

**PENGARUH LAJU PEMBEBANAN DAN PENAMBAHAN UREA
TERHADAP PRODUKSI BIOGAS DARI CAMPURAN KOTORAN SAPI
DENGAN RUMPUT GAJAH (*Pennisetum Purpureum*) PADA DIGESTER
TIPE SEMI KONTINYU**

(Skripsi)

Oleh:

PRASETYA ADY CANDRA



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

ABSTRAK

PENGARUH LAJU PEMBEBANAN DAN PENAMBAHAN UREA TERHADAP PRODUKSI BIOGAS DARI CAMPURAN KOTORAN SAPI DENGAN RUMPUT GAJAH (*Pennisetum purpureum*) PADA DIGESTER TIPE SEMI KONTINYU

Oleh

PRASETYA ADY CANDRA

Rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) merupakan salah satu bahan baku yang potensial untuk pembuatan biogas, salah satu sumber energi terbarukan yang perlu dikembangkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh laju pembebanan dan penambahan urea terhadap produksi dan kualitas biogas dari campuran kotoran sapi dengan rumput gajah pada digester sistem semi kontinyu. Penelitian dilakukan menggunakan digester semi kontinyu dengan volume 25 liter. Substrat yang digunakan adalah campuran kotoran sapi dan rumput gajah yang diencerkan dengan air pada perbandingan berat 1:1. Penelitian menggunakan empat perlakuan yaitu P1 (laju pembebanan 0,62 liter/hari), P2 (laju pembebanan 1,25 liter/hari), P3 (laju pembebanan 0,62 liter/hari dengan penambahan Urea 1,24g), dan P4 (laju pembebanan 1,25 liter/hari dengan penambahan Urea 2,5g). Pengamatan dilakukan terhadap kadar air, *total solid* (TS), *volatile solids* (VS), rasio C/N, volume biogas, produktivitas biogas dan kualitas biogas.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa rasio C/N berada pada kisaran yang baik untuk proses biogas, yaitu 28,69 pada P1 dan P2 dan 21,03 untuk P3 dan P4 dengan *total solid* (TS) awal hampir sama untuk semua perlakuan, yaitu 11,4%, 11,4%, 13,4% dan 13,7%, berturut-turut untuk P1, P2, P3 dan P4. Kandungan TS akhir adalah 10,3%, 10,1%, 10,1% dan 10,2% untuk P1, P2, P3 dan P4. Pengamatan terhadap rata-rata pH digester pada perlakuan P1 sama dengan P2 yaitu 6,3 dan P3 sama dengan P4 sebesar 6,6 dengan suhu mendekati suhu lingkungan. Produksi biogas harian secara berurutan (dari yang tertinggi) adalah P3=2,68 liter/hari, P4=2,37 liter/hari, P2=1,16 liter/hari dan P1= 1,11 liter/hari. Produktivitas biogas dari yang terbesar secara berurutan adalah P3 = 38,10, P1 = 18,58, P4 = 16,54 dan P2 = 9,78 liter/kgVS isian. Produktivitas metana secara berurutan adalah P3 = 6,77, P4 = 3,70, P1 = 1,90 dan P2 = 0,79 liter/kgVS isian.

KATA KUNCI : Biogas, metane, rumput gajah, kotoran sapi, semi kontinyu.

ABSTRACT

THE EFFECT OF LOADING RATE AND UREA ADDITION FOR BIOGAS PRODUCTION FROM MIXTURE OF COW DUNG AND ELEPHANT GRASS (*Pennisetum purpureum*) IN SEMI-CONTINUOUS DIGESTER

By

PRASETYA ADY CANDRA

Elephant grass (*Pennisetum purpureum*) is one of the potential raw material for the manufacture of biogas, a renewable energy source that needs to be developed. The purpose of this study was to determine the effect of loading rate and the addition of urea on the yield and quality of the biogas from mixture of cow dung with elephant grass in semi-continuous digester system.

The study was conducted using a semi-continuous digester with a volume of 25 liters. The substrate was a mixture of cow dung and grass that is diluted with water at a weight ratio of 1: 1. The study used four treatments namely P1 (loading rate of 0.62 liter/day), P2 (loading rate of 1.25 liter/day), P3 (loading rate of 0.62 liters/day with the addition of Urea 1,24g) and P4 (loading rate of 1.25 liters/day with the addition of Urea 2.5g). Observations were made on water content, total solids (TS), volatile solids (VS), C/N ratio, the volume of biogas production, biogas productivity and quality of biogas.

The results showed that the C/N ratio of the substrate was in the good range for the biogas process, namely 28.69 for P1 and P2 and 21.03 for P3 and P4 with an initial total solids (TS) almost the same for all treatments, namely 11.4%, 11.4%, 13.4% and 13.7%, respectively for P1, P2, P3 and P4. The content of the final TS was almost same for all treatments, namely 10.3%, 10.1%, 10.1% and 10.2% for P1, P2, P3 and P4. Observation of the average pH of the digester at treatment P1 is equal to P2 and P3 equals 6.3 P4 6.6 with a temperature close to the ambient temperature. The highest of biogas production was P3 = 2.68liter/day, followed by P4 = 2.37 liter/day, P2 = 1.16 liter/day and P1 = 1.11 liter/day. Biogas yield in a sequence (from the largest) was P3 = 38.10 , P1 = 18.58, P4 and P2 = 16.54 = 9.78 liters/kgVS added with methane yield respectively 6.77 (P3), 3.70 (P4), 1.90 (P1), and 0.79 liter/kgVS added (P2).

KEYWORDS : Biogas, methane, elephant grass, cow dung, semi continue.

**PENGARUH LAJU PEMBEBANAN DAN PENAMBAHAN UREA
TERHADAP PRODUKSI BIOGAS DARI CAMPURAN KOTORAN SAPI
DENGAN RUMPUT GAJAH (*Pennisetum Purpureum*) PADA DIGESTER
TIPE SEMI KONTINYU**

Oleh

PRASETYA ADY CANDRA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

Pada

**Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

Judul Skripsi

**: PENGARUH LAJU PEMBEBANAN DAN
PENAMBAHAN UREA TERHADAP
PRODUKSI BIOGAS DARI CAMPURAN
KOTORAN SAPI DENGAN RUMPUT
GAJAH (*Pennisetum Purpureum*) PADA
DIGESTER TIPE SEMI KONTINYU**

Nama Mahasiswa

: Prasetya Ady Candra

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1214071060

Jurusan

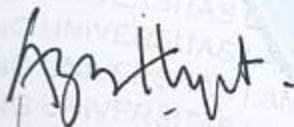
: Teknik Pertanian

Fakultas

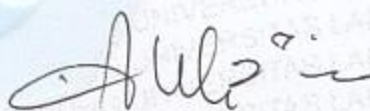
: Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

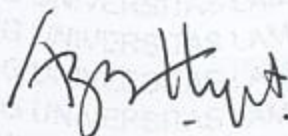


Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.
NIP 19650527 199303 1 002



Dr. Siti Suharyatun, S.TP., M.Si.
NIP 19700703 199802 2 001

2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian



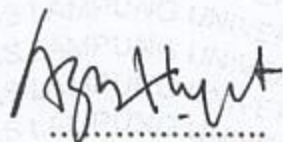
Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.
NIP 19650527 199303 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

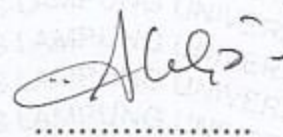
Ketua

: **Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.**



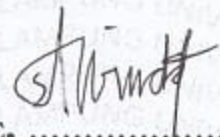
Sekretaris

: **Dr. Siti Suharyatun, S.TP., M.Si.**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Winda Rahmawati, S.TP., M.Si., M.Sc.**

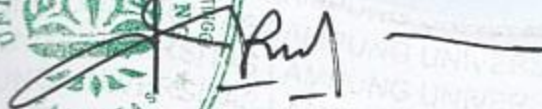


2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIP 19611020 198603 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **14 Februari 2017**

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah Prasetya Ady Candra NPM 1214071060. Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) **Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.** dan 2) **Dr. Siti Suharyatun, S.T.P., M.Si.** berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain. Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 28 Februari 2017
Yang membuat pernyataan



Prasetya Ady Candra
NPM. 1214071060

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Lubuklinggau pada tanggal 15 September 1994, sebagai anak kedua dari pasangan Bapak Data Susila, S.Pd. dan Ibu Mujiyati. Penulis menempuh pendidikan di SD Negeri 2 Desa Bangun Jaya pada tahun 2000 sampai dengan tahun 2006.

Penulis menyelesaikan pendidikan menengah

pertama di SMP Xaverius Lubuklinggau pada tahun 2009 dan sekolah menengah atas diselesaikan di SMA Xaverius Lubuklinggau pada tahun 2012.

Pada tahun 2012, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN. Penulis bergabung dalam organisasi tingkat jurusan yaitu Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP). Penulis menjabat sebagai anggota bidang Dana dan Usaha (Danus) pada periode 2013 – 2014 dan menjabat sebagai ketua bidang Danus pada periode 2014 – 2015.

Pada tahun 2015, penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Agrowisata Buah Naga CV. Kusumo Wanadri, Kulon Progo, Yogyakarta dengan judul “Mempelajari Budidaya Buah Naga Di CV. Kusumo Wanadri Kulon Progo Yogyakarta”. PU dilaksanakan selama 30 hari dimulai tanggal 29 Juli 2015

sampai tanggal 29 Agustus 2015. Pada 2016 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sukananti, Kecamatan Waytenong, Kabupaten Lampung Barat selama 60 hari mulai tanggal 18 Januari 2016 sampai dengan 17 Maret 2016.

Penulis bergabung dalam Persekutuan Oikumene Mahasiswa Kristen Pertanian (POMPERTA). Pomperta adalah wadah perkumpulan dan pelayanan mahasiswa kristen di Fakultas Pertanian. Penulis masuk ke dalam jajaran kepengurusan sebagai anggota bidang III (Kelompok Kecil) pada tahun 2013, dan anggota Bidang II (Doa dan Pemerhati) pada tahun 2014.

Penulis juga aktif dalam sebuah klub olahraga sepatu roda atau *inline skate* (Banana Rolling Team Lampung). Pada tahun 2016 penulis mengikuti program sertifikasi pelatih *inline skate* atau ICP (Inline Certification Program) di Tangerang Selatan selama 2 hari pada tanggal 1 dan 2 Oktober. Dari program ICP penulis mendapatkan sertifikat pelatih resmi *inline skate*.

Ucapan Terima kasih

Penelitian Ini Didanai dari Penelitian Skim STRANAS

Atas Nama Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.

Nomor Kontrak 419/UN26/8/LPPM/2016, 6 Juni 2016

SYUKUR KEPADA TUHAN YESUS

ku persembahkan karya terbaikku ini untuk

Kedua orangtuaku tercinta

Bapak Data Susila, S.Pd.

Ibu Mujiyati

Kakak dan adikku tersayang

Pratama Ady Setiawan

Jesís Sílvano

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yesus Kristus karena atas berkat dan kasih-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “**PENGARUH LAJU PEMBEBANAN DAN PENAMBAHAN UREA TERHADAP PRODUKSI BIOGAS DARI CAMPURAN KOTORAN SAPI DENGAN RUMPUT GAJAH (*Pennisetum Purpureum*) PADA DIGESTER TIPE SEMI KONTINYU**” sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian. Penulis menyadari bahwa terselesaikannya kuliah dan penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Utama yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing, memotivasi, dan memberikan saran dalam proses penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Ir. Siti Suharyatun, S.T.P., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan saran dan masukan terbaiknya dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Ibu Winda Rahmawati, S.T.P., M.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan banyak masukan, bimbingan dan saran.

4. Ibu Dwi Dian Novita, S.T.P., M.Si., selaku dosen Pembimbing Akademik yang senantiasa membimbing dengan bijaksana, memberikan dukungan, pengarahan, nasihat dan saran-saran terbaik dari awal menjadi mahasiswa sampai dengan terselesaikannya pendidikan sarjana strata satu.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
6. Kedua orang tua, kakak dan adik yang sangat saya cintai. Bapak Data Susila, S.Pd., Ibu Mujiyati, Kakakku Pratama Ady Setiawan dan Adikku Jesis Silvano yang senantiasa mendengarkan keluh kesahku, memberikan dukungan, motivasi, dan doa.
7. Sahabat–sahabat terbaikku yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian khususnya Teknik Pertanian 2012.
8. Keluarga Teknik Pertanian Universitas Lampung.

Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang ikut berkontribusi dalam penelitian yang telah dilakukan yang tidak dapat disebut satu persatu. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Bandar Lampung, 28 Februari 2017
Penulis

Prasetya Ady Candra

DAFTAR ISI

	Halaman
SANWACANA	i
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Keadaan Energi Fosil Indonesia	5
2.2. Energi Alternatif Terbarukan.....	6
2.3. Biogas	8
2.4. Bakteri Metanogenik	11
2.5. Gas Metana	11
2.6. Limbah Kotoran Sapi	12
2.7. Rumput Gajah (<i>Pennisetum Purpureum</i>)	14
2.8. Faktor-Faktor Penting Dalam Produksi Biogas.....	15
2.8.1. Temperatur.....	15
2.8.2. pH.....	16
2.8.3. Rasio C-N	16
2.8.4. Laju Pembebanan atau <i>Loading Rate</i>	17
2.8.5. Jenis Substrat	17
III. METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1. Waktu dan Tempat.....	19

3.2. Alat dan Bahan	19
3.3. Metode Penelitian	19
3.4. Prosedur Penelitian	20
3.4.1. Persiapan Digester	22
3.4.2. Persiapan Bahan.....	23
3.4.3. Pengisian Substrat Awal dan Perlakuan	25
3.5. Parameter Pengamatan	25
3.5.1. Pengukuran Kadar Air, TS dan VS.....	26
3.5.2. Pengukuran pH dan Temperatur	27
3.5.3. Pengukuran Volume Biogas	27
3.5.4. Pengukuran Produktivitas Biogas.....	27
3.5.5. Kualitas Biogas	28
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1. Karakteristik Substrat	29
4.1.1. Analisis Rasio C/N.....	29
4.1.2. Analisis Bahan Organik	31
4.2. Derajat Keasaman atau pH	32
4.3. Temperatur.....	34
4.4. Produksi Gas Harian dan Kumulatif.....	36
4.5. Produktivitas Biogas.....	41
4.6. Kualitas Biogas.....	44
4.7. Produktivitas Metana	48
V. KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1. Kesimpulan	53
5.2. Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel	teks	Halaman
1.	Produksi Biogas Dari Berbagai Macam Substrat.....	18
2.	Variasi Loading Rate.....	20
3.	Rasio C-N Masing-Masing Perlakuan	29
4.	Perbandingan KA, TS dan VS Awal dan Akhir.....	31
5.	Produktivitas Biogas	41
6.	Tabel Perbandingan Produktivitas Biogas	43
7.	Komposisi Biogas	45
8.	Produktivitas Metana	48
9.	Perbandingan Produktivitas Metana	50
10.	Nilai Energi Biogas	52
Lampiran		
11.	Temperatur Harian	58
12.	Rata-rata pH Harian Digester.....	59
13.	Volume Biogas Harian.....	60
14.	Volume Biogas Kumulatif	61
15.	Kadar Air (KA) Digester.....	62
16.	Total Padatan (TS) Digester.....	62
17.	Volatil Solid (VS) Digester.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar	teks	Halaman
1.	Diagram Alir Proses Fermentasi Anaerobik (Jagadabhi, 2013).....	9
2.	Diagram Alir Proses Pembentukan Biogas.....	21
3.	Reaktor Biogas	22
4.	Rumput Sebelum dan Sesudah Dicacah.....	23
5.	Rata-rata pH	32
6.	Nilai pH Harian	33
7.	Perbandingan Rata-rata Temperatur Digester dan Lingkungan.....	35
8.	Grafik Temperatur Harian.....	35
9.	Grafik Volume Biogas Harian Dengan Metode <i>Moving Average</i> 5 Harian .	36
10.	Grafik Kumulatif Biogas.....	37
11.	Volume Total Biogas	38
12.	Produktivitas Biogas	42
13.	Kandungan Metana Pada Hari Ke-39	45
14.	Kandungan Gas Metana Pada Hari Ke-52	46
15.	Produktivitas Metana	49
Lampiran		
16.	Cacahan Rumput Gajah.....	63
17.	Pengambilan Kotoran Sapi Segar	63
18.	Pencampuran Bahan Digester	64
19.	Pengisian Substrat Awal	64
20.	Digester Biogas	65
21.	Output Digester	65

22. Pengukuran Volume Biogas.....	65
23. Pengukuran Suhu Digester	66
24. Uji Nyala Api Biogas Selama Perlakuan	67
25. Uji Nyala Api Biogas Setelah Perlakuan Dihentikan	67

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan energi di Indonesia menjadi suatu masalah yang sedang mendapat perhatian khusus, terutama energi dari bahan bakar fosil. Seiring dengan peningkatan jumlah penduduk mengakibatkan konsumsi energi yang terus meningkat. Tingkat konsumsi energi yang terus meningkat membuat cadangan bahan bakar fosil semakin menipis. Menurut Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT, 2015), bila diasumsikan tidak ada penemuan cadangan baru maka minyak bumi akan habis dalam 13 tahun, gas bumi 34 tahun dan batu bara 72 tahun. Melihat permasalahan energi fosil yang semakin menipis, maka perlu adanya suatu energi alternatif terbarukan atau energi non fosil yang dapat dipakai sebagai penggantinya.

Energi terbarukan atau non fosil merupakan jenis energi yang bisa diperbaharui dalam waktu yang relatif singkat. Beberapa contoh energi non fosil yaitu mikrohidro, biomassa, tenaga angin, biogas dan lain sebagainya. Energi alternatif terbarukan yang murah, efektif, efisien dan mudah diaplikasikan oleh masyarakat luas yaitu biogas. Biogas merupakan teknologi pembentukan sumber energi melalui perombakan bahan organik oleh mikroorganisme secara anaerob.

Teknologi biogas merupakan teknologi pembentukan sumber energi yang mudah diaplikasikan, ramah lingkungan dan bahan bakunya mudah didapat. Menurut Simamora dkk (2006), beberapa bahan baku utama penghasil biogas yaitu limbah pertanian, peternakan, manusia dan limbah bahan organik lainnya. Limbah peternakan sapi adalah salah satu jenis bahan baku yang umum digunakan pada teknologi pembentukan biogas dan pada penelitian ini bahan baku utama yang dipakai adalah limbah peternakan sapi. Sapi mampu menghasilkan limbah lebih banyak dari hewan ternak lainnya. Menurut Wahyuni (2011), seekor sapi dapat menghasilkan kotoran segar 20—29 kg/hari.

Dalam teknologi biogas semakin tinggi kandungan bahan organik, pada lingkungan yang sesuai maka produksi biogas semakin banyak. Oleh sebab itu tidak cukup hanya dengan kotoran sapi, perlu penambahan bahan organik campuran supaya produksi biogas lebih maksimal. Dalam penelitian ini, bahan campuran yang dipakai adalah rumput gajah. Rumput gajah adalah salah satu bahan yang kandungan organiknya tinggi dan ketersediannya melimpah.

Rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) merupakan salah satu rumput unggul yang berasal dari Philipina dan dapat tumbuh subur di Indonesia dimana produksinya dapat mencapai 200 ton rumput segar/hektar/tahun (Rukmana, 2005). Menurut Sawasdee dkk (2014), komposisi rumput gajah mengandung 30,9% karbohidrat total, 27% protein, lipid 14,8%, abu total 18,2%, serat 9,1% (berat kering). Dari komposisi tersebut rumput gajah merupakan bahan baku ideal untuk produksi biogas. Produksi dan kandungan organik rumput gajah yang tinggi membuatnya layak dipakai sebagai bahan campuran untuk menghasilkan biogas.

Namun kendala yang dialami ketika menambahkan bahan organik dari rerumputan atau hijauan adalah rasio karbon/nitrogen (C/N) nya terlalu tinggi untuk bahan pembentuk biogas. Menurut Wahyuni (2013) rasio C-N terlalu tinggi menyebabkan produksi metana menjadi rendah. Oleh sebab itu rasio C/N perlu diturunkan dengan cara menambahkan urea. Menurut Santoso (2010), penambahan urea merupakan usaha untuk menurunkan kadar C/N digester, agar produksi biogas menjadi maksimal. Selain rasio C/N, produksi biogas pada sistem semi kontinyu juga dipengaruhi oleh jumlah bahan organik yang ditambahkan setiap harinya sebagai sumber energi baru, dalam hal ini disebut sebagai laju pembebanan atau *loading rate*.

Pada penelitian ini menggunakan perbedaan laju pembebanan dengan penambahan urea dan tanpa urea. Laju pembebanan merupakan besaran yang menyatakan jumlah material organik dalam satu satuan volume yang diumpankan pada reaktor persatuan waktu. Pengaruh laju pembebanan terhadap produksi biogas yaitu material organik yang diumpankan secara kontinyu menjadi makanan baru bagi mikroorganisme sehingga produksi biogas juga akan kontinyu. Sedangkan pengaruh penambahan urea diharapkan meningkatkan produksi dan kualitas biogas lebih maksimal. Melalui penelitian ini maka akan diketahui pengaruh laju pembebanan organik terbaik dan penambahan urea pada perombakan anaerob terhadap produksi dan kualitas biogas.

1.2. Rumusan Masalah

Laju pembebanan dan penambahan urea mempengaruhi kinerja mikroorganisme dalam mengurai bahan organik, semakin kinerja mengurainya baik maka hasil

akhir berupa biogas juga akan maksimal. Laju pembebanan dan sumber nutrisi yang terlalu kecil mengakibatkan kekurangan bahan organik yang akan diurai dan sebaliknya apabila laju pembebanan sebagai usaha meningkatkan nutrisi terlalu besar akan mengakibatkan perubahan keadaan lingkungan digester secara signifikan sehingga mengganggu kehidupan mikroorganisme dalam memproduksi biogas. Penambahan urea bertujuan menurunkan rasio C/N di dalam digester. Urea mampu mempengaruhi kinerja mikroorganisme dalam mengurai bahan organik.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh laju pembebanan dan penambahan urea terhadap produksi dan kualitas biogas dari campuran kotoran sapi dengan rumput gajah pada digester sistem semi kontinyu.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang akan dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai bahan acuan atau rujukan dalam penelitian selanjutnya atau dalam aplikasi pembuatan biogas.
2. Sebagai pertimbangan dalam pengembangan biogas yang lebih baik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Keadaan Energi Fosil Indonesia

Pertumbuhan penduduk yang sangat cepat, dengan ekspansi bidang industri menyebabkan peningkatan permintaan energi. Meskipun Indonesia adalah salah satu negara penghasil minyak dan gas, namun berkurangnya cadangan minyak menyebabkan beberapa tahun terakhir harga minyak tidak stabil. Pengambilan minyak bumi yang dilakukan secara terus menerus menjadi penyebab kritisnya pasokan minyak yang ada di perut bumi. Minyak bumi merupakan energi fosil yang tidak dapat diperbaharui. Sedangkan energi tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia.

Energi memiliki peranan penting dalam kehidupan manusia. Berbagai alat dan mesin pendukung dalam penggunaan energi seperti alat penerangan, mesin penggerak, peralatan rumah tangga dan mesin-mesin industri. Sumber energi yang digunakan sifatnya tidak dapat diperbaharui, seperti bahan bakar minyak, gas, mineral dan batu bara. Pemanfaatan energi yang tidak dapat diperbaharui dalam hal ini fosil secara berlebihan dapat menyebabkan krisis energi. Salah satu gejala krisis energi yaitu kelangkaan BBM seperti minyak tanah, bensin dan solar. Kelangkaan ini diakibatkan karena kebutuhan BBM selalu meningkat setiap tahunnya (Wahyuni, 2011).

Menurut Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT, 2015), bila diasumsikan tidak ada penemuan cadangan baru maka minyak bumi akan habis dalam 13 tahun, gas bumi 34 tahun dan batu bara 72 tahun. Apabila masyarakat Indonesia tetap terpaku dengan energi fosil maka bukan tidak mungkin Indonesia akan menjadi gelap gulita dan terhentinya sektor-sektor yang memanfaatkan energi fosil. Masyarakat harus segera mengaplikasikan penemuan-penemuan mengenai energi alternatif terbarukan.

Fakta yang tidak bisa dihindari bahwa walaupun Indonesia merupakan negara penghasil minyak bumi, namun harus mengimpor minyak untuk memenuhi kebutuhan BBM. Solusi bagi krisis energi yang dialami Indonesia adalah adanya sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui. Sumber energi alternatif tersebut harus bisa menjadi bahan bakar ramah lingkungan, efektif, efisien dan mudah diakses oleh masyarakat luas.

2.2. Energi Alternatif Terbarukan

Saat ini manusia tidak dapat lagi mengandalkan energi fosil sebagai sumber energi utama. Semakin krisisnya energi fosil menyebabkan manusia harus memikirkan energi alternatif lain sebagai pengganti energi fosil. Sebelum kehabisan energi fosil, manusia harus sudah beralih menggunakan energi alternatif lain yang bisa diperbaharui.

Beberapa sumber energi alternatif yang ada adalah sebagai berikut:

1. Biomassa dan biodiesel.

Biomassa berasal dari sampah organik atau sampah perkotaan yang bisa dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik. Biodiesel adalah pengganti minyak

diesel sebagai sumber energi yang berasal dari tumbuhan, seperti minyak kelapa sawit atau minyak jarak pagar.

2. Tenaga air

Memanfaatkan air terjun atau gelombang air laut untuk menghasilkan energi dengan cara memutar turbin. Turbin yang berputar dapat menghasilkan listrik.

3. Tenaga angin

Tenaga angin dapat dimanfaatkan sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan turbin yang kemudian akan menghasilkan energi listrik.

4. Tenaga Surya

Energi surya dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik melalui sel surya. Pemanfaatan lainnya adalah untuk pemanas ruangan, atau pemanas air.

5. Tenaga Pemanas Bumi

Panas bumi juga bisa dimanfaatkan sebagai sumber pemutar turbin untuk menghasilkan energi listrik. Pemanfaatan panas bumi ini sebagai pembangkit tenaga panas bumi (Aksara, 2007).

6. Biogas

Biogas merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat memenuhi kebutuhan energi alternatif. Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme dalam keadaan anaerob (Wahyuni, 2013).

Indonesia memiliki potensi kekayaan alam yang sangat melimpah untuk menghasilkan sumber energi alternatif. Sudah banyak penelitian ilmiah yang dilakukan untuk menghasilkan energi alternatif. Kegiatan yang harus dilakukan sekarang adalah mengaplikasikan hasil penelitian tersebut untuk menghasilkan

energi alternatif yang harganya terjangkau oleh masyarakat (Simamora dkk, 2006).

2.3. Biogas

Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri secara anaerob atau kedap udara. Biogas dapat dihasilkan pada hari ke 4—5 sesudah *biodigester* terisi penuh dan mencapai puncaknya pada hari ke 20—25. Akan tetapi perlu juga dipertimbangan ketinggian lokasi pembuatannya karena pada temperatur dingin biasanya bakteri lambat berproses sehingga biogas yang dihasilkan mungkin lebih lama.

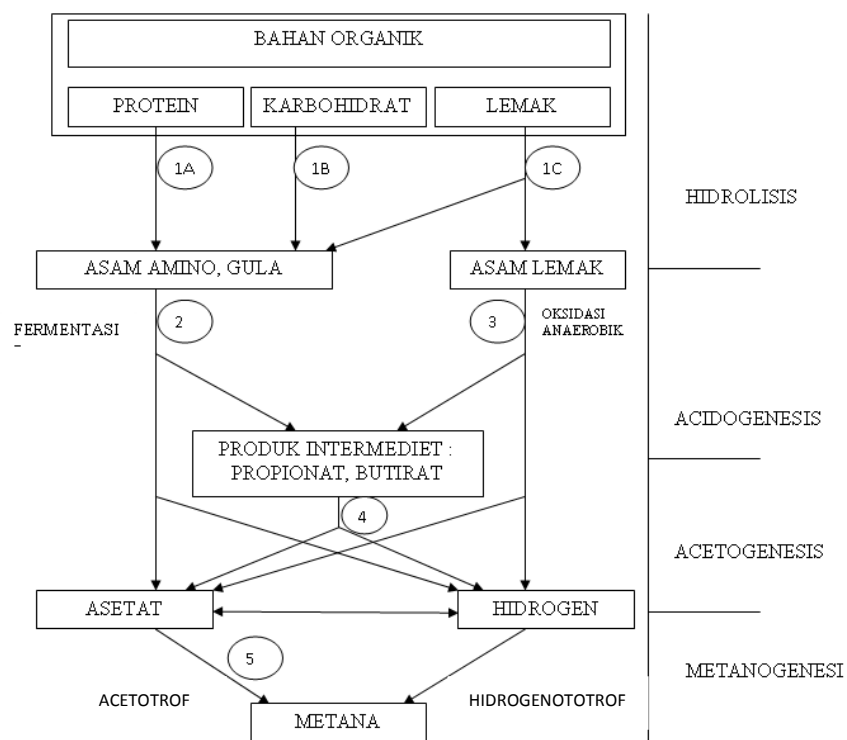
Komponen biogas yang paling penting adalah gas metana, selain itu juga gas-gas lain yang dihasilkan dalam digester. Biogas yang dihasilkan oleh *biodigester* sebagian besar terdiri dari 54—70% metana (CH_4), 27—35% meliputi karbondioksida (CO_2), nitrogen (N_2) dan hidrogen (H_2), 0,1% karbon monoksida (CO), 0,1% oksigen (O_2) dan hidrogen sulfida (H_2S). Biogas memiliki nilai kalori sebesar 5500—6700 kcal/m³ (Wahyono dkk, 2012).

Pembentukan gas yang dilakukan oleh mikroba pada kondisi anaerob memiliki tahap proses perombakan selulosa hingga terbentuk gas, seperti ditampilkan pada Gambar 1.

1. Hidrolisis, pada tahap ini terjadi penguraian bahan-bahan organik mudah larut dan pencernaan bahan organik yang kompleks menjadi sederhana, perubahan struktur bentuk polimer menjadi bentuk monomer.
2. Acidogenesis, pada tahap ini acidogenesis dilakukan oleh berbagai kelompok bakteri. Spesies yang umum termasuk dalam kelompok klostridia, yang

meliputi spesies anaerobik yang membentuk spora dan mampu bertahan hidup dalam lingkungan yang sangat buruk. Bakteri ini berperan dalam degradasi gula dan asam amino.

3. Acetogenesis, pada tahap ini bakteri acetogenik bertanggung jawab untuk melakukan oksidasi terhadap produk yang dihasilkan dari fase acidogenesis menjadi substrat yang sesuai bagi bakteri metanogenik. Dengan demikian bakteri metabolik intermediet yang menghasilkan substrat bagi bakteri metanogenik.
4. Metanogenik, pada tahap metanogenik terjadi proses pembentukan gas metana. Bakteri pereduksi sulfat juga terdapat dalam proses ini, yaitu mereduksi sulfat dan komponen sulfur lainnya menjadi hidrogen sulfida.



Gambar 1. Diagram Alir Proses Fermentasi Anaerobik (Jagadabhi, 2013).

Prinsip teknologi biogas adalah proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme dalam kondisi tanpa oksigen (anaerob) untuk menghasilkan campuran dari beberapa gas, seperti metana dan karbondioksida. Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan organik oleh aktivitas bakteri fermentatif, bakteri asetogen dan bakteri metanogen. Biogas memiliki kandungan nilai energi tinggi yang tidak kalah dari kandungan nilai energi bahan fosil. Oleh karena itu, biogas sangat cocok menggantikan minyak tanah, LPG dan bahan bakar fosil lainnya.

Sumber energi biogas memiliki keunggulan dibandingkan dengan sumber energi lainnya. Selain ramah lingkungan, biogas juga termasuk energi yang memiliki sifat *renewable* artinya biogas dapat diperbaharui. Solusi yang tepat untuk menjadi energi alternatif bagi sumber energi lain yang memang tidak dapat diperbaharui. Biogas juga tidak memiliki resiko meledak sehingga tidak berbahaya.

Beberapa keuntungan memanfaatkan biogas sebagai energi alternatif yaitu:

1. Menghasilkan energi yang bersih dengan nyala api berwarna biru.
2. Menghasilkan bahan bakar berkualitas tinggi yang dapat diperbaharui.
3. Dapat digunakan untuk berbagai macam pengaplikasian energi.
4. Tidak mudah meledak (Wahyuni, 2011).

Selain itu dari sisi lingkungan, biogas juga termasuk ramah lingkungan. Berikut keunggulan dari sisi lingkungan:

1. Mengurangi polusi udara.
2. Memaksimalkan proses daur ulang.

3. Menurunkan emisi gas metana dan karbondioksida secara signifikan.
4. Memperkecil pencemaran air.
5. Tidak menimbulkan bau yang berbahaya bagi manusia (Wahyuni, 2011).

2.4. Bakteri Metanogenik

Mikroorganisme yang membantu proses fermentasi bahan organik hingga terbentuk biogas dikenal dengan sebutan bakteri metanogenik. Bakteri ini berfungsi merombak bahan organik dan menghasilkan gas metana dalam kondisi anaerobik. Proses dekomposisi anaerobik dibantu oleh sejumlah mikroorganisme, terutama bakteri metan. Suhu yang baik untuk pertumbuhan organisme tersebut adalah 30—50° C. Pada suhu tersebut mikroorganisme dapat bekerja secara optimal dalam merombak bahan-bahan organik (Simamora dkk, 2006).

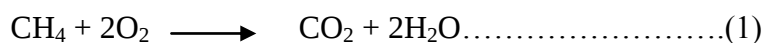
Mikroorganisme akan tumbuh dengan optimal apabila keadaan lingkungan mikronya sesuai, seperti suhu dan pH. Ketika pertumbuhan organisme optimal, maka semakin cepat perombakan bahan organik. Perombakan bahan organik ini menghasilkan gas metana dalam kondisi anaerobik.

2.5. Gas Metana

Gas metan memiliki berat jenis yaitu 55 g/liter. Hal ini menyebabkan gas metan cepat terbang ke udara sehingga lebih aman dari LPG. Rasio udara – biogas agar terjadi pembakaran sempurna berdasarkan kesetimbangan kimia adalah 9,5:1 hingga 10:1. Biogas memiliki kecepatan pembakaran yang sangat lambat dibandingkan LPG maupun bensin. Kecepatan pembakarannya adalah 290 m/s. Kemampu-bakarannya adalah 4% hingga 14%. Dua hal ini menjadikan biogas

dapat memiliki efisiensi pembakaran yang tinggi. Biogas memiliki angka oktan yang tinggi yaitu 130. Sebagai perbandingan bensin memiliki angka oktan 90 hingga 94, sementara alkohol terbaik hanya 105 saja. Hal ini berarti biogas dapat digunakan pada mesin dengan perbandingan kompresi tinggi dan juga menghindarkan mesin dari terjadi *knocking* atau ketukan. Titik didih biogas adalah 300 °C (Kapdi dkk, 2006).

Pembakaran satu molekul metana dengan oksigen akan melepaskan satu molekul CO₂ (karbondioksida) dan dua molekul H₂O (air).



Dibandingkan dengan bahan bakar hidrokarbon lain, pembakaran metana menghasilkan sedikit karbondioksida untuk setiap unit panas dilepaskan. Panas pembakaran metana sekitar 891 kJ/mol, lebih rendah dari pada hidrokarbon lainnya. Rasio panas pembakaran (891 kJ/mol) dengan massa molekul (16,0 g/mol) menunjukkan bahwa metana menjadi hidrokarbon paling sederhana, menghasilkan panas lebih banyak per unit massa (55,7 kJ/g) dari hidrokarbon kompleks lainnya. Pengujian menunjukkan, HHV = 23.890 Btu/lb atau 994,7 Btu/ft³ * LHV = 21518 Btu/lb atau 896,0 Btu/ft³ pada 68 °F dan 14,7 psia (Denys, 1999).

2.6. Limbah Kotoran Sapi

Sektor peternakan di Indonesia sebagian besar merupakan peternakan sapi. Peternakan sapi biasanya hanya skala kecil, dan masih menggunakan teknologi sederhana atau tradisional. Desain kandang maupun tempat pembuangan limbah kotorannya kadang masih sangat sederhana. Pembuangan limbah dari peternakan

sapi ini biasanya hanya di sekitar kandang, dan bahkan di dalam kandang itu sendiri. Limbah dari peternakan ini belum dimanfaatkan secara maksimal

Berdasarkan hasil penelitian, sebagian besar peternak mendayagunakan kotoran sapi sebagai pupuk organik (dengan cara menumpuk kotoran sapi atau dimasukkan ke tanah berlubang). Sebagian kecil petani membuang kotoran sapi begitu saja sehingga mencemari lingkungan tempat tinggal. Bahkan ada peternak yang membiarkan kotoran tersebut di kadang sapi sehingga sanitasi lingkungan kandang menjadi buruk yang dapat berdampak kepada kesehatan sapi (Budiyanto, 2011).

Satu ekor sapi rata-rata setiap hari menghasilkan 7 kg kotoran kering, sehingga kotoran sapi kering yang dihasilkan di Indonesia sebanyak 78,4 juta kg kotoran kering/hari. Di Lampung misalnya, dengan populasi sapi potong 598.740 ekor pada tahun 2015 sehingga setiap hari produksi kotoran kering sapi mencapai 4.191,19 ton. Sapi dengan bobot 450 kg menghasilkan limbah berupa feses dan urin lebih kurang 25 kg/hari (Budiyanto, 2011).

Pemanfaatan kotoran sapi untuk pupuk organik sangat baik, namun pada proses pematangan pupuk ini yang belum sepenuhnya baik. Proses pematangan kotoran sapi untuk pupuk bila tidak menggunakan teknologi yang tepat akan menyebabkan pencemaran lingkungan. Pencemaran lingkungan dapat berupa pencemaran udara, air maupun tanah.

Teknologi pembuatan biogas dari kotoran sapi menghasilkan hasil akhir berupa gas metana untuk sumber energi dan padatan yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Proses pembuatan biogas ini kedap udara dan menggunakan

sistem tertutup, maka sangat minim sekali pencemaran yang diakibatkan. Selain itu proses perombakan oleh mikroorganisme lebih cepat. Oleh karena itu teknologi biogas dapat diaplikasikan untuk mendapat nilai ekonomis yang lebih besar, daripada hanya menumpuk kotoran sapi di sekitar kandang.

2.7. Rumput Gajah (*Pennisetum Purpureum*)

Rumput gajah (elephant grass), disebut juga naper (napier grass), atau rumput uganda (uganda grass). Karakteristik morfologi rumput gajah adalah tumbuh tegak, merumpun lebat, tingi tanaman dapat mencapai 7 m, berbatang tebal dan keras, daun panjang dan berbunga seperti es lilin. Kandungan zat gisi rumput gajah terdiri atas 19,9% bahan kering (BK), 10,2% protein kasar (PK), 1,6% lemak 34,2% serat kasar 11,7% abu dan 42,3% bahan ekstrak tanpa nitrogen (Rukmana, 2005).

Rumput gajah mempunyai beberapa varietas, antara lain Varietas Afrika dan Hawaii.

- A. Varietas Afrika ditandai dengan batang dan daun kecil, tumbuh tegak, berbunga dan produksi lebih rendah dibandingkan dengan varietas Hawaii.
- B. Varietas hawaii ditandai dengan batang dan daun lebar, pertumbuhan rumput sedikit melebar, produksi cukup tinggi dan berbunga.

Produksi hijauan rumput gajah antara 100—200 ton rumput segar/hektar/tahun.

Peremajaan dilakukan setelah umur 4—6 tahun untuk diganti tanaman yang baru (Rukmana, 2005).

Dengan menanam lahan yang dimiliki dengan rumput gajah maka ketersediaan rumput untuk pakan sapi sepanjang tahun tercukupi, bahkan apabila lahan rumput

gajah yang dimiliki luas disamping kebutuhan untuk ternaknya tercukupi juga bisa menjual rumput gajah kepada peternak yang tidak mempunyai lahan rumput di lokasi terdekat maupun lokasi lain. Hal ini merupakan tambahan pendapatan bagi peternak. Pola pengembangan hijauan pakan ternak di daerah-daerah berpenduduk padat adalah intensifikasi komersial, artinya bahwa setiap luasan lahan yang digunakan dapat dipertanggungjawabkan secara komersial.

2.8. Faktor-Faktor Penting Dalam Produksi Biogas.

Faktor penting dalam keberhasilan penerapan teknologi biogas meliputi faktor lingkungan digester. Faktor ini sangat penting karena apabila keadaan lingkungan tidak sesuai, maka produksi biogas akan terganggu, atau bahkan tidak berproduksi. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi produksi biogas yaitu sebagai berikut :

2.8.1. Temperatur

Faktor penting yang mempengaruhi proses fermentasi untuk menghasilkan biogas dalam digester anaerob adalah suhu atau temperatur. Temperatur berperan penting dalam mengatur jalannya reaksi metabolisme bagi bakteri. Temperatur lingkungan yang berada lebih tinggi dari temperatur yang dapat ditoleransi akan menyebabkan rusaknya protein dan komponen sel esensial lainnya sehingga sel akan mati. Demikian pula bila temperatur lingkungannya berada di bawah batas toleransi, transportasi nutrisi akan terhambat dan proses kehidupan sel akan terhenti, dengan demikian temperatur berpengaruh terhadap proses perombakan anaerob bahan organik dan produksi gas. Kondisi temperatur pada masing-

masing digester tidak hanya berpengaruh terhadap tingginya produksi biogas namun berpengaruh juga terhadap kecepatan waktu untuk menghasilkan produksi pada nilai optimum (Darmanto dkk, 2012).

Temperatur dapat menyebabkan bakteri metanogen tidak aktif. Produksi gas sangat bagus yaitu pada kisaran mesofilik, antara 25—30°C. Ketika temperature turun sampai 10°C produksi biogas menjadi terhenti. Penggunaan isolasi yang memadai pada digester membantu produksi gas khususnya di daerah dingin (Wahyuni, 2013). Menurut Tuti (2006), kondisi termofilik pembentukan biogas ideal pada kisaran 50—55°C.

2.8.2. pH

Derajat keasaman (pH) menunjukkan sifat asam atau basa pada suatu bahan. Derajat keasaman merupakan suatu ekspresi dari konsentrasi ion hidrogen, $[H^+]$ yang besarannya dinyatakan dalam minus logaritma dari konsentrasi ion hidrogen. Faktor pH sangat berperan pada dekomposisi anaerob karena pada rentang pH yang tidak sesuai, mikroba tidak dapat tumbuh dengan maksimum dan bahkan dapat menyebabkan kematian. Pada akhirnya kondisi ini dapat menghambat perolehan gas metana. Derajat keasaman yang optimum bagi kehidupan mikroorganisme adalah 6,8—7,8 (Simamora dkk, 2006).

2.8.3. Rasio C-N

Nilai atau bandingan antara unsur C (karbon) dengan unsur N (nitrogen) secara umum dikenal dengan nama rasio C/N. Perubahan senyawa organik menjadi gas metana dan gas karbondioksida memerlukan persyaratan rasio C/N antara 20–30.

Bakteri anaerob mengkonsumsi karbon sekitar 30 kali lebih cepat dibanding nitrogen. Rasio optimum untuk digester anaerobik berkisar 20–30. Jika rasio C/N terlalu tinggi, nitrogen akan dikonsumsi dengan cepat oleh bakteri metanogen untuk memenuhi kebutuhan pertumbuhannya dan hanya sedikit yang bereaksi dengan karbon akibatnya gas yang dihasilkan menjadi rendah. Sebaliknya jika rasio C/N rendah, nitrogen akan dibebaskan dan berakumulasi dalam bentuk amonia (NH_4) yang dapat meningkatkan pH, jika pH lebih tinggi dari 8,5 akan menunjukkan pengaruh negatif pada populasi bakteri metanogen (Tuti, 2006). Sedangkan rasio C-N yang ideal untuk isian digester menurut Wahyuni (2011) adalah 25–30.

2.8.4. Laju Pembebanan atau *Loading Rate*

Laju pembebanan atau *loading rate* yaitu besaran yang menyatakan jumlah material organik dalam satu satuan volume yang diumpankan pada reaktor per satuan waktu. Pengaruh laju pembebanan terhadap produksi biogas yaitu bila ditambahkan substrat pada digester maka substrat tersebut akan menjadi makanan bagi mikroorganisme sehingga biogas akan terus berproduksi. Perlakuan laju pembebanan berpengaruh terhadap produktivitas biogas, laju pembebanan yang lebih rendah menyebabkan waktu tinggal substrat lebih panjang sehingga dapat terdegradasi secara lebih maksimal dan menghasilkan produktivitas terbaik. (Wicaksono, 2016).

2.8.5. Jenis Substrat

Dalam pembuatan biogas dapat digunakan bahan-bahan organik yang tersedia melimpah di alam. Jenis substrat pembuatan biogas yang dapat digunakan bisa

dari limbah peternakan, pertanian, industri dan limbah lainnya seperti sampah organik dan kotoran manusia. Pembuatan biogas yang umum dibuat dari limbah peternakan seperti sapi, babi, itik, domba dan lain sebagainya. Limbah pertanian sangat potensial sebagai bahan baku pembuatan biogas karena jumlahnya yang melimpah, seperti jerami padi, eceng gondok dan lain sebagainya. Meskipun kerap dianggap mencemarkan namun beberapa limbah industri dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku penghasil biogas, seperti limbah kelapa sawit dan limbah tahu. Selain limbah peternakan, pertanian, dan industri, masih ada limbah lainnya yang dapat diolah menjadi biogas, yaitu sampah organik dan kotoran manusia (Wahyuni, 2013). Potensi biogas dari berbagai limbah disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Produksi Biogas Dari Berbagai Macam Substrat

Tipe Bahan Organik	Produksi Biogas (L Per Kg Substrat)
Sapi	20—40
Babi	40—60
Ayam	65,5—115
Manusia	20—28
Sampah Sisa Panen	34—40
Eceng gondok (Water Hyacinth)	40—50

Sumber : United Nations (1984).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Waktu dilaksanakannya penelitian dimulai bulan Agustus sampai dengan Oktober 2016, dan bertempat di Lab Daya Alat Mesin Pertanian (DAMP), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat pembuat digester yaitu gergaji besi, pisau, penggaris, paku, korek api dan galon alat penelitiannya yaitu ember atau bak, karung, plastik, tali plastic, pengaduk, cangkul, pH meter, *thermocouple*, dan mesin pencacah rumput atau *chooper*. Sedangkan bahan yang digunakan adalah kotoran sapi, rumput gajah, urea dan air.

3.3. Metode Penelitian

Bahan baku pembentuk biogas pada peneilitan ini menggunakan kotoran sapi dan rumput gajah dengan perbandingan 75:25 total padatan, setelah itu campuran tersebut ditambah air dengan perbandingan 50:50.

Penelitian ini menggunakan 4 digester kapasitas 25 liter, dengan 2 variasi perbedaan *loading rate* atau laju pembebanan dan penambahan urea pada setiap variasi pembebanan, yaitu P1=0,625 liter/hari, P2=1,25 liter/hari, P3=0,625 liter/hari + 1,24g urea dan P4=1,25 liter/hari + 2,5g urea. Penerapannya menggunakan sistem biogas semi kontinyu. Lamanya penelitian ini ditentukan dari lamanya waktu tinggal substrat dalam digester atau *Hydraulic Retention Time* (HRT) yaitu volume digester dibagi *loading rate* per hari dan HRT masing-masing perlakuan ditampilkan dalam Tabel 2.

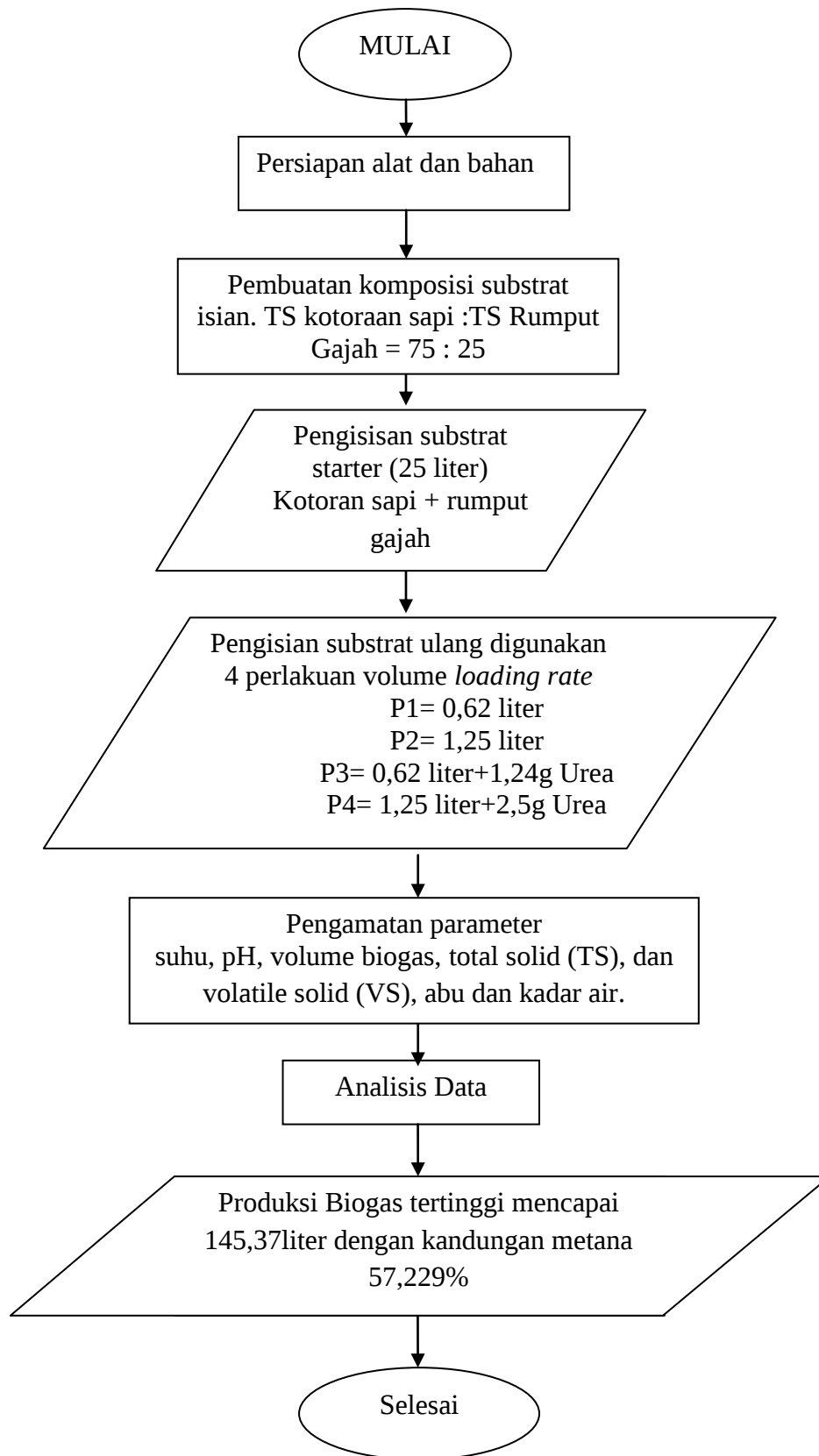
Tabel 2. Variasi Loading Rate

Volume Digester (Liter)	Volume Loading Rate (Liter/Hari)	HRT (Hari)	Urea (Gr/Liter)
25	0,625	40	0
25	1,25	20	0
25	0,625	40	2
25	1,25	20	2

Kuantitas urea optimum yang ditambahkan pada bahan pembentukan biogas menurut Malik dkk (1987) adalah 1,25gr—2,5gr/liter. Pada penelitian ini urea yang ditambahkan adalah 2gr/liter. Perlakuan dilakukan sampai pada hari 40+3, namun pengamatan kualitas biogas masih terus diamati sampai biogas tidak berproduksi lagi.

3.4. Prosedur Penelitian

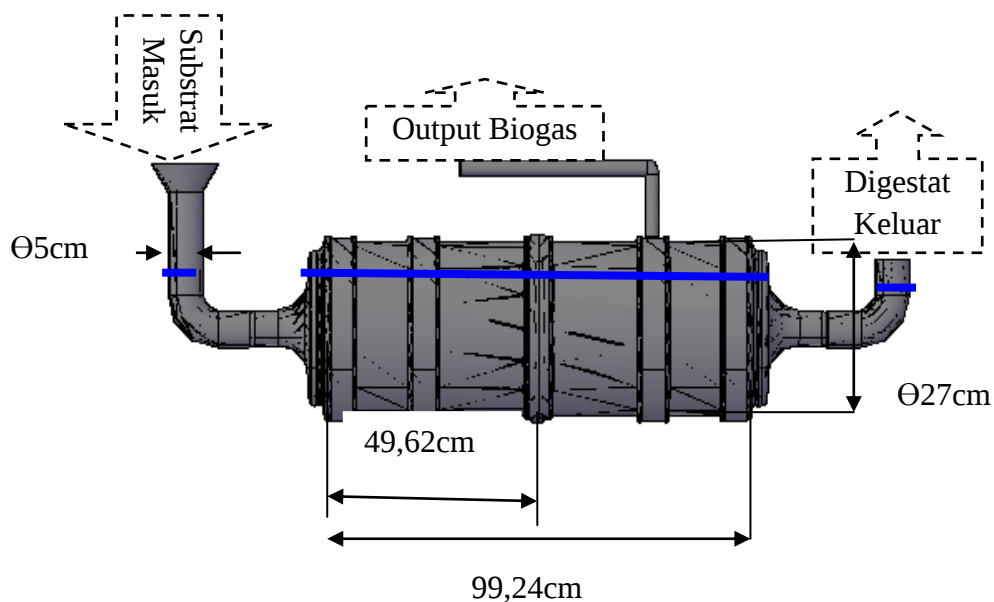
Prosedur penelitian dimulai dari langkah persiapan penelitian hingga mendapatkan data yang kemudian akan diolah untuk mendapatkan suatu kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan. Gambar 2 memperlihatkan prosedur yang telah disusun dan direncanakan dalam penelitian ini:



Gambar 2. Diagram Alir Proses Pembentukan Biogas.

3.4.1. Persiapan Digester

Digester yang digunakan merupakan jenis semi kontinyu dengan volume 25 liter. Desain digester disajikan dalam Gambar 3. Digester terdiri dari bagian tabung tempat substrat, lubang masukan atau inlet, saluran keluaran outlet dan penampung biogas. Setiap digester menggunakan 2 buah galon, resin 1 kaleng, aibon 1 kaleng, pipa 1 ½ inchi, corong, dop ban motor, kran gas 0,5 inchi, balon penampung, sedangkan alat yang digunakan terdiri dari gergaji besi, bor listrik, kunci pas ukuran 12.



Gambar 3. Reaktor Biogas

Perakitan digester semi kontinyu dijelaskan sebagai berikut:

1. Pemotongan pada bagian dasar galon sehingga membentuk lubang sesuai diameter galon.

2. Pelubangan pada bagian sisi dinding galon dengan bor, sesuai ukuran dop ban motor, dilapisi karet dan direkatkan dengan lem aibon, ring, mur ukuran 12 inchi dikencangkan dengan kunci pas 12.
3. Penyambung kedua buah galon direkatkan dengan resin selama ± 1 jam pada suhu 30°C yang dilakukan pada siang hari.
4. Penyambungan pipa pada bagian ujung galon menggunakan resin.

3.4.2. Persiapan Bahan

Bahan yang digunakan berupa kotoran sapi, rumput gajah, urea dan air. Bahan kotoran sapi didapat di Jurusan Peternakan Fakultas Pertanian Universitas Lampung, dan rumput gajah didapat dari salah satu lahan pertanian masyarakat di Kemiling, Bandar Lampung. Rumput gajah segar sebelum dan sesudah dicacah menggunakan mesin pencacah *chooper* disajikan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Rumput Sebelum dan Sesudah Dicacah

Campuran substrat adalah kotoran sapi dan rumput gajah yang telah dicacah dengan perbandingan 75 :25 total padatan. Kemudian campuran kotoran sapi dan rumput gajah ditambah air dengan perbandingan 50:50. Komposisi ini mengacu pada penelitian pendahuluan yang telah dilakukan. Berikut adalah rumus menghitung porsi berat segar rumput gajah dalam substrat campuran :

$$\text{Komposisi Rumput Gajah segar} = \frac{(KS \times \%TS_{KS}) \times 0,25}{\%TS_{RG}} \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

KS = Kotoran Sapi

TS_{KS} = Total Solid Kotoran Sapi

TS_{RG} = Total Solid Rumput Gajah

Pengisian substrat dilakukan setiap hari, dan bahan diambil atau disiapkan sesaat sebelum dilakukan pengisian ke dalam digester. Setelah dihitung maka didapat komposisi air : kotoran sapi : rumput gajah adalah 25 kg : 15,5 kg : 3,81 kg.

Campuran dari ketiga bahan tersebut diaduk hingga rata, kemudian pada perlakuan penambahan urea ditambahkan sebanyak 2g/liter substrat dengan cara dicairkan terlebih dahulu menggunakan air.

Masing-masing bahan baku substrat juga dianalisis rasio C/N nya. Analisis C/N bertujuan untuk mengetahui rasio C/N substrat pada setiap perlakuan. Analisis dilakukan di Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

Berikut adalah rumus rasio C/N substrat :

$$\text{Rasio C/N substrat} = \frac{(TS_{KS} \times C_{KS}) + (TS_{RG} \times C_{RG})}{(TS_{KS} \times N_{KS}) + (TS_{RG} \times N_{RG}) + (N_{Urea})} \dots\dots\dots(3)$$

dimana :

C_{KS}	= Karbon Kotoran Sapi
C_{RG}	= Karbon Rumput Gajah
N_{KS}	= Nitrogen Kotoran Sapi
N_{RG}	= Nitrogen Rumput Gajah
TS_{KS}	= Total Solid Kotoran Sapi
TS_{RG}	= Total Solid Rumput Gajah
N_{Urea}	= Nitrogen Urea

3.4.3. Pengisian Substrat Awal dan Perlakuan

Pengisian digester ada dua jenis, yang pertama adalah sebagai starter, dan yang kedua adalah sebagai isian secara kontinyu (*loading rate*). Substrat starter diisi sebanyak 25 liter. Komposisi substrat starter sama dengan substrat isian (*loading rate*). Perlakuan P1 dan P2 diisi substrat tanpa penambahan urea, sedangkan perlakuan P3 dan P4 ditambahkan urea sebanyak 50 g (2g/liter). Perlakuan *loading rate* dimulai pada hari ke-3 ketika keadaan dalam digester mulai stabil, dimana pH akan menurun cukup drastis dibandingkan dengan pH awal, karena hal itu mengindikasikan bahwa bakteri pengurai bereaksi atau hidup.

3.5. Parameter Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan meliputi kadar air (KA) *total solids* (TS), *volatile solids* (VS), C/N rasio, volume biogas, produktivitas biogas dan kualitas biogas. Kontrol digester juga diamati, meliputi parameter pH dan suhu dalam dan luar digester, dan volume biogas harian.

3.5.1. Pengukuran Kadar Air, TS dan VS

Analisa TS bertujuan untuk mengetahui komponen kering pada bahan, sedangkan VS dilakukan untuk mengetahui jumlah komponen organik dalam bahan. Analisa ini dilakukan pada substrat awal digester dan substrat keluaran setiap 7 hari sekali. Pengukuran dilakukan di laboratorium Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar Air (KA)} = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{Total Solid (TS) sampel (gr)} = 100\% - \text{KA} \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{Volatile Solid (VS) sampel (gr)} = \frac{TS - W3}{TS} \times 100\% \dots\dots\dots(6)$$

dimana :

W1 = Berat basah (gr)

W2 = berat kering oven (gr)

W3 = Berat abu (gr)

Selisih dari VS awal dan akhir loading rate pada saat keadaan digester, diukur sebagai banyaknya bahan organik yang terdegradasi, dan dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{VS terdegradasi} = \text{VS in} - \text{VS out} \dots\dots\dots(7)$$

dimana :

VS in = VS bahan isian

VS out = VS bahan yang keluar dari digester

3.5.2. Pengukuran pH dan Temperatur

Pengukuran pH dan temperatur dilakukan setiap hari dan setiap pengamatan dilakukan pada waktu yang sama. Pengukuran pH substrat menggunakan pH meter, dengan cara mengambil sampel substrat, kemudian dilakukan pengukuran. Parameter temperatur yang diamati adalah temperature dalam digester dan di luar digester. Temperature dalam digester diamati dengan menggunakan alat *thermocopple censor*. Cara mengukur temperature adalah kabel sensor pada alat *thermocopple* dimasukkan ke dalam reaktor.

3.5.3. Pengukuran Volume Biogas

Pengukuran mulai ketika biogas telah terbentuk dan dilakukan setiap dua hari sekali semenjak pengisian awal. Cara mengukur volume biogas yaitu balon yang terisi gas dibenamkan pada bak berisi penuh air, pada bagian atas ditahan dengan screen sehingga air dapat keluar tanpa menyebabkan balon terapung, volume yang terpindah akibat perubahan volume balon diukur sebagai volume biogas yang dihasilkan, satuan yang digunakan yaitu liter. Setelah pengukuran selesai, biogas dalam balon diuji nyala terlebih dahulu, setelah itu balon dipasang kembali dalam keadaan kosong. Uji nyala api dilakukan dengan cara mengeluarkan biogas dari balon melalui selang, dan di ujung selang tempat keluaran biogas tersebut diberi nyala api, kemudian dilihat apakah biogas menghasilkan nyala api atau tidak.

3.5.4. Pengukuran Produktivitas Biogas

Produktivitas biogas diukur sebagai hasil volume biogas per VS terdegradasi. Pengukuran menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas Biogas} = \frac{\text{Volume Biogas}}{VS_{isian}} \dots\dots\dots (8)$$

dimana VS_{isian} adalah volatile solid isian

3.5.5. Kualitas Biogas

Biogas yang dihasilkan diuji kandungan metananya di Laboratorium Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Pengujian kandungan metana dilakukan sebanyak dua kali. Pengujian pertama dilakukan pada hari selama perlakuan *loading rate* diberikan atau pada hari ke-39.

Pengujian kedua dilakukan setelah perlakuan *loading rate* dihentikan yaitu pada hari ke-52.

.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Penambahan urea mampu meningkatkan produksi biogas dan kandungan gas metana dari campuran kotoran sapi dan rumput gajah.
2. Perlakuan *loading rate* 0,62 liter/hari menghasilkan produksi biogas lebih maksimal dengan kandungan metana lebih tinggi.
3. Produksi biogas optimum terdapat pada perlakuan P3 *loading rate* 0,625 liter/hari dengan penambahan urea 2g/liter substrat yang menghasilkan biogas 130,82 liter dengan kandungan metana mencapai 57.23%.

5.2. Saran

Pada penelitian ini waktu pengumpanan terlalu singkat karena perlakuan laju pembebanan dilakukan setiap hari. Saran untuk penelitian selanjutnya pengumpanan digester dilakukan dalam 2 atau 3 hari sekali untuk meningkatkan waktu retensi sehingga produksi biogas dan kandungan metana lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Aksara, K.D. 2007. Energi Terbarukan. Bogor : Yudistira. 15 hal.
- BPPT. 2015. *Outlook energi Indonesia 2015*. Jakarta : Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi. 93 hal.
- Babae, A. and Jalal, S. 2011. Effect Of Organic Loading Rates (OLR) On Production Of Methane From Anaerobic Digestion Of Vegetables Waste. *World Renewable Energy Congress*. Volume : 411-417
- Budiyanto, M.A.K. 2011. Tipologi Pendayagunaan Kotoran Sapi Dalam Upaya Mendukung Pertanian Organik Di Desa Summersari Kecamatan Poncokusumo Kabupaten Malang. *GAMMA* Volume 7(1) : 42 – 49.
- Budiyono, Iqbal, S. and Siswo, S. 2013. Biogas Production From Bioethanol Waste: The Effect Of Ph And Urea Addition To Biogas Production Rate. *Waste Tech*. Volume 1(1) : 1-5.
- Darmanto, A., Sudjito, S. and Denny, W. 2012. Pengaruh Kondisi Temperatur Mesophilic (35°C) Dan Thermophilic (55°C) Anaerob Digester Kotoran Kuda Terhadap Produksi Biogas. *Jurnal Rekayasa Mesin* Volume 3(2) : 317-326.
- Denys, M.J. and Couturier, M.C. 1999. *Biogas - Biofuel*. Lille France. Métropole - Communauté Urbaine Solagro.
- Dian, K.A. 2007. *Energi Alternatif*. Bogor : Yudistira. 59 hal.
- Jagadabhi, P.S. 2011. *Methods to Enhance Hydrolysis During One and Two-stage Anaerobic Digestion of Energy Crops and Crop Residues*. Faculty of Mathematics and Science of the University of Jyväskylä.
- Kapdi, S.S., Virendra, K.V., Shivanahalli, K.R. and Rajendra, P. 2006. Upgrading Biogas For Utilization As A Vehicle Fuel. *Asian Journal on Energy and Environment*. Volume 7(4) : 387-393

- Kaur, K., Urmila, G.P. and Milky, G. 2016. Comparative Analysis Of Fodder Beet And Napier Grass PBN233 As A Better Substrate For Biogas Production. *Indian Journal of Science and Technology* : Volume 9(3) : 0974-5645.
- Malik, R. K., Singh, R. and Tauro, P. 1987. Effect of Inorganic Nitrogen Supplementation on Biogas Production. *Biological Wastes*. Volume 21 (1987) : 139-142.
- Marlina, E.T., Yuli, A.H., Benito, A.K. dan Wowon, J. 2013. Analisis Kualitas Kompos dari Sludge Biogas Feses Kerbau. *Jurnal Ilmu Ternak*. Volume 13(1) : 31-34.
- Rekha, B.N. and Aniruddha, B.P. 2013. Performance Enhancement Of Batch Anaerobic Digestion Of Napier Grass By Alkali Pre-Treatment. *International Journal of ChemTech Research* : Volume 5(2) : 558-564.
- Rukmana, H.R. 2005. *Budidaya Rumput Unggul*. Yogyakarta : Kanisius. 73 hal.
- Santoso, A.A. 2010. *Produksi Biogas Dari Limbah Rumah Tangga Melalui Peningkatan Suhu dan Penambahan Urea Pada Perombakan Anaerob*. Surakarta: Jurusan Biologi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret.
- Sasongko, W. 2010. *Produksi Biogas Dari Biomassa Kotoran Sapi Dalam Biodigester Fix Dome Dengan Pengenceran Dan Penambahan Agitasi*. Surakarta : Pasca Sarjana Universitas Sebelas Maret.
- Sawanon, S., Piyanee, S., Suchat, L. and Nusara, S. 2016. Methane Production from Napier Grass by Co-digestion with Cow Dung. *Energy Solutions To Combat Global Warming*. Volume 33(7) : 169-180.
- Sawasdee, S. and Nipon, P. 2014. Feasibility of Biogas Production from Napier Grass. *Energy Procedia*. Volume 61(2014) : 1229 – 1233.
- Simamora, S., Salundik, Sri.W. dan Surajudin. 2006. *Membuat Biogas Pengganti Minyak Dan Gas Dari Kotoran Ternak*. Jakarta : Agromedia Pustaka. 53 hal.
- Tuti, H. 2006. Biogas Limbah Peternakan yang Menjadi Sumber Energi Alternatif. *Wartazoa*. Volume 3(16) : 160–169.
- United Nations. 1984. Update Guidebook on Biogas Development-Energy Resources Development Series. No. 27. New York : USA.

- Wahyono, E. H. dan N. Sudarno. 2012. *Biogas : Energi Ramah Lingkungan*. Bogor : Yapeka. 48 hal.
- Wahyuni, S. 2011. *Menghasilkan Biogas dari Aneka Limbah*. Jakarta: PT. Agromedia Pustaka. 104 hal.
- Wahyuni, S. 2013. *Panduan Praktis Biogas*. Jakarta: Penebar Swadaya. 116 hal.
- Wicaksono, N.H. 2016. *Pengaruh Laju Pembebanan Terhadap Produktivitas Biogas Berbahan Baku Kotoran Sapi Pada Digester Semi Kontinyu*.Lampung: Jurusan Teknik Pertanian. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung.