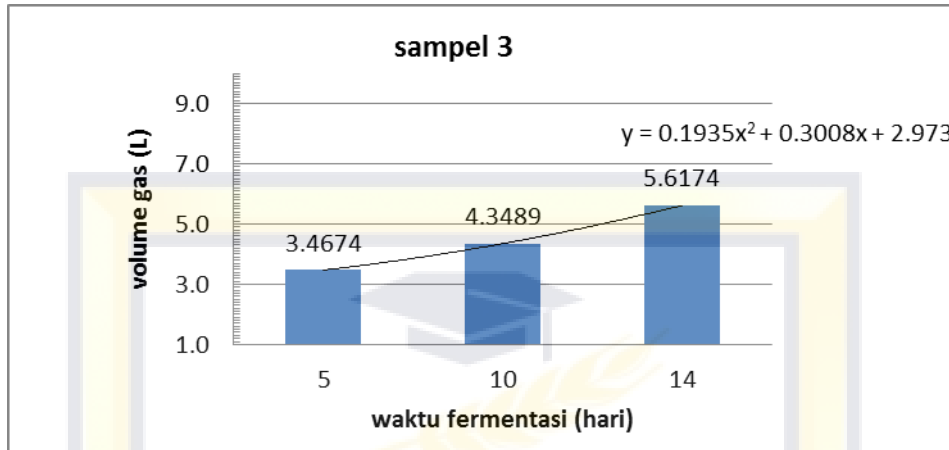
4.1.3. Percobaan Variabel Kulit Kakao, Air dan 5% EM4

Pada percobaan ini dengan variabel bahan 7 kg kulit buah kakao, : 7 L air, dan penambahan bioaktivator 7,5 mL, didapatkan hasil sebagai berikut :

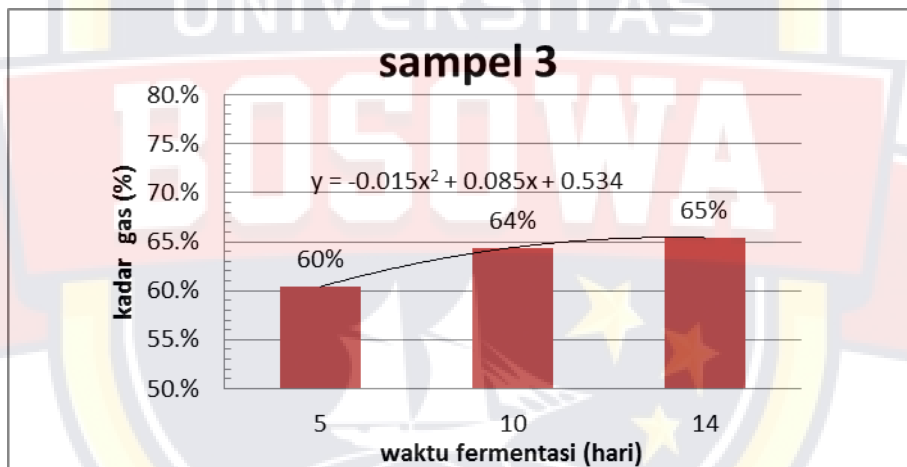
Tabel 8. Hasil Percobaan Variabel Kulit Kakao, Air dan 5% EM4

Variabel		kadar metana		P (atm)	n (mol)	R (L.atm/K.mol)	T (°K)	volume gas (L)
Sampel	Waktu (hari)	ppm	%					
	5	6040	60%	1,274	3	0,082	303,557	3,4674
3	10	6440	64%	1,285	3	0,082	302,967	4,3489

	14	6540	65%	1,289	3	0,082	302,557	5,6174
--	----	------	-----	-------	---	-------	---------	--------



Gambar 9. diagram volume gas metana (L)



Gambar 10. diagram kadar gas metana (%)

4.2. Pembahasan

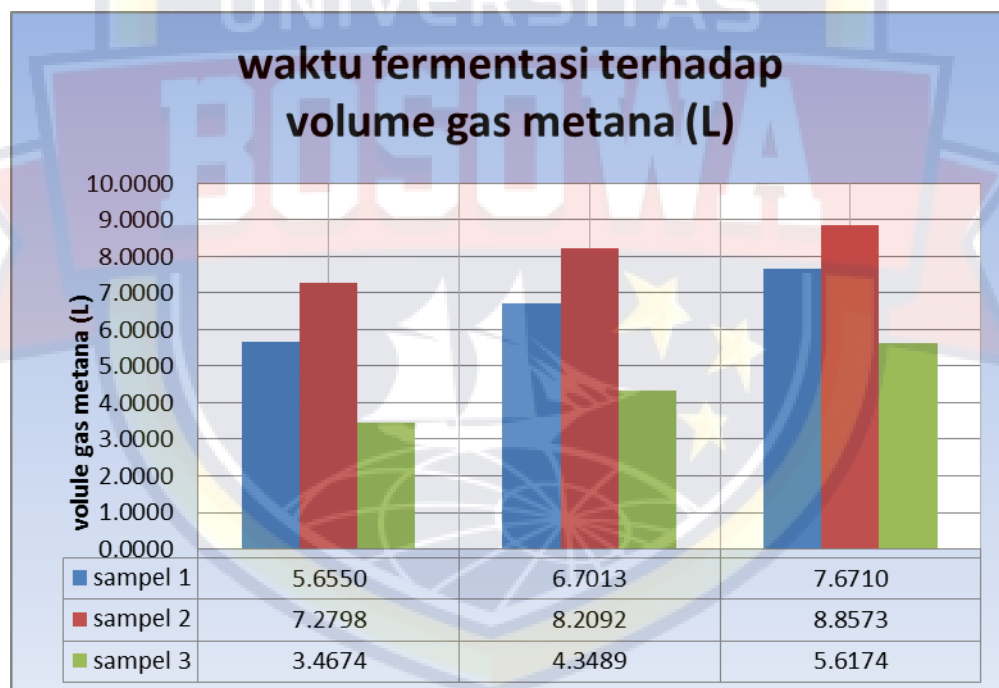
4.2.1 Pengaruh waktu fermentasi terhadap volume gas metana

Pengujian volume gas metana dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi adsorben dan waktu fermentasi yang digunakan terhadap perubahan produktivitas metana yang dihasilkan menggunakan persamaan gas ideal. Dari hasil perhitungan volume gas metana diperoleh hasil seperti diperlihatkan pada Tabel 9. dan gambar 11.

Tabel 9. waktu fermentasi terhadap volume gas metana (L)

variabel	P	N	R	T	volume gas
----------	---	---	---	---	------------

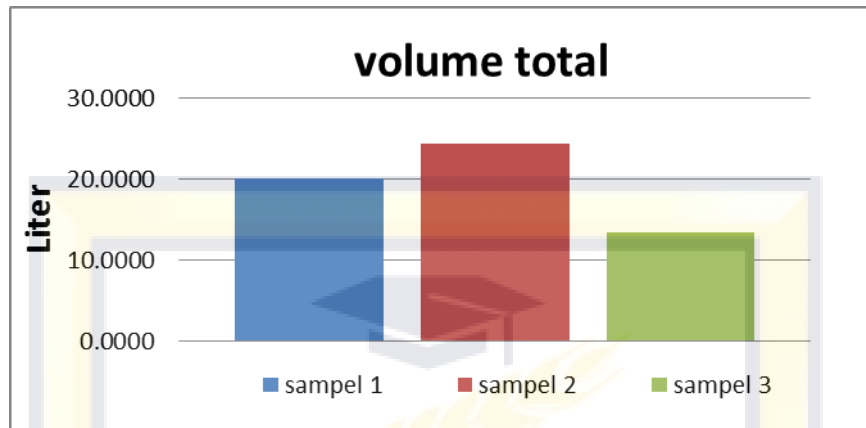
Sampel	Waktu (hari)	(atm)	(mol)	(L.atm/K.mol)	(°K)	(L)
1	5	1,285	3	0,082	303,15	5,6550
	10	1,359	3	0,082	303,267	6,7013
	14	1,435	3	0,082	303,257	7,6710
Total						20,0274
2	5	1,405	3	0,082	303,62	7,2798
	10	1,483	3	0,082	303,667	8,2092
	14	1,544	3	0,082	303,956	8,8573
Total						24,3463
3	5	1,116	3	0,082	303,557	3,4674
	10	1,153	3	0,082	302,967	4,3489
	14	1,2106	3	0,082	302,557	5,6174
Total						13,4337



Gambar 11. waktu fermentasi terhadap volume gas metana (L)

Berdasarkan hasil pada tabel 9. dapat diketahui bahwa variasi absorben dan waktu proses fermentasi anaerob dalam digester sangat mempengaruhi kualitas produksi dari biogas yang dihasilkan dimana produksi biogas dari ketiga bahan isian mulai terbentuk dari hari pertama. Produksi tertinggi dihasilkan oleh sampel

ke 2 dihari ke 14 yaitu mencapai 8,8573 liter dan produksi terkecil adalah sampel ke 3 yaitu hanya mencapai 3,4674 liter dihari ke 5



Gambar 12. volume total gas

Dari gambar 12 di atas, menunjukkan bahan isian sampel 2 dengan komposisi dari kulit buah kakao, kotoran sapi, dan penambahan 1% bioaktivator (EM4) menghasilkan jumlah biogas paling banyak dengan volume biogas rata-rata mencapai 24,3463 liter, kemudian kotoran sapi menghasilkan biogas dengan jumlah rata-rata 20,0274 liter dan kulit buah kakao dan penambahan 5% bioaktivator (EM4) menghasilkan jumlah volume biogas paling sedikit dengan rata-rata mencapai 13,4337 liter.

Perbedaan peningkatan produksi biogas dari masing-masing bahan isian menunjukkan bahwa terjadi proses anaerob yang baik pada masing-masing bahan isian, Perbedaan hasil yang diperoleh dari penelitian ini disebabkan oleh perbedaan sifat fisik bahan isian. Perbedaan jenis dari masing-masing bahan isian mengakibatkan produksi biogas pada masing-masing bahan isian menghasilkan produksi biogas yang berbeda, hal ini menunjukkan bahwa variasi bahan baku sangat mempengaruhi produktifitas bakteri dalam memproduksi biogas. Dari ketiga variasi bahan baku yang digunakan, setiap bahan baku memiliki sifat fisik yang berbeda sehingga mempengaruhi produktifitas bakteri pembentuk biogas dan mempengaruhi volume total biogas yang dihasilkan.

Faktor utama yang mempengaruhi perbedaan volume biogas yang dihasilkan adalah sifat fisik dari bahan isian yang disebabkan oleh kandungan air dan keasaman media (kadar pH) pada masing-masing komposisi. Perbandingan

antara kotoran dan air mengakibatkan kondisi campuran pada masing-masing komposisi mempunyai sifat yang berbeda. Melihat perbedaan sifat fisik dari masing-masing komposisi serta perbedaan hasil produksi biogas yang dihasilkan, menunjukkan bahwa komposisi sangat mempengaruhi produktifitas bakteri dalam memproduksi biogas.

Perbedaan sifat fisik bahan isian mempengaruhi laju penguraian bakteri pada masing-masing komposisi maupun sumber bahan isian digester sehingga laju penguraian bahan tersebut berbeda-beda. Disamping itu, kandungan air yang berbeda-beda mempengaruhi laju penguraian atau produktivitas bakteri dalam komposisi menyebabkan volume biogas yang dihasilkan berbeda. Perbedaan komposisi campuran akan mempengaruhi homogenitas system, pada setiap komposisi mempengaruhi bakteri-bakteri dalam mengurai substrat, sehingga kadar homogenitas tertentu sangat mempengaruhi produktivitas bakteri dalam memproduksi biogas. Hal yang sama diungkapkan oleh (*e-USU*, 2004) bahwa kandungan air dalam substrat dan homogenitas sistem mempengaruhi proses kerja mikroorganismenya, karena kandungan air yang tinggi akan memudahkan proses penguraian, sedangkan homogenitas sistem membuat kontak antar mikroorganismenya dengan substrat menjadi lebih intim yang menyebabkan hasil akhir produksi biogas yang optimal.

Sifat campuran yang disebabkan oleh kandungan air dapat memberikan efek pada laju pembentukan terak atau padatan yang mengering diatas permukaan dan akan menghambat gas metana dibawahnya. Jika kita perhatikan secara kasat mata dari ketiga komposisi, komposisi sampel 2 memiliki campuran yang homogen, pada komposisi ini laju pembentukan terak yang terjadi lebih cepat dibandingkan dengan komposisi yang lain, sehingga dengan terbentuknya terak yang lebih cepat akan berpengaruh pada produksi biogas yang dihasilkan bila dibandingkan dengan komposisi pada sampel 1 yang mempunyai sifat campuran heterogen dengan laju pembentukan terak yang lebih lama. Sebab seperti yang telah dijelaskan diatas bahwa air sangat dibutuhkan oleh mikroorganismenya sebagai media untuk berkembang, tetapi campuran yang mempunyai kandungan air yang terlalu banyak atau terlalu sedikit dapat mengganggu kinerja mikroorganismenya.

Jadi dengan homogenitas sistem membuat kontak antara mikroorganisme dengan substrat yang terjadi pada komposisi sampel 2 lebih intim dari pada kontak yang terjadi pada komposisi sampel 1 sehingga menyebabkan volume biogas yang dihasilkan lebih optimal. Meskipun terak yang timbul akibat homogenitas pada komposisi sampel 2 lebih cepat bila dibandingkan dengan komposisi 1 tetapi hal tersebut masih bisa diimbangi dengan penguraian bakteri yang optimal yang terjadi pada komposisi 2. Berbeda dengan komposisi 1, pada komposisi ini terak yang timbul memang lebih lama bila dibandingkan dengan komposisi 2, tetapi kontak antara mikroorganisme dan substrat yang terjadi pada komposisi tidak terlalu intim, yang disebabkan oleh kandungan air yang dimiliki lebih banyak dari pada bahan padatan sehingga menyebabkan sifat campuran yang heterogen, kontak antara mikroorganisme dan substrat yang tidak terlalu intim menyebabkan penguraian tersebut menjadi terhambat, sehingga mempengaruhi pada volume produksi biogas yang dihasilkan.

Hal tersebut menunjukkan bahwa dengan berkurang atau bertambahnya kandungan air maka kadar pH akan menurun, kadar pH semakin menurun menyebabkan produktivitas biogas juga menurun, menurunnya volume produksi biogas tersebut ditunjukkan oleh data hasil pengamatan yang menunjukkan pada masing-masing komposisi dengan kadar pH yang rendah volume total produksi biogas yang dihasilkan juga rendah yaitu pada komposisi 1 = 20,0274 liter, 2 = 24,3463 liter dan 3 = 13,4337 liter. Disamping itu (*Beni dkk, 2007*) menyatakan kadar pH harus dijaga pada kondisi optimum yaitu antara 7-7,2 hal ini disebabkan apabila pH turun akan menyebabkan pengubah substrat menjadi biogas terhambat sehingga dapat mengakibatkan penurunan volume biogas.

Penambahan bioaktivator (EM4) juga sangat berpengaruh dimana pada proses fermentasi pada sampel 2 dan 3 mengalami peningkatan produktivitas biogas yang signifikan dari hari ke 5 menuju hari ke 10 dibandingkan dengan pada sampel 1 tetapi peningkatan produktivitas itu tidak konsisten pada hari ke 10 menuju hari ke 14 seperti yang dikatakan (*surung, 2008*) EM4 mengandung 90% bakteri *Lactobacillus sp.* (bakteri penghasil asam laktat) pelarut fosfat, bakteri fotosintetik, *Streptomyces sp*, jamur pengurai selulosa dan ragi. EM4 merupakan

suatu tambahan untuk mengoptimalkan pemanfaatan zat-zat makanan karena bakteri yang terdapat dalam EM4 dapat mencerna selulose, pati, gula, protein, lemak (Surung, 2008), Sehingga mempercepat penguraian selulosa

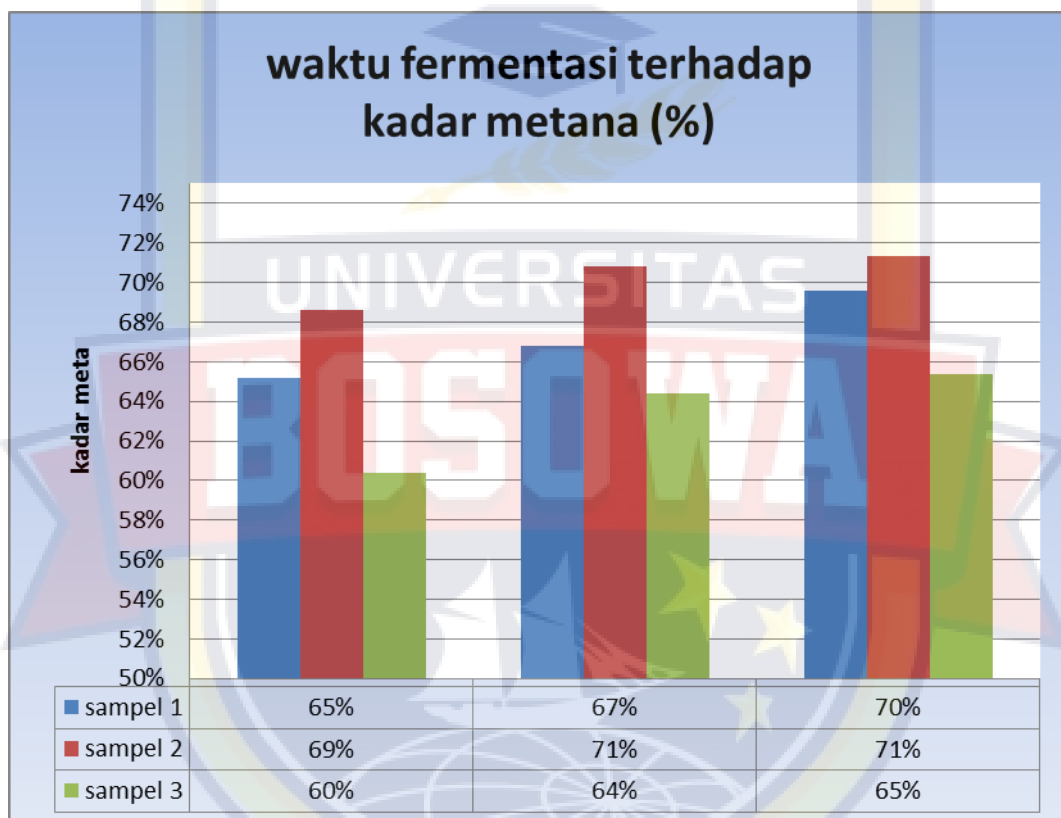
4.2.2 Pengaruh waktu fermentasi terhadap kualitas kadar gas metana

Pengujian kualitas kadar gas metana dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi adsorben dan waktu fermentasi yang digunakan terhadap perubahan kualitas kadar metana menggunakan alat detektor gas. Dari hasil pengamatan gas detektor metana diperoleh hasil seperti diperlihatkan pada Tabel 10. dan gambar 13.

Tabel 10. waktu fermentasi terhadap kadar gas metana

Variabel		kadar metana	
sampel	Waktu (hari)	ppm	%
1	5	6520	65%
	10	6680	67%
	14	6960	70%
2	5	6860	69%
	10	7083	71%
	14	7133	71%
3	5	6040	60%
	10	6440	64%
	14	6540	65%

Dari data tabel 10. tersebut jelas terlihat bahwa adanya perbedaan yang signifikan antara ketiga komposisi sampel dan lama waktu fermentasi yang menunjukkan bahwa komposisi dan waktu sangat berpengaruh terhadap kualitas kadar biogas yang dihasilkan, konsentrasi yang dihasilkan tentunya mengarah kepada faktor-faktor yang mempengaruhi proses pembentukan fermentasi seperti suhu, besarnya pH, total padatan, rasio C/N, lingkungan dan bakteri metanogen yakni bioaktivator (EM4).

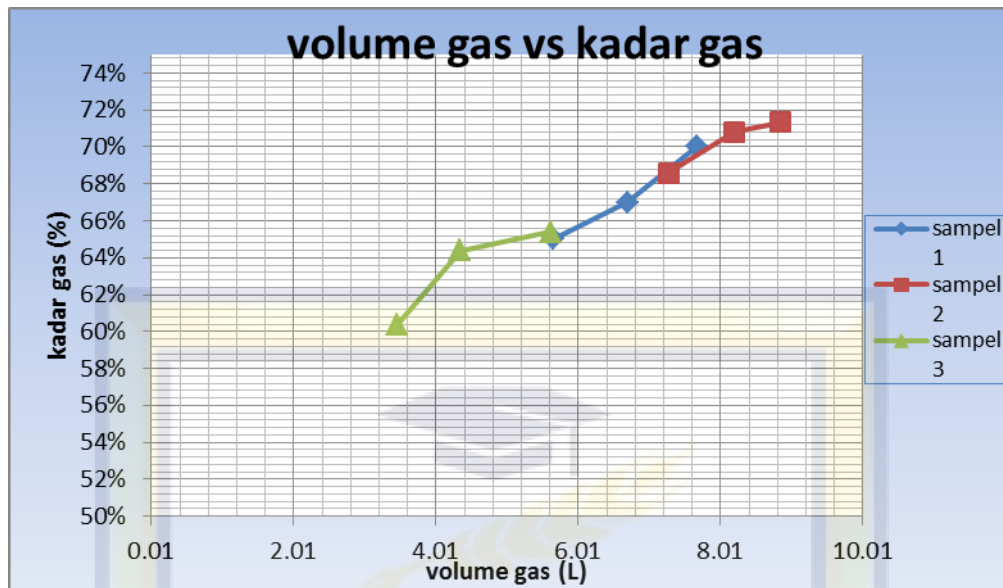


Gambar 13. waktu fermentasi terhadap kadar gas metana (%)

Pada umumnya biogas bukan sebagai gas yang murni, namun merupakan campuran antara metana (CH_4 65%), karbon dioksida (CO_2 30%), hidrogen sulfida (H_2S 1%) dan gas-gas yang lain dalam jumlah yang kecil (*Hadiwiyorto, 1983*). Komposisi biogas bervariasi tergantung proses anaerobik yang terjadi, komposisi bahan isian dapat menghasilkan biogas dengan 55-75% CH_4 . Biogas dapat terbakar apabila mengandung kadar metana minimal 57% yang menghasilkan api biru (*Beni dkk, 2007*).

Faktor-faktor utama yang mempengaruhi kualitas biogas yang dihasilkan adalah kadar pH bahan isian, kadar pH tersebut dipengaruhi kandungan air yang ada dalam bahan isian, semakin tinggi atau semakin rendah kandungan air maka kadar pH akan semakin turun sehingga pH harus dijaga pada kondisi optimum yaitu antara 7-7,2 hal ini disebabkan apabila pH turun akan menyebabkan pengubah substrat menjadi biogas terhambat sehingga dapat mengakibatkan penurunan volume biogas. Nilai pH yang terlalu tinggi harus dihindari karena akan menyebabkan produk akhir yang dihasilkan adalah CO₂ sebagai produk utama (Beni dkk, 2007). Kadar pH lebih tinggi dari 8,5 akan mulai menunjukkan akibat racun pada populasi bakteri metan. Ketika produksi metana dalam kondisi stabil, kisaran nilai pH adalah 7,2 sampai 8,2 (CBRI china, 1989). Pada dekomposisi anaerob faktor pH sangat berperan, karena pada rentang pH yang tidak sesuai menyebabkan mikroba tidak dapat tumbuh dengan maksimum dan bahkan dapat menyebabkan kematian yang pada akhirnya dapat menghambat perolehan gas metana, berdasarkan beberapa percobaan, pH optimum untuk memproduksi metana adalah rentang netral yaitu 6,2 sampai 7,6 (majarimagazine.com).

Dari gambar 13. di atas, menunjukkan bahan isian sampel 2 dengan komposisi dari kulit buah kakao, kotoran sapi, dan penambahan 1% bioaktivator (EM4) menghasilkan kualitas kadar metana paling tinggi dengan yakni 71% di hari ke 10 dan 14, kemudian kotoran sapi menghasilkan kualitas kadar metana paling tinggi 70% dihari ke 14 dan kulit buah kakao dan penambahan 5% bioaktivator (EM4) menghasilkan kualitas kadar metana paling rendah yang hanya sampai di 65%. Namun pada penelitian sebelumnya menyatakan bahwa kualitas kadar gas metana berkisar antara 54% - 74% (Sukma, Rika Widya dan Anny Muljantiningrum. 2011). Sehingga kadar metana ketiga sampel percobaan telah mencapai Standar Nasional Indonesia kadar metana.



Gambar 14. hubungan kadar gas (%), volume gas (L) dan waktu fermentasi

Kadar gas metana yang dihasilkan dari fermentasi selama 14 hari pada sampel pertama berkisar 65% hingga 70% dengan total produktivitas biogas 20,0274 L, sampel kedua berkisar 69% hingga 71% dengan total produktivitas biogas 24,3463 L dan sampel ketiga berkisar 60% hingga 65% dengan total produktivitas biogas 13,4337 L. Hal ini dapat diartikan bahwa komposisi semua sampel harus memiliki perbandingan yang sesuai, dan untuk bakteri pada EM4 memerlukan kondisi maksimum untuk fermentasi sehingga menghasilkan gas metana yang tinggi. Kondisi maksimum ini didapat dari air yang berperan sebagai media tumbuh bakteri.

Jika konsentrasi bahan terlalu pekat, partikel-partikel akan menghambat aliran gas yang terbentuk pada bagian bawah reaktor. Oleh sebab itu, produksi gas akan lebih sedikit. Produksi gas yang belum maksimal ini juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya yaitu, terjadi penumpukan bahan organik berlebihan yang menyebabkan bakteri tidak mampu memecah senyawa organik, sehingga proses perombakan *anaerob* akan terganggu. Selain itu ada juga faktor yang berpengaruh pada perombakan *anaerob*, yaitu pengadukan. Selama penelitian berlangsung, proses pengadukan dilakukan dengan *magnetic stirrer* dan hanya dilakukan di awal sebelum fermentasi. Teknik pengadukan ini kurang efektif karena pada saat fermentasi, kemungkinan terjadi pengendapan bahan sehingga

bahan dan bakteri tidak homogen lagi. Peningkatan produksi metana dipengaruhi oleh pengadukan, karena aktivitas metabolisme dari bakteri pembentukan asetat dan bakteri pembentuk metana membutuhkan jarak yang saling berdekatan. Apabila bahan masukan lebih homogen maka perombakan akan berlangsung lebih sempurna. Jadi, pada produksi biogas diperlukan kondisi yang sesuai agar diperoleh hasil gas metana yang maksimal. Karena jika terlalu pekat, partikel-partikel akan menghambat aliran gas yang terbentuk pada bagian bawah reaktor.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil penelitian, kadar gas metana yang dihasilkan dari fermentasi selama 14 hari dapat digunakan untuk memproduksi biogas dengan kualitas terbaik pada sampel kedua dengan kualitas kadar berkisar 69% hingga 71% dengan total produktivitas biogas 24,3463 L dan terendah pada sampel ketiga dengan kualitas kadar berkisar 60% hingga 65% dengan total produktivitas biogas 13,4337 L.
2. Bakteri pada EM4 memerlukan kondisi maksimum untuk fermentasi sehingga menghasilkan gas metana yang tinggi. Kondisi maksimum ini didapat dari air yang berperan sebagai media tumbuh bakteri sehingga perbandingan air harus diperhatikan.
3. Waktu fermentasi sangat berpengaruh terhadap pembentukan biogas.

5.2. Saran

1. Diharapkan para peneliti memperhatikan suhu ruangan, pH, dan rasio C/N, penambahan air dan bioaktivator EM4, lama pengadukan bahan di dalam bejana
2. Pada kulit buah coklat terdapat beberapa kandungan yang membuat bahan baku menjadi kental sehingga para peneliti harus memproses terlebih dahulu bahan baku yang kental tersebut.
3. Dalam proses penelitian khususnya dilaboratorium dibutuhkan alat yang memadai sehingga penelitian dapat berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaru, K., Michael A., Dian Y. S., Indah K., 2006. *Teknologi Digester Gas Biogas Skala Rumah Tangga*
- Ayub, A. Haryanto, S. Prabawa. 2015. *Produksi Biogas dari Rumput Gajah (Pennisetum Purpureum) Melalui Proses Fermentasi Kering*. Artikel Ilmiah Teknik Pertanian Lampung:
- Billah, Mu'tasim dan Edi Mulyadi. 2009. *Produksi Biogas Sebagai Sumber Energi Generator Listrik dengan Pola Pemurnian Multi-Stage*. Surabaya : UPN "Veteran" Jawa Timur.
- Budianto, Moch. Agus Krisno, DR, M, Kes. 2002. *Mikrobiologi Terapan*. Malang : Universitas Muhammadiyah Malang Press.
- Budiyono, G. Kaerunnisa, I. Rahmawati. 2013. *Pengaruh PH dan Rasio COD:N Terhadap Biogas Dengan Bahan Baku Limbah Industri Alkohol (Ninasse)*. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri.
- Deshmukh, A. 2015. *Assessment of Biogas Generation Potential of Napier Grass*. *Proceeding International Conference on Emerging Trends in Engineering & Technology*.
- Deublein, D., and A. Steinhauser. 2008. *Biogas from Waste and Renewable Resource*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA.
- Efan, N.A. 2014. *Produksi Biogas Melalui Proses Dry Fermentation Menggunakan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit*. Skripsi. Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
- Fessenden, Ralp J. And J. S. Fessenden. 1989. *Kimia Organik Jilid 1, Edisi Ke-3*. Jakarta :Erlangga.
- Gerardi, M.H. 2003. *The Microbiology of Anaerobic Digesters*.
- Insani, Metri Dian. 2013. *Degradasi Anaerob Sampah Organik dengan Bioaktivator Effective Microorganism-4 (EM-4) untuk Menghasilkan Biogas*. Jurnal Pendidikan Sains, Volume 1, Nomor 3, September 2013, Halaman 298-306.

- Janejadkarn, A., and O. Chavalparit. 2014. *Biogas Production from Napier Grass (Pak Chong 1) (Pennisetum purpureum × Pennisetum americanum)*. *Advanced Materials Research*. Vol 856 : 327 – 332.
- Kuntari. 2004. *Korelasi Pembentukan Biogas terhadap Reduksi Kotoran Sapi Rumah Potong Hewan Kedurus dengan Proses Anaerobik*. Laporan Tugas Akhir jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-UPN “Veteran” Surabaya.
- L., Widarto dan Sudarto. 1997. *Membuat Biogas*. Penerbit Kanisius. pp. 10.
- Mariana, Tri. 2005. *Ekstraksi Pectin dari Kulit Buah Kakao*. Surabaya : UPN “Veteran” Jawa Timur.
- Minifie, B.W. 1970. *Chocolate, Cocoa and Confectioninery* The Avi Publishing Company, Westport, Connecticut.
- Mohammad Istnaeny. 2007. *Pemanfaatan Limbah Organik sebagai Bahan Baku Pembuatan Biogas*. Malang : Institut Teknologi Nasional.
- Mohammad, R., F. Soeroso, S. Pradana, Akbar, Sudarno, dan I.W. Wardhana. 2016. *Pengaruh Pengenceran dan Pengadukan Terhadap Produksi Biogas pada Aneorobic Digestion dengan Menggunakan Ekstrak Rumen Sapi Sebagai Starter dan Limbah Dapur Sebagai Substrat*. *Jurnal PRESIPITASI*.
- M. Sabran, H. Sutikno, A Supriyo, S. Raihan, dan S. Abdussamad (Ed.). *Prosiding Seminar Teknologi Sistem Usahatani Lahan Rawa dan Lahan Kering*. Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa, Banjarbaru.
- Ni'mah, L. 2014. *Biogas from Solid Waste of Tofu Production and Cow Manure Mixture : Composition Effect*. *Chemica*. Vol 1(1) : 1 – 9.
- Noor, A., A. Jumberi, dan R.D. Ningsih. 1996. *Peranan pupuk organik dalam meningkatkan hasil padi gogo di lahan kering*. hlm. 575-586.
- Novel, dkk. 1983. “ *Pembuatan Biogas dari Kotoran Sapi*” . Laporan Tugas Akhir, Jurusan Teknik Kimia, FTK-UPN “Veteran” Surabaya.
- Perry, R. H. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7th Edition*. New York : Mc Graw Hill Companies Inc. pp. Tabel 2-1 dan 2-2
- Price, E. C and Cheremisinoff, P. N. 1981. *Biogas Production and Utilization*. United States of America : Ann Arbor Science Publishers, Inc.

- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao. 2004. *Panduan Lengkap Budidaya Kakao*. Jakarta : Agromedia Pustaka.
- Rachmat, Alif Yeni. 2005. *Pembuatan Asam Oksalat dari Kulit Buah Kakao*. Surabaya : UPN “Veteran” Jatim.
- Rekha, B.N., A.B. Pandit. 2013. Performance Enhancement of Batch Anaerobic Digestion of Napier Grass by Alkali Pre-Treatment. *International Journal of ChemTech Research*. Vol 5 (2) : 558 – 564.
- Sardjoko. 1991. *Bioteknologi Latar Belakang dan Beberapa Penerapannya*. PT. Gramedia Pustaka Utama : Jakarta.
- Sawasdee, V. 2014. Feasibility of Biogas Production from Nepier Grass. *Energi Procedia*. (61) : 1229 – 1233.
- Siregar, Tumpal H.S. dkk. 2009. *Pembudidayaan, Pengolahan, dan Pemasaran Kakao*. Penebar Swadaya : Jakarta.
- Sukmana, Rika Widya, S.P., M.Pd. dan Anny Muljatiningrum, S.Pd., M.Pd. 2011. *Biogas dari Limbah Ternak*. Bandung : Penerbit Nuansa.
- Wahyuni, S. 2013. *Biogas Energi Alternatif Pengganti BBM, Gas, dan Listrik*. PT. Agro Media Pustaka. Jakarta Selatan.
- Wahyuni, S. 2015. *Panduan Praktis Biogas*. Penebar Swadaya. Jakarta Timur.

LAMPIRAN PERHITUNGAN

A. Perhitungan volume

Perhitungan volume biogas yang dihasilkan memakai persamaan gas ideal

$$P V = n R T$$

Dengan :

- P = tekanan gas (atm)
V = volume ruang gas (L)
n = mol gas CH₄
R = tetapan gas (0.0821 L.atm/K.mol)
T = suhu (°K)

1. Sampel pertama : (variabel bahan 7 kg kotoran sapi : 7 L air)

- Untuk hari ke 5:

- P = 1,285 atm
n = 3 g
R = 0,0821 L.atm/K.mol
T = 303.15

$$V = \frac{n R T}{P}$$
$$= \frac{3 \text{ g} \times 0,0821 \frac{\text{L.atm}}{\text{K.mol}} \times 303,15 \text{ } ^\circ\text{K}}{3 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 1,285 \text{ atm}}$$

$$= 19,3449 \text{ L}$$

= volume digester – volume ruang gas

$$= 25 \text{ L} - 19,3449 \text{ L}$$

$$= 5,6550 \text{ L}$$

- Untuk hari ke 10:

- P = 1,359 atm
n = 3 g

$$R = 0,0821 \text{ L.atm/K.mol}$$

$$T = 303,27 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{3 \text{ g} \times 0,0821 \frac{\text{L.atm}}{\text{K.mol}} \times 303,27 \text{ }^\circ\text{K}}{3 \frac{\text{mol}}{\text{mol}} \times 1,285 \text{ atm}}$$

$$= 18,2986 \text{ L}$$

= volume digester – volume ruang gas

$$= 25 \text{ L} - 18,2986 \text{ L}$$

$$= 6,7013 \text{ L}$$

- Untuk hari ke 14:

$$P = 1,435 \text{ atm}$$

$$n = 3 \text{ g}$$

$$R = 0,0821 \text{ L.atm/K.mol}$$

$$T = 303,26 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{3 \text{ g} \times 0,0821 \frac{\text{L.atm}}{\text{K.mol}} \times 303,26 \text{ }^\circ\text{K}}{3 \frac{\text{mol}}{\text{mol}} \times 1,435 \text{ atm}}$$

$$= 17,3289 \text{ L}$$

= volume digester – volume ruang gas

$$= 25 \text{ L} - 17,3289 \text{ L}$$

$$= 7,6710 \text{ L}$$

$$\text{Total volume} = 5,6550 \text{ L} + 6,7013 \text{ L} + 7,6710 \text{ L}$$

$$= 20,0274 \text{ L}$$

2. Sampel kedua : (Variabel Kulit Kakao, Kotoran Sapi, Air dan 1% EM4)

- Untuk hari ke 5:

$$P = 1,291 \text{ atm}$$

$$n = 3 \text{ g}$$

$$R = 0,0821 \text{ L.atm/K.mol}$$

$$T = 303,62 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{3 \text{ g} \times 0,0821 \frac{\text{L}\cdot\text{atm}}{\text{K}\cdot\text{mol}} \times 303,62 \text{ }^\circ\text{K}}{3 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 1,291 \text{ atm}}$$

$$= 17,7201 \text{ L}$$

= volume digester – volume ruang gas

$$= 25 \text{ L} - 17,7201 \text{ L}$$

$$= 7,2798 \text{ L}$$

- Untuk hari ke 10:

$$P = 1,299 \text{ atm}$$

$$n = 3 \text{ g}$$

$$R = 0,0821 \text{ L}\cdot\text{atm}/\text{K}\cdot\text{mol}$$

$$T = 303,667 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{3 \text{ g} \times 0,0821 \frac{\text{L}\cdot\text{atm}}{\text{K}\cdot\text{mol}} \times 303,667 \text{ }^\circ\text{K}}{3 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 1,299 \text{ atm}}$$

$$= 16,7907 \text{ L}$$

= volume digester – volume ruang gas

$$= 25 \text{ L} - 16,7907 \text{ L}$$

$$= 8,2092 \text{ L}$$

- Untuk hari ke 14:

$$P = 1,301 \text{ atm}$$

$$n = 3 \text{ g}$$

$$R = 0,0821 \text{ L}\cdot\text{atm}/\text{K}\cdot\text{mol}$$

$$T = 303,956 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{3 \text{ g} \times 0,0821 \frac{\text{L}\cdot\text{atm}}{\text{K}\cdot\text{mol}} \times 303,956 \text{ }^\circ\text{K}}{3 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 1,301 \text{ atm}}$$

$$= 16,1427 \text{ L}$$

= volume digester – volume ruang gas

$$= 25 \text{ L} - 16,1427 \text{ L}$$

$$= 8,8573 \text{ L}$$

$$\text{Total volume} = 7,2798 \text{ L} + 8,2092 \text{ L} + 8,8573 \text{ L}$$

$$= 24,3463 \text{ L}$$

3. Sampel kedua : (Variabel Kulit Kakao, Air dan 5% EM4)

- Untuk hari ke 5:

$$P = 1,274 \text{ atm}$$

$$n = 3 \text{ g}$$

$$R = 0,0821 \text{ L.atm/K.mol}$$

$$T = 303,557 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$V = \frac{n R T}{P}$$

$$= \frac{3 \text{ g} \times 0,0821 \frac{\text{L.atm}}{\text{K.mol}} \times 303,557 \text{ }^\circ\text{K}}{3 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 1,274 \text{ atm}}$$

$$= 21,5326 \text{ L}$$

$$= \text{volume digester} - \text{volume ruang gas}$$

$$= 25 \text{ L} - 21,5326 \text{ L}$$

$$= 3,4674 \text{ L}$$

- Untuk hari ke 10:

$$P = 1,285 \text{ atm}$$

$$n = 3 \text{ g}$$

$$R = 0,0821 \text{ L.atm/K.mol}$$

$$T = 302,967 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$V = \frac{n R T}{P}$$

$$= \frac{3 \text{ g} \times 0,0821 \frac{\text{L.atm}}{\text{K.mol}} \times 302,967 \text{ }^\circ\text{K}}{3 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 1,285 \text{ atm}}$$

$$= 20,6511 \text{ L}$$

$$= \text{volume digester} - \text{volume ruang gas}$$

$$= 25 \text{ L} - 20,6511 \text{ L}$$

$$= 4,3489 \text{ L}$$

- Untuk hari ke 14:

$$P = 1,289 \text{ atm}$$

$$n = 3 \text{ g}$$

$$R = 0,0821 \text{ L.atm/K.mol}$$

$$T = 303,557 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{3 \text{ g} \times 0,0821 \frac{\text{L.atm}}{\text{K.mol}} \times 302,557 \text{ }^\circ\text{K}}{3 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 1,289 \text{ atm}}$$

$$= 21,5326 \text{ L}$$

= volume digester – volume ruang gas

$$= 25 \text{ L} - 21,5326 \text{ L}$$

$$= 5,6174 \text{ L}$$

$$\text{Total volume} = 3,4674 \text{ L} + 4,3489 \text{ L} + 5,6174 \text{ L}$$

$$= 13,4337 \text{ L}$$

BOSOWA

LAMPIRAN DOKUMENTASI PENELITIAN



Gambar 15. digester biogas



Gambar 16. bioaktivator EM4



Gambar 17. timbangan dan blender



Gambar 18 Coalfield Gas alam detektor gas metana



Gambar 19. buah kakao



Gambar 20. bahan baku kulit buah kakao



Gambar 21. kulit buah kakao yang telah dicacah



Gambar 22. Pengenceran kulit buah kakao memakai blender dan penambahan air sesuai variabel yang telah ditimbang



Gambar 23. kulit buah kakao yang telah diencerkan



Gambar 24. Penambahan EM4 pada bahan



Gambar 25. starter hasil fermentasi



Gambar 26. deteksi kualitas kadar metana