

**PENGARUH KONSENTRASI BIOSTARTER KOTORAN
SAPI DAN KOTORAN AYAM TERHADAP PRODUKSI
BIOGAS DARI LIMBAH JERAMI PADI**

THE INFLUENCE OF BIOSTARTER CONCENTRATION OF
COW AND CHICKEN MANURE TO BIOGAS PRODUCTION
FROM STRAW WASTE

SAKINAH



**PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2013

**PENGARUH KONSENTRASI BIOSTARTER KOTORAN SAPI
DAN KOTORAN AYAM TERHADAP PRODUKSI BIOGAS
DARI LIMBAH JERAMI PADI**

Tesis

Sebagai Salah satu Syarat untuk Mencapai Gelar Megister

Program Studi

Pengelolaan Lingkungan Hidup

Disusun dan diajukan oleh

SAKINAH

Kepada

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013**

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Sakinah
Nomor Mahasiawa : P0302210001
Program studi : Pengelolaan Lingkungan Hidup

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini bena-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Januari 2013
Yang menyatakan

Sakinah

PRAKATA

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas berkat rahmat-Nya jualah sehingga hasil penelitian ini dapat diselesaikan.

Gagasan yang melatari tajuk permasalahan ini timbul dari hasil pengamatan penulis melihat pada saat ini tingginya permintaan energi tidak diimbangi pasokan energi yang cukup karena keterbatasan jumlah energi, yang mengakibatkan kelangkaan energi dan melambungnya harga bahan bakar (BBM) yang sangat membebani masyarakat. Sumber energi alternatif telah banyak ditemukan dalam berbagai riset. Salah satunya adalah pemanfaatan limbah pertanian, peternakan, dan industri pertanian untuk pembuatan biogas. Produksi padi di Indonesia cukup besar, dalam proses pemanenan padi terdapat limbah diantaranya berupa jerami padi yang sampai saat ini belum banyak dimanfaatkan. Penulis bermaksud menyumbangkan sebuah konsep untuk pengolahan limbah jerami padi sebagai bahan baku biogas dan menggunakan limbah dari peternakan yaitu kotoran sapi dan kotoran ayam. Banyak kendala yang dihadapi oleh penulis dalam rangka penyusunan tesis ini, yang hanya berkat bantuan berbagai pihak, maka tesis ini selesai pada waktunya.

Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. dr. Idrus A. Paturusi, selaku Rektor Universitas Hasanuddin Makassar
2. Prof. Dr. Ir. Mursalim, M.Sc., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar
3. Prof. Dr. Ir. Ngakan Putu Oka, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Pengelolaan Lingkungan Hidup,
4. Dr. Ir. Prastawa Budi, selaku Ketua Konsentrasi Teknologi Lingkungan Hidup
5. Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional, yang memberi kesempatan memperoleh beasiswa BPPS pada penulis untuk biaya pendidikan selama 2 tahun di Pascasarjana Universitas Hasanuddin.
6. Prof. Dr. Abu Bakar Tawali, Ph.D sebagai Ketua Komisi Penasehat dan Prof. Dr. Ir. Musrizal Muin, M.Sc sebagai Anggota Komisi Penasehat yang telah memberikan bimbingan, arahan dan petunjuk dalam penulisan tesis ini.
7. Prof. Dr. M. Sjahrul, M.Agr, Prof. Dr. dr.H. Lucia Muslimin, dan Dr. Ir. M. Farid Samawi, M.Si, yang telah berkenan sebagai penguji dan memberikan saran untuk penyempurnaan tesis ini.
8. Seluruh Dosen pengajar dan pegawai Akademik Program Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin

9. Ketua STAI DDI Kab. Pangkep, Drs. H. Hasbuddin Halik, Lc, yang telah mengangkat sebagai dosen tidak tetap sehingga penulis bisa mendapatkan beasiswa BPPS.
10. Kepala SMK Negeri 1 dan keluarga besar SMK Negeri 1 Bungoro, yang telah memberi dukungan dan do'anya.
11. Keluarga besar SMK Prima Nusantara Pangkep, yang telah memberikan dukungan dan do'anya.
12. Keluarga besar Mukri Idris, terutama pada lccank yang banyak membantu selama perkuliahan dan pelaksanaan penelitianku.
13. Para keluarga besarku (tante, paman dan sepupu-sepupuku) yang telah banyak memberi bantuan, dorongan, semangat serta do'anya selama mengikuti pendidikan di Pascasarjana UNHAS sampai selesainya tesis ini.
14. Kakakku Indra dan iparku Nani serta adik-adikku tersayang Asria, Kiky, dan Uni, yang telah banyak membantu dan memberi dukungan serta do'anya.
15. Teman-teman PLH Angkatan 2010, "Anty, pak Lasire, Hasyim, Erik, Roem, Balda, Alam, pak Gede, Wayan, Iman, rahma, Vera, Imhe, ibu Ria, Amel, Akhir dan Yusri", yang telah banyak memberikan inspirasi dan motivasi, Thank's atas segala kenangan indah yang kalian berikan selama perkuliahan, serta senantiasa saling member dukungan dan do'anya dalam penyelesaian tesis ini.
16. Teristimewa ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Ayahanda H. Aminuddin dan Ibunda tercinta Hj. Hasnah yang senantiasa memberikan dorongan semangat dan pengorbanan serta selalu mendoakan keberhasilan penulis dalam menyelesaikan studi dan memotivasi untuk senantiasa berkarya dan beribadah. Salam hormat dan maafku bila ananda belum mampu memberikan yang terbaik.
Semua pihak yang tidak sempat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan dan partisipasinya dalam penyelesaian tesis ini. Semoga segala bantuan yang diberikan kepada penulis baik baik berupa moril maupun materi mendapat balasan yang berlipat ganda dari Allah SWT. Amiin..

Menyadari keterbatasan penulis sebagai manusia yang tidak luput dari kesalahan, kritik dan saran membangun penulis harapkan dari pembaca budiman. Akhir kata penulis berharap semoga tesis ini

bermanfaat bagi semua pihak dan semoga jerih payah penulis bernilai ibadah disisi Allah SWT, *amiin yaa Rabbal Alamiin*.

Makassar, Januari 2013

Sakinah

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	X
DAFTAR GAMBAR	Xi
DAFTAR LAMPIRAN	Xii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	5
E. Ruang Lingkup Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Jerami Padi	6
1. Biomassa dan Sifat Jerami Padi	7
2. Pengolahan Jerami Padi Oleh Petani	9
3. Kotoran Sapi	13
4. Kotoran Ayam	13
B. Biogas	15
C. Pemanfaatan Biogas	19
D. Proses Pembentukan Biogas	23
E. Faktor yang Mempengaruhi Produksi Biogas	28
F. Kerangka Konseptual	34
III. METODE PENELITIAN	36
A. Rancangan Penelitian	36
B. Lokasi dan Waktu	37
C. Bahan dan Alat	36
D. Teknik Pengambilan Sampel	37
E. Prosedur Kerja	367

F. Analisis Data	38
G. Diagram Alir Penelitian	39
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	39
A. Perancangan Tangki Fermentasi (Digester) dan Panampungan Gas	40
B. Analisis Bahan Baku	41
1. Jerami padi	41
2. Kotoran sapi	42
3. Kotoran ayam	43
C. Biogas	45
V. PENUTUP	51
A. Kesimpulan	51
B. Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	57

DAFTAR TABEL

Nomor	halaman
1. Data Perkiraan Produksi Jerami di Berbagai Negara	7
2. Kandungan Rata-rata Unsur pada Kotoran Ayam Pedaging	14
3. Komposisi Biogas	16
4. Bahan Baku Biogas	17
5. Komposisi Biogas dari Berbagai Substrat	22
6. Uji Kandungan Jerami	41
7. Uji Kandungan Kotoran Sapi	42
8. Uji Kandungan Kotoran Ayam	44
9. Rerata Produksi Biogas dengan Biostarter Kotoran Sapi	45
10. Rerata Produksi Biogas dengan Biostarter Kotoran Ayam	46
11. Rerata Produksi Biogas dengan Biostarter Kotoran Sapi dan Kotoran Ayam	48
12. Komposisi Biogas	49

DAFTAR GAMBAR

Nomor	halaman
1. Tahapan Pembentukan Biogas	24
2. Kerangka Konseptual	35
3. Diagram Alir Penelitian	39
4. Rancangan Digester	40
5. Rerata Produksi Biogas dengan Biostarter Kotoran Sapi	62
6. Rerata Produksi Biogas dengan Biostarter Kotoran Ayam	63
7. Rerata Produksi Biogas dengan Biostarter Kotoran Sapi dan Kotoran Ayam	64

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	halaman
1. Perhitungan Jumlah Bahan dan Biostarter	57
2. Data Produksi Biogas (Gram) dengan Biostarter Kotoran Sapi	58
3. Data Produksi Biogas (Gram) dengan Biostarter Kotoran Ayam	59
4. Data Produksi Biogas (Gram) dengan Biostarter Kotoran Sapi dan Kotoran Ayam	60
5. Grafik Rerata Produksi Biogas dengan Biostarter Kotoran Sapi	62
6. Grafik Rerata Produksi Biogas dengan Biostarter Kotoran Ayam	63
7. Grafik Rerata Produksi Biogas dengan Biostarter Kotoran Sapi dan Ayam	64
8. Hasil Analisis Statistik ANOVA Produksi Biogas dengan Biostarter Kotoran Sapi	65
9. Hasil Analisis Statistik ANOVA Produksi Biogas dengan Biostarter Kotoran Ayam	66
10. Hasil Analisis Statistik ANOVA Produksi Biogas dengan Biostarter Kotoran Sapi dan Ayam	67
11. Foto-foto Penelitian	68

ABSTRAK

SAKINAH. Pengaruh Konsentrasi Biostarter Kotoran Sapi dan Kotoran Ayam Terhadap Produksi Biogas dari Limbah Jerami Padi (dibimbing oleh Abu Bakar Tawali dan Musrizal Muin)

Penelitian ini bertujuan mengetahui (1) efektivitas jenis biostarter kotoran sapi dan kotoran ayam untuk menghasilkan biogas dari jerami padi, (2) jumlah biostarter yang optimum untuk menghasilkan biogas dari jerami padi, (3) waktu fermentasi optimum yang diperlukan untuk menghasilkan biogas.

Penelitian dilaksanakan di Desa Toddotoa Kecamatan Pallangga Gowa yang berlangsung pada bulan Juni s.d. Agustus 2012. Penelitian ini bersifat eksperimen. Sampel diambil di kawasan persawahan di Desa Toddotoa. Kotoran sapi diambil dari rumah pemotongan sapi di Desa Bonto Te'ne dan kotoran ayam diambil dari peternakan ayam di Desa Toddopuli Kecamatan Pallangga Gowa. Data yang diperoleh berupa laju pembentukan biogas dan pertambahan biogas secara periodik dianalisis sidik ragam dengan menggunakan analisis statistik (ANOVA) dan disajikan dalam bentuk tabel dan Grafik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas pembentukan biogas ditentukan oleh jenis bahan dan konsentrasi biostarter. Penggunaan kotoran sapi sebagai biostarter menghasilkan produksi biogas dari limbah jerami padi lebih banyak dibandingkan kotoran ayam pada konsentrasi yang sama. Komposisi konsentrasi biostarter maksimal yang digunakan untuk produksi biogas dari limbah jerami padi sebesar 15% biostarter kotoran sapi dan 5% kotoran ayam, sedangkan waktu fermentasi maksimal untuk produksi biogas dari limbah jerami padi selama 30 hari.

Kata kunci : biostarter, kotoran sapi, kotoran ayam, jerami padi, biogas

ABSTRACT

SAKINAH. The Influence of Biostarter Concentration of Cow and Chicken Manure to Biogas Production from Straw Waste (supervised by Abu Bakar Tawali and Musrizal Muin)

The aims of the research are to determine (1) the effectiveness of biostarter types of cow and chicken manure to produce biogas from straw, (2) the amount of optimum biostarter to produce biogas from straw. and (3) the optimum fermentation time needed to produce biogas.

The research was an experimental study conducted in Toddotoa Village, Pallangga District of Gowa Regency from June to August 2012. The sample was taken from the area of rice field cultivation of Toddotoa Village, Pallangga District of Gowa Regency. Cow manure was obtained from cow slaughterhouse in Te'ne Village and chicken manure was taken from chicken farm in Toddopuli Village, Pallangga district of Gowa Regency. The obtained data were in the form of the rate of biogas formation and the increase of biogas. They were then presented in the forms of tables and graphs.

The results of the research incide that the effectiveness of biogas formation is determined by the material types and biostarter concentration. The use of cow manure and biostarter concentration yields more biogas production from straw waste compared to chicken manure for the same concentration. The composition of maximum biostarter concentration for biogas production from straw waste is 15% of biostarter of cow manure and 5% of chicken manure. Meanwhile, the maximum fermentation used to produce biogas of straw waste is 30 days.

Key words : biostarter, cow manure, straw, biogas.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada zaman global saat ini energi merupakan persoalan yang krusial di berbagai belahan dunia. Peningkatan permintaan energi yang disebabkan oleh pertumbuhan populasi penduduk, menipisnya sumber cadangan minyak serta permasalahan emisi dari bahan bakar fosil. Selain itu, peningkatan harga minyak dunia per barel juga menjadi alasan yang serius yang menimpa banyak negara di dunia terutama Indonesia.

Salah satu alternatif untuk memecahkan masalah tersebut di atas adalah mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi fosil dan beralih ke sumber energi alternatif yang ramah lingkungan, murah, mudah diperoleh dan dapat diperbaharui (*renewable*) (Hambali et al, 2007), seperti pemanfaatan biomassa (bahan organik) untuk produksi biogas. Ketersediaan limbah pertanian (biomassa) di Indonesia merupakan suatu potensi sumberdaya yang selama ini belum dikelola secara maksimum. Indonesia merupakan negara agraris yang banyak memproduksi padi. Dari panen padi dihasilkan limbah yang familiar dikenal dengan jerami. Umumnya, jerami padi belum dinilai sebagai produk yang memiliki nilai ekonomi, 75 – 80 % petani membakar jerami di tempat beberapa hari setelah padi dipanen. Sebagian petani memotong jerami dan

menimbunnya di pinggir petakan sawah kemudian membakarnya. Perhitungan untung rugi atas tindakan pembakaran jerami belum dipertimbangkan oleh petani (Makarim, 2007). Padahal, jerami ternyata juga bisa dimanfaatkan sebagai energi atau bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Tak hanya memberikan nilai tambah, pemanfaatan jerami juga mencegah pelepasan karbon ke atmosfer saat terbakar. Siklus karbon ke atmosfer dapat diperpanjang dengan mengubahnya menjadi biofuel atau biogas (Anonim, 2009).

Biogas atau gas bio merupakan salah satu jenis energi yang dapat dibuat dari banyak bahan buangan dan bahan sisa, seperti sampah, kotoran ternak, jerami, enceng gondok serta banyak bahan-bahan lainnya lagi. Segala jenis bahan yang dalam istilah kimia termasuk senyawa organik, entah berasal dari sisa dan kotoran hewan ataupun sisa tanaman, dapat dijadikan bahan biogas (Suriawiria dan Unus, 2002).

Peternakan merupakan salah satu penghasil biomassa yang berlimpah, antara lain limbah cair (urin) dan padat (kotoran) serta penghasil gas metan (CH_4) yang cukup tinggi. Pemanfaatan kotoran ternak selain dapat menghasilkan biogas untuk bahan bakar juga membantu pelestarian lingkungan dan memperoleh manfaat-manfaat lain, seperti pupuk yang baik bagi tanaman dan kehidupan dalam air (*aqua kultur*), mencegah lalat dan bau tidak sedap yang berarti ikut mencegah sumber penyakit.

Hasil penelitian menyatakan bahwa berbagai jenis limbah dapat digunakan sebagai bahan baku biogas misalnya limbah perkebunan seperti kulit kakao (Lateng, 2010), limbah industri seperti industri tahu, limbah perairan seperti enceng gondok, limbah pertanian seperti jerami padi (Arati, 2009), dan limbah peternakan (kotoran sapi, kotoran ayam). Limbah tersebut dapat sebagai bahan baku biogas baik secara tersendiri maupun kombinasi lebih dari dua jenis limbah.

Menurut Prajayana dkk (2011), jerami padi mengandung kurang lebih 39% selulosa dan 27,5% hemiselulosa. Kedua bahan polisakarida ini dapat dihidrolisis menjadi senyawa yang lebih sederhana. Hasil hidrolisis tersebut selanjutnya dapat difermentasi menjadi ethanol atau metana. Gas metan (CH_4) adalah komponen penting dan utama dari biogas. Kotoran sapi mengandung unsur N 26,2 kg/ton, P 4,5 kg/ton, dan K 13,0 kg/ton sedangkan kotoran ayam mengandung sisa pakan dan serat selulosa yang tidak dicerna, protein, karbohidrat, lemak dan senyawa organik lainnya. Protein pada kotoran ayam merupakan sumber nitrogen selain ada pula bentuk nitrogen inorganik lainnya (Foot *et al.*, 1976)

Variasi dari sifat-sifat biokimia bahan yang digunakan menyebabkan produksi biogas juga bervariasi. Sejumlah bahan organik dapat digunakan bersama-sama dengan beberapa persyaratan produksi gas atau pertumbuhan normal bakteri metan yang sesuai. Beberapa sifat bahan organik tersebut mempunyai dampak/pengaruh yang nyata pada tingkat produksi biogas (Wahyuni, 2011^a). Berdasarkan uraian tersebut di

atas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul: “Pengaruh Konsentrasi Biostarter Kotoran Sapi dan Kotoran Ayam terhadap Produksi Biogas dari Limbah Jerami Padi”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah, perumusan masalah penelitian adalah:

1. Bagaimana efektivitas jenis biostarter kotoran sapi dan kotoran ayam untuk menghasilkan biogas dari jerami padi?
2. Berapa jumlah biostarter optimum untuk menghasilkan biogas dari jerami padi?
3. Berapa waktu fermentasi optimum yang diperlukan untuk menghasilkan biogas?

C. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui efektivitas jenis biostarter kotoran sapi dan kotoran ayam untuk menghasilkan biogas dari jerami padi
2. Mengetahui jumlah biostarter optimum untuk menghasilkan biogas dari jerami padi
3. Mengetahui dan menganalisis waktu fermentasi optimum yang diperlukan untuk menghasilkan biogas.

D. Manfaat Penelitian

1. Mengetahui konsentrasi dan komposisi optimum biostarter kotoran sapi dan kotoran ayam dalam pembuatan biogas dari limbah jerami padi sehingga budaya pembuatan biogas dapat memasyarakat.
2. Sebagai sumber informasi bahwa teknologi biogas merupakan alternatif sumber energi, mengurangi pencemaran lingkungan dan mencukupi pupuk organik sebagai hasil sampingan produksi biogas.

E. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dibatasi pada kajian terhadap pemanfaatan limbah jerami padi sebagai bahan baku biogas, dalam hal ini mencakup efektivitas jenis biostarter kotoran sapi dan kotoran ayam, jumlah biostarter optimum dan waktu fermentasi optimum yang diperlukan untuk menghasilkan biogas.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Jerami Padi

Padi pada saat ini tersebar luas di seluruh dunia dan tumbuh di hampir semua bagian dunia yang memiliki cukup air dan suhu udara cukup hangat. Dalam proses pemanenan padi terdapat limbah diantaranya berupa jerami padi yang sampai saat ini belum banyak dimanfaatkan. Produksi jerami padi di Indonesia juga merupakan salah satu yang terbesar. Pada Tabel 1 berikut dapat dilihat data produksi jerami padi diberbagai negara.

Jumlah jerami padi memang cukup banyak, bergantung pada luas tanaman. Perbandingan antara bobot gabah yang dipanen dengan jerami (*grain straw ratio*) pada saat panen padi umumnya 2:3. Kalau produksi gabah nasional 54 juta ton pada tahun 2005, berarti terdapat 80 juta ton jerami pada tahun tersebut. Apabila jerami diangkut ke luar persawahan dengan truk, masing-masing truk berkapasitas muat 4 ton, maka diperlukan 20 juta truk untuk mengangkut jerami setiap tahun. Pada tahun 2010 produksi jerami diperkirakan mencapai 84 juta ton (Makarim, 2007).

Tabel 1. Data perkiraan produksi jerami diberbagai negara

Negara	Luas Panen (‘000 ha)	Produksi (‘000 Ton)	Prakiraan Produksi Jerami (‘000 Ton) ¹⁾
Cina	30.503	190.168	285.252
India	44.600	161.500	242.250
Indonesia	11.523	51.000	76.500
Bangladesh	10.700	35.821	53.732
Vietnam	7.655	32.554	48.831
Thailand	10.048	23.403	35.105
Myanmar	6.211	20.125	30.188
Filipina	4.037	12.415	18.623
Jepang	1.770	11.863	17.796
Brasil	3.672	11.168	16.752
Amerika Serikat	1.232	8.669	13.004
Korea Selatan	1.072	7.067	10.60
Pakistan	2.312	7.000	10.500
Nepal	1.550	4.030	6.045
Nigeria	2.061	3.277	4.916

¹⁾ Angka perkiraan, berdasarkan *grain ratio* 2:3
 Sumber : Maclean *et al.* (2002) dalam Makarim (2007)

5. Biomassa dan Sifat Jerami Padi

Jerami merupakan bagian vegetatif dari tanaman padi (batang, daun, dan tangkai malai). Pada waktu tanaman dipanen, jerami adalah bagian tanaman yang tidak diambil. Bobot Jerami padi merupakan fungsi dari ketersediaan air, varietas, nisbah gabah/jerami, cara budidaya, kesuburan tanah, musim, iklim dan ketinggian tempat (Makarim, 2007)

a. Sifat Fisika

Secara umum jerami memiliki sifat-sifat fisik yang hampir sama, yaitu dengan panjang batang 40 cm – 60 cm dan batang berupa buluh beruas-ruas yang bagian dalamnya berongga, dan bulk densitas : 40-256 kg/m³ (Mediastika, 2007).

Jerami terdiri atas daun, pelepah daun, ruas atau buku. Ketiga unsur ini relatif kuat karena mengandung silika dan selulosa yang tinggi sehingga pelapukanya memerlukan waktu. Namun jika diberi perlakuan tertentu akan mempercepat terjadi perubahan strukturnya (Makarim 2007).

Namun demikian, bila diamati secara sungguh-sungguh dan dengan pengamatan secara fisik, ada beberapa perbedaan mendasar, terutama mengenai tingkat kekerasan batang utama pada beberapa jenis jerami. Jerami padi lokal, seperti rojolele, memiliki karakter batang yang lebih lunak dibandingkan jerami padi varietas persilangan, seperti IR. Jerami padi sawah juga lebih lunak dari pada jerami padi gogo (sawah kering). Demikian pula jerami padi lebih lunak dari pada jerami padi ketan (Mediastika, 2007).

b. Sifat Kimia

Menurut Winarno (1985) kandungan dari jerami bagian khusus batang adalah sebagai berikut :

- Selulosa = 66,8 %
- Hemiselulosa = 15,04 %
- Abu = 4,15%
- Lignin = 14,21 %

Jerami yang mengandung sekitar 40% C dan mudah dirombak secara biologis merupakan substrat untuk pertumbuhan mikroorganisme tanah. Ketika jerami ditanamkan ke sawah, maka dalam tanah segera terjadi berbagai reaksi biokimia seperti (a) reduksi tanah yang berkaitan

dengan perubahan kimia, (b) imobilisasi dan fiksasi N, (c) produksi asam-asam organik, dan (d) pelepasan gas CO_2 , CH_4 , C_2H_4 , dan H_2S (Yoshida, 1978). Proses tersebut secara langsung maupun tidak langsung mempengaruhi ketersediaan dan penyerapan hara oleh tanaman.

Di Indonesia rata-rata kadar hara jerami padi adalah 0,4% N; 0,02% P; 1,4% K; dan 5,6% Si. Untuk setiap 1 ton gabah (GKG) dari pertanaman padi dihasilkan pula 1,5 ton jerami yang mengandung 9 kg N, 2 kg P, 25 kg K, 2 kg S, 70 kg Si, 6 kg Ca, dan 2 kg Mg. Jerami padi mengandung 40 – 30% C (Ponnamperuma dan Wen, 1984).

Senyawa C-N jerami merupakan substrat bagi metabolisme mikroorganisme, meliputi gula, pati, selulosa, hemiselulosa, pektin, lignin, lemak dan protein (Matsuguchi, 1979).

6. Pengolahan Jerami Padi Oleh Petani

Menurut Makarim (2007), di Indonesia pada umumnya, jerami padi belum dinilai sebagai produk yang memiliki nilai ekonomi. Petani membiarkan siapa saja untuk mengambil jerami dari lahan sawahnya. Dibeberapa daerah, petani bahkan senang bila sawahnya bebas dari jerami. Pada sistem usaha tani yang intensif jerami sering dianggap sebagai sisa tanaman yang mengganggu pengolahan tanah dan penanaman padi. Oleh karena itu, 75-80 % petani membakar jerami di tempat beberapa hari setelah padi dipanen. Sebagian petani memotong jerami dan menimbunnya di pinggir petakan sawah kemudian membakarnya.

Tanpa disadari, tujuan membakar jerami di tempat adalah untuk mengembalikan hara dari jerami ke dalam tanah, mematikan hama yang tertinggal pada jerami, mematikan patogen penyakit dan memusnahkan gulma. Tetapi tujuan utama petani membakar jerami adalah menyingkirkan jerami dari petakan sawah dengan cara yang praktis. Perhitungan untung-rugi atas tindakan pembakaran jerami belum dipertimbangkan oleh petani.

Padahal tidak semua hama tanaman akan mati pada saat jerami dibakar karena hama dewasa dapat berpindah tempat. Tikus akan masuk ke liang dan beberapa jenis gulma, seperti rumput teki (*Cyperus rotundus*), tidak mati pada saat jerami dibakar. Sebaliknya, parasit dan predator yang berfungsi sebagai musuh alami hama dan penyakit justru mati pada saat jerami terbakar, sehingga berpengaruh negatif terhadap keseimbangan hayati. Demikian juga mikroba yang berguna dalam proses biologis, seperti perombak bahan organik pengikat nitrogen, dan mikroba yang memiliki fungsi biologis lain, akan ikut mati dan sukar tergantikan keberadaannya. Suhu dipermukaan tanah pada saat jerami terbakar dapat mencapai 700 °C, yang tentu saja mematikan kehidupan parasit, predator, mikroba hama dan penyakit di tempat pembakaran. Beberapa jenis hara juga akan hilang akibat pengaruh suhu tinggi pada saat pembakaran jerami (Makarim, 2007).

Indonesia memproduksi 54 juta ton gabah kering pada tahun 2005, menghasilkan sekitar 80 juta ton jerami yang mengandung 400.000

ton N, 80.000 ton P_2O_5 , dan 800.000 ton K_2O . dalam bentuk pupuk, hara dari jerami yang dihasilkan tersebut setara dengan 870.000 ton urea, 222.000 ton SP36, dan 1,6 juta ton KCl, atau setara dengan 2,69 juta ton pupuk. Kalau harga rata-rata pupuk Rp 1.200 per kg, maka hara dari jerami padi bernilai ekonomi sebesar Rp 3,2 trilyun per tahun. Dari satu hektar lahan sawah dihasilkan 5-8 ton jerami, bergantung pada varietas yang ditanam dan tingkat kesuburan tanah (Makarim, 2007).

Dari data jumlah produksi jerami yang sangat besar ini dan meningkat setiap tahunnya, peningkatan nilai manfaat jerami pun perlu dilakukan. Produksi sejenis yang bernilai ekonomi Rp 3.2 trilyun setiap tahun mestinya merupakan produk yang sangat berharga. Tetapi dalam praktek, petani masih kurang memperhatikannya. Belum lagi nilai fungsi bahan organik jerami terhadap perbaikan sifat fisik dan biologis tanah, dan nilai hara mikro pada jerami, yang masih belum terpikirkan oleh masyarakat. Manfaat jerami perlu digali dan dikembangkan menjadi barang berharga mengingat potensinya yang sangat besar dan tidak akan ada habis-habisnya (Makarim, 2007).

Para petani menganggap limbah jerami tidak bermanfaat lagi. Namun berbeda dengan Cina, yang mengaku negara penghasil padi terbesar di dunia, setiap tahunnya limbah padi yang didapat setelah panen mencapai 230 juta ton. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh para peneliti Cina, salah satunya bernama Xiujin Li, melaporkan bahwa mereka telah melakukan penelitian untuk mendapatkan biofuel dari limbah padi.

Penelitian mereka yang rencananya akan diterbitkan di jurnal *Energy & Fuels, America Chemical Society*, memaparkan suatu metode untuk mendorong produksi biofuel hingga 65%. Limbah padi selama ini belum dimanfaatkan untuk biogas karena selulose yang dimilikinya mempunyai struktur fisika dan kimia yang kompleks tidak mudah diurai bakteri. Xiujin Li dan rekan-rekannya memberikan perlakuan batang padi dengan sodium hydroxide terlebih dulu, sebelum diberikan pada bakteri untuk difermentasi menjadi biogas. Perlakuan awal tersebut dapat meningkatkan produksi biogas dengan terbentuknya lebih banyak selulose dan komposisi lain di dalam batang padi tersebut. Tiga fasilitas prototip hingga kini telah dibangun di Cina menggunakan teknologi tersebut. Bagaimana dengan Indonesia yang memiliki sumber limbah padi yang cukup potensial untuk menghasilkan biogas. Ini adalah tantangan kita bersama untuk mengoptimalkan potensi limbah padi di Indonesia (Vikikurdiansyah, 2008)

Kotoran hewan lebih sering dipilih sebagai bahan pembuat biogas karena ketersediaannya yang sangat besar. Bahan ini memiliki keseimbangan nutrisi, mudah diencerkan dan relatif dapat diproses secara biologi. Selain itu kotoran segar lebih mudah diproses dibandingkan kotoran yang lama dan atau telah dikeringkan, disebabkan karena hilangnya substrat volatil solid selama proses pengeringan (Fischer dkk, 2000)

7. **Kotoran Sapi**

Kotoran sapi merupakan substrat yang dianggap paling cocok sebagai sumber pembuat biogas, karena substrat tersebut telah mengandung bakteri penghasil gas metan yang terdapat dalam perut hewan ruminansia (Kadarwati, 2003). Keberadaan bakteri dalam usus besar hewan ruminansia tersebut membantu proses fermentasi, sehingga proses pembentukan biogas pada tangki pencerna (reactor digester) dapat dilakukan lebih cepat. Walaupun demikian, bila kotoran tersebut akan langsung diproses dalam tangki pencerna, perlu dilakukan pembersihan terlebih dahulu. Kotoran tersebut harus bersih dari jerami, dan bahan asing lainnya untuk mencegah terbentuknya buih (The Pembina Institut, 2006)

8. **Kotoran Ayam**

Limbah yang dihasilkan dari usaha peternakan ayam terutama berupa kotoran ayam dan bau yang kurang sedap serta air buangan. Air buangan berasal dari cucian tempat pakan dan minum ayam serta keperluan domestik lainnya. Jumlah air buangan ini sedikit dan biasanya terserap ke dalam tanah serta tidak berpengaruh besar terhadap lingkungan sekitar. Air buangan mempunyai pH netral (7), kandungan senyawa organik rendah yang ditunjukkan dengan nilai *Bio Oxygen Demand* (BOD) 15,32 - 68,8 dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) 35,12 – 92 (Fauziah, 2009)

Jumlah kotoran ayam yang dikeluarkan setiap harinya banyak, rata-rata per ekor ayam 0,15 kg (Charles dan Hariono, 1991). Fontenot et al. (1983) melaporkan bahwa rata rata produksi buangan segar ternak ayam petelur adalah 0,06 kg/hari/ekor, dan kandungan bahan kering sebanyak 26%, sedangkan dari pemeliharaan ayam pedaging kotoran yang dikeluarkan sebanyak 0,1 kg/hari/ekor dan kandungan bahan keringnya 25%. Kotoran ayam terdiri dari sisa pakan dan serat selulosa yang tidak dicerna. Kotoran ayam mengandung protein, karbohidrat, lemak dan senyawa organik lainnya. Protein pada kotoran ayam merupakan sumber nitrogen selain ada pula bentuk nitrogen inorganik lainnya. Komposisi kotoran ayam sangat bervariasi bergantung pada jenis ayam, umur, keadaan individu ayam, dan makanan (Foot et al., 1976). Komposisi rata-rata kotoran ayam pedaging berdasarkan bobot basah.

Tabel 2. Kandungan rata-rata unsur pada kotoran ayam pedaging

Nama unsur (Minimum)	Kandungan unsur pada kotoran/bobot basah (Maksimum Rata-rata)		
Total padatan (%)	38,00	92,00	75,80
Total N (%)	0,89	5,80	2,94
NH ₄ -N (%)	0,08	1,48	0,75
P ₂ O ₅ (%)	1,09	6,14	3,22
K ₂ O (%)	0,63	4,26	2,03
Ca (Kalsium) (ppm)	0,51	6,22	1,79
Mg (Magnesium) (ppm)	0,12	1,37	0,52
Sulfida (ppm)	0,07	1,05	0,52
Mn (Mangan) (ppm)	66,00	579,00	266,00
Zn (Seng) (ppm)	48,00	583,00	256,00
Cu (Tembaga) (ppm)	16,00	634,00	283,00

Sumber: Malone (1992)

B. Biogas

Menurut Wahyuni (2011^b:13) biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme dalam kondisi tanpa udara (anaerobik). Biogas adalah campuran gas yang dihasilkan dari aktivitas bakteri metanogenik pada kondisi anaerobik atau fermentasi bahan-bahan organik. Karena proses ini menggunakan kinerja campuran mikroorganisme dan tergantung terhadap berbagai faktor seperti suhu, pH, *hydraulic retention*, rasio C:N dan sebagainya sehingga proses ini berjalan lambat (Yadvika *et al.* 2004).

Biogas adalah gas yang dihasilkan oleh proses fermentasi dari bahan-bahan organik, termasuk kotoran manusia dan hewan, limbah rumah tangga, dan sampah-sampah organik secara anaerobik. Biogas dapat digunakan sebagai bahan bakar dan juga dapat menghasilkan listrik. Ada beberapa alasan mengapa biogas merupakan bahan bakar alternatif terbaik, di antaranya biogas memproduksi bahan bakar ramah lingkungan, dan biogas juga memiliki kandungan energi dalam jumlah yang besar (Haryati, 2006).

Karbon dalam biogas merupakan karbon yang diambil dari atmosfer oleh fotosintesis tanaman, sehingga bila dilepaskan lagi ke atmosfer tidak akan menambah jumlah karbon di atmosfer bila dibandingkan dengan bahan bakar fosil. Biogas juga tidak menghasilkan limbah yang bisa mencemari lingkungan. Gas metana dalam biogas bisa terbakar sempurna. Sebaliknya, gas metana dalam bahan bakar fosil tidak bisa terbakar sempurna dan akan membahayakan lingkungan. Seperti kita

ketahui, metana termasuk dalam gas-gas rumah kaca yang bisa menyebabkan pemanasan global (*global warming*). Sehingga penggunaan biogas bisa mencegah resiko terjadinya *global warming* (Wahyuni, 2008).

Limbah biogas dapat digunakan sebagai pupuk. Limbah biogas, yaitu kotoran ternak yang telah hilang gasnya (*slurry*) merupakan pupuk organik yang sangat kaya akan unsur-unsur yang sangat dibutuhkan tanaman. Bahkan, unsur-unsur tertentu seperti protein, selulose, dan lignin tidak bisa digantikan oleh pupuk kimia. Dengan demikian kita juga bisa mengurangi anggaran untuk membeli pupuk (Wahyuni, 2011^b).

Menurut Indiarsono (2006), teknologi biogas pada dasarnya memanfaatkan proses pencernaan yang dilakukan bakteri metanogen yang produknya berupa gas metan (CH₄) yang mencapai 60 %. Bakteri ini bekerja pada lingkungan yang tidak ada udara (*anaerob*), sehingga proses ini juga disebut pencernaan anaerob (*anerob digestion*). Adapun komposisi biogas dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi Biogas

No	Komponen Gas	Rumus Kimia	Persentase (%)
1	Methana	CH ₄	55 – 75 %
2	Karbon Dioksida	CO ₂	25 – 45 %
3	Karbon Monoksida	CO	0 – 0.3 %
4	Nitrogen	N ₂	1 – 5 %
5	Hidrogen	H ₂	0 – 3 %
6	Hidrogen Sulfida	H ₂ S	0.1 – 0.5 %
7	Oksigen	O ₂	Sedikit

Sumber : Karellas (2010)

Selanjutnya bahan baku biogas dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Bahan baku biogas

Bahan	Produksi biogas (L/Kg TS*)	Kadar Metana dalam Biogas (%)	Waktu Tinggal (hari)
Pisang (buah & daun)	940	53	15
Rumput	450-530	55-57	20
Jagung (batang secara keseluruhan)	350-500	50	20
Jerami (dicacah)	250-350	58	30
Tanaman rawa	380	56	20
Kotoran ayam	300-450	57-70	20
Kotoran domba	180-220	56	20
Kotoran sapi	190-220	68	20
Sampah (fraksi organik)	380	56	25

*) TS = *total solids*/bahan kering

Sumber : Arati (2009)

Berdasarkan Tabel 4, dapat dijelaskan bahwa jerami merupakan salah satu bahan organik yang bisa dijadikan sebagai bahan baku pembuatan biogas, tapi kandungan jerami yang mempunyai sedikit kandungan karbohidrat dan banyak serat membuatnya lebih sulit untuk dicerna dalam bak digester. Oleh karena itu, sebelum jerami dimasukkan kedalam digester sebelumnya harus difermentasi terlebih dahulu dengan tujuan untuk meningkatkan kandungan karbohidrat dalam jerami tersebut.

Limbah pertanian termasuk jerami padi merupakan sumber bahan organik yang tersedia dalam jumlah banyak dan terus menerus diproduksi tapi belum dimanfaatkan secara optimal. Limbah pertanian tersebut dihasilkan selama proses produksi di lapangan, panen, dan pasca panen. Limbah pertanian khususnya jerami padi mengandung bahan organik berupa karbohidrat, protein, lemak, dan bahan penyusun lainnya. Pada dinding selnya terkandung selulosa, hemiselulosa dan lignin. Bahan

organik dari limbah jerami padi dapat diuraikan menjadi bentuk lain dengan cara aerob maupun anaerob. Hasil akhir dari kedua macam fermentasi tersebut berbeda, tergantung cara yang digunakan. Fermentasi secara aerob akan menghasilkan, ammonia (NH_3), dan karbondioksida (CO_2). Proses fermentasi secara anaerob akan menghasilkan biogas dan limbah (*sludge*).

Menurut Wahyuni (2011^b) beberapa keuntungan yang dihasilkan dari digester anaerobik sebagai berikut:

1. Keuntungan pengolahan limbah:
 - a. Digunakan untuk proses pengolahan limbah yang alami
 - b. Lahan yang dibutuhkan lebih kecil dibandingkan dengan lahan untuk proses membuat kompos
 - c. Memperkecil rembesan polutan
 - d. Menurunkan volume limbah yang dibuang.
2. Keuntungan energi:
 - a. Menghasilkan energi yang bersih dengan nyala api berwarna biru
 - b. Menghasilkan bahan bakar berkualitas tinggi dapat diperbaharui;
 - c. Dapat digunakan untuk berbagai penggunaan
 - d. Tidak mudah meledak.
3. Keuntungan lingkungan:
 - a. Mengurangi polusi udara
 - b. Memaksimalkan proses daur ulang
 - c. Pupuk yang dihasilkan bersih dan kaya nutrisi

- d. Menurunkan emisi gas metan dan CO₂ secara signifikan
 - e. Memperkecil kontaminasi sumber air karena dapat menghilangkan bakteri Coliform sampai 99%
 - f. Tidak menimbulkan bau yang berbahaya bagi kesehatan manusia
4. Keuntungan ekonomi
- Ditinjau dari siklus ulang proses, digester anaerobik lebih ekonomis dibandingkan proses lainnya.

C. Pemanfaatan Biogas

Energi memiliki peranan penting dan tidak dapat dilepaskan dalam kehidupan manusia. Saat ini, hampir semua aktivitas manusia sangat tergantung pada energi. Selain energi matahari, manusia juga memanfaatkan energi lain yang sifatnya tidak dapat diperbaharui. Contohnya, minyak bumi, gas, mineral, dan batu bara. Umumnya energi tersebut bersifat terbatas sehingga menuntut manusia untuk lebih bijak dalam penggunaannya (Wahyuni, 2011^a:3).

Pemanfaatan energi yang tidak dapat diperbaharui secara berlebihan dapat menimbulkan masalah krisis energi. Salah satu gejala krisis energi yang terjadi akhir-akhir ini yaitu kelangkaan bahan bakar minyak (BBM) seperti minyak tanah, bensin, dan solar. Kelangkaan terjadi karena tingkat kebutuhan BBM sangat tinggi dan selalu meningkat setiap tahunnya. Selain itu, kelangkaan bahan bakar minyak juga disebabkan oleh kenaikan harga minyak dunia yang signifikan, yang telah mendorong

pemerintah untuk mengajak masyarakat dapat mengatasi masalah energi dengan menciptakan teknologi tepat guna yang relatif sederhana melalui sumber energi alternatif (Rahman, 2009).

Sumber energi alternatif tersebut harus dapat memenuhi kebutuhan manusia dan memiliki harga yang terjangkau. Salah satu sumber energi murah yang dapat menjadi alternatif adalah biogas. Biogas merupakan teknologi pembentukan energi dengan memanfaatkan limbah seperti limbah pertanian, limbah peternakan, dan limbah manusia. Selain menjadi energi alternatif, biogas juga dapat mengurangi permasalahan lingkungan, seperti polusi udara, polusi tanah dan pemanasan global (Sufyandi, 2001).

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 dan mudah untuk diperbanyak. Solusi yang tepat untuk menjadi alternatif bagi sumber energi lain yang memang tidak dapat diperbaharui. Biogas juga tidak memiliki resiko meledak sehingga tidak berbahaya untuk digunakan. Hasil pembuatan biogas dapat dijadikan produk sampingan seperti pupuk sehingga dapat menambah penghasilan peternak dan petani (Wibowo dkk, 2005).

Biogas dapat menyalakan bunga api dengan energi 6.400-6.600 Kcal/m³, sehingga dapat dijadikan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan terbarukan. Kandungan 1 m³ biogas setara dengan 0,62

Kg minyak tanah, 0,46 liter elpiji, 0,52 liter minyak solar, 0,80 liter bensin, dan 3,50 Kg kayu bakar (Wahyuni, 2011^b:11).

Biogas memiliki kandungan energi tinggi yang tidak kalah dari kandungan energi dalam bahan bakar fosil. Nilai kalori dari 1 m³ biogas sekitar 6000 watt jam, setara dengan setengah liter minyak diesel. Oleh karena itu biogas sangat cocok menggantikan minyak tanah, LPG, butana, batu bara, dan bahan bakar fosil lainnya. Biogas mengandung 75% metana. Semakin tinggi kandungan metana dalam bahan bakar, semakin besar kalor yang dihasilkan. Oleh karena itu, biogas juga memiliki karakteristik yang sama dengan gas alam. Sehingga jika biogas diolah dengan benar, biogas bisa digunakan untuk menggantikan gas alam. Dengan demikian jumlah gas alam bisa dihemat (Suwanto, 1998).

Metan dalam biogas, bila terbakar akan relatif lebih bersih daripada batu bara, dan menghasilkan energi yang lebih besar dengan emisi karbon dioksida yang lebih sedikit. Karbon dalam biogas merupakan karbon yang diambil dari atmosfer oleh fotosintesis tanaman, sehingga bila dilepaskan lagi ke atmosfer tidak akan menambah jumlah karbon di atmosfer bila dibandingkan dengan pembakaran bahan bakar fosil (Winarno dan Fardiaz, 2003).

Adapun komposisi biogas dari berbagai substrat dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Komposisi Biogas dari Berbagai Substrat

Senyawa	Komponen Biogas Dari Berbagai Sumber		
	Sampah kota	Kotoran hewan	Residu Pertanian
Methan (CH ₄)	54 -74 %	57,7 %	50 -70 %
Karbon Dioksida (CO ₂)	27 – 45 %	32,8 %	48.2 %
Oksigen (O ₂)	0,1 %	1,5 %	0,1 %
Nitrogen (N ₂)	0,5 – 3 %	7,8 %	1,34 %

Sumber: Harahap, 1978

Nilai kalori gas metan 17% lebih tinggi dari bensin. Nilai kalori gas metan murni 8.900 Kcal/m³, sedangkan nilai kalori biogas yang masih berupa campuran gas-gas berkisar 5.000 - 6.513 Kcal/m³. Oleh karena itu biogas sangat cocok digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan pengganti minyak tanah, LPG, butana, batu bara, maupun bahan-bahan lain yang berasal dari fosil (Wahyuni, 2011^a)

Menurut Wahyuni (2011^b:13) beberapa keuntungan yang dapat diraih dengan memanfaatkan biogas sebagai berikut:

1. Mewujudkan peternakan yang bersih dan ramah lingkungan serta berwawasan budaya;
2. Mendorong pola pemeliharaan ternak dari ekstensif menjadi intensif atau semi intensif sehingga pengelolaan ternak untuk tujuan produksi dan reproduksi lebih optimal;
3. Menciptakan peluang usaha yang ekonomis, mulai dari skala usaha kecil hingga skala besar;
4. Menghemat pengeluaran petani dengan memanfaatkan biogas sebagai pengganti bahan bakar minyak tanah atau kayu bakar untuk memasak dan penerangan, serta dapat digunakan sebagai pembangkit listrik;

5. Meningkatkan pendapatan petani dengan dihasilkannya pupuk organik berkualitas siap pakai, sehingga ketergantungan petani terhadap pupuk anorganik akan berkurang;
6. Membuka lapangan kerja di pedesaan dengan dukungan bahan bakar alternatif;
7. Membantu dalam memperlambat laju pemanasan global dengan menurunkan gas emisi rumah kaca.

Selain itu, keuntungan lain yang bisa dicapai dan turut membantu program pemerintah sebagai berikut:

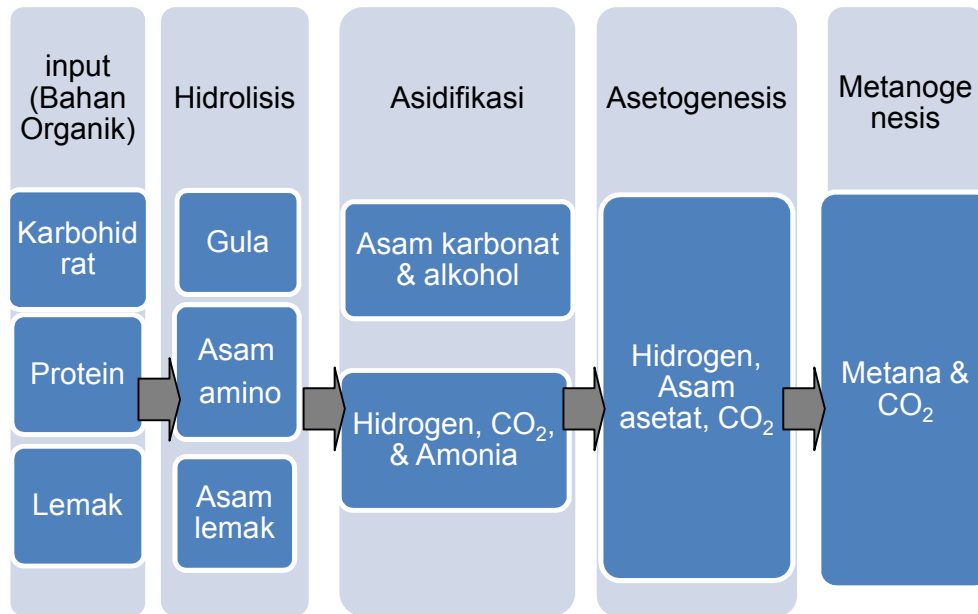
1. Menyediakan energi alternatif terbarukan
2. Menyediakan pupuk organik yang bermutu dan siap pakai
3. Membantu dalam memperlambat laju pemanasan global
4. Menjadi stimulus bagi peternak untuk peningkatan populasi ternak.

D. Proses Pembentukan Biogas

Prinsip dasar teknologi biogas adalah proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme dalam kondisi tanpa oksigen (*anaerob*) untuk menghasilkan campur dari beberapa gas, seperti metan dan CO₂. Biogas dihasilkan dengan bantuan bakteri metanogen atau metanogenik. Bakteri ini secara alami terdapat dalam limbah yang mengandung bahan organik, seperti limbah ternak dan sampah organik. Proses tersebut dikenal dengan istilah *anaerobic digestion* atau pencernaan secara anaerob. Biogas diproduksi dengan menggunakan alat yang disebut reaktor biogas (*digester*) yang dirancang agar kedap

udara (*anaerobik*), sehingga proses penguraian oleh mikroorganismenya dapat berjalan secara optimal (Yani dan Darwis, 1990).

Tahapan pembentukan biogas dapat dilihat pada Gambar 1.



Sumber: Lateng (2010)

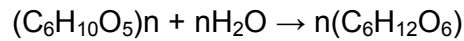
Gambar 1. Tahapan Pembentukan Biogas.

Menurut Gijzen (1987), dekomposisi anaerobik pada biopolymer organik kompleks menjadi gas metan dilakukan oleh aktivitas kombinasi mikroba. Secara umum dekomposisi ini dapat digolongkan dalam empat reaksi, yaitu: hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis dan metanogenesis.

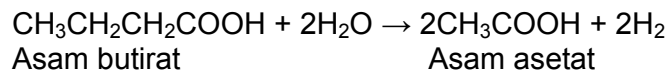
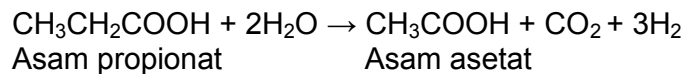
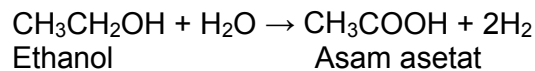
Berdasarkan Gambar 1, dapat dibuat persamaan reaksi sebagai berikut :

- Input (karbohidrat, protein, lemak)

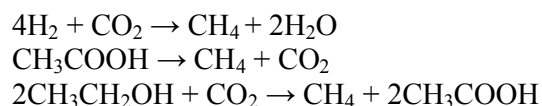
- Tahap hidrolisis, dekomposisi bahan organik polimer menjadi monomer yang mudah larut, seperti karbohidrat (polisarida) dipecah menjadi glukosa



- Tahap asidifikasi, dekomposisi monomer organik menjadi asam-asam organik dan alkohol (asam format, asetat, butirat, propionat, laktat, etanol) serta dihasilkan juga CO₂, H₂ dan amonia
- Tahap asetogenesis, perubahan asam organik dan alkohol menjadi asam asetat.



- Tahap metanogenesis, perubahan asam asetat menjadi metan.



Berikut dapat dijelaskan mekanisme dekomposisi anaerobik bahan organik sebagai berikut:

1. Hidrolisis

Menurut Yadvika *et al.* (2004), dalam tahapan hidrolisis terjadi pemecahan enzimatik dari bahan yang tidak mudah larut seperti lemak, polisakarida, protein, asam nukleat dan lain-lain menjadi bahan yang mudah larut. Protein dihidrolisis menjadi asam-asam amino, karbohidrat

menjadi gula-gula sederhana, sedang lemak diurai menjadi asam rantai pendek (Yani dan Darwis 1990).

Pemecahan ini dilakukan oleh sekelompok bakteri anaerobik seperti *Bactericides* dan *Clostridia*, maupun bakteri fakultatif, seperti *Streptococci* (Yadvika *et al*, 2004) dan dibantu oleh enzim selulolitik, lipolitik, proteolitik dan lainnya sehingga mempercepat dekomposisi polimer menjadi monomer-monomer (NAS, 1977).

2. Asidogenesis

Pada tahap asidogenesis, bakteri menghasilkan asam, mengubah senyawa rantai pendek hasil proses pada tahap hidrolisis menjadi asam asetat, hidrogen dan karbondioksida. Bakteri tersebut merupakan bakteri anaerobik yang dapat tumbuh dan berkembang pada keadaan asam. Untuk menghasilkan asam asetat bakteri tersebut memerlukan oksigen dan karbon yang diperoleh dari oksigen yang terlarut dalam larutan, pembentukan asam dalam kondisi anaerobik sangat penting untuk membentuk gas metan oleh mikroorganisme pada proses selanjutnya. Selain itu, bakteri tersebut juga mengubah senyawa yang bermolekul rendah menjadi alkohol, asam organik, asam amino, karbondioksida, H₂S dan sedikit gas metan (Amaru, 2004).

Menurut Bryant (1987) produk terpenting dalam tahapan asidogenesis adalah asam asetat, asam propionate, asam butirat, H₂ dan CO₂. Selain itu dihasilkan sejumlah kecil asam formiat, asam laktat, asam valerat, methanol, etanol, butadienol dan aseton.

Bakteri pembentuk asam biasanya dapat bertahan dalam kondisi yang mendadak daripada bakteri penghasil metan. Bakteri ini jika dalam kondisi anaerobik, mampu menghasilkan makanan pokok untuk penghasil gas metan dan aktifitas enzim yang dihasilkan terhadap protein dan asam amino akan membebaskan garam-garam amino yang merupakan satu-satunya sumber nitrogen yang dapat diterima oleh bakteri penghasil metan (Yani dan Darwis, 1990).

3. Asetogenesis

Tidak semua produk asetogenesis dapat dipergunakan secara langsung pada tahap metanogenesis, Bryant (1987) dan Hashimoto (1980), mengemukakan bahwa alkohol dan asam *volatile* rantai pendek tidak dapat langsung dipergunakan sebagai substrat pembentuk metan, tetapi harus dirombak dulu oleh bakteri asetogenik menjadi asetat, H₂ dan CO₂.

Asam lemak yang teruapkan dari hasil asidogenesis digunakan sebagai energi oleh beberapa bakteri obligat anaerobik. Tetapi bakteri-bakteri tersebut hanya mampu mendegradasi asam lemak menjadi asam asetat. Salah satunya adalah degradasi asam propionate oleh *Synthrophobacter wolini* (Weismann, 1991). Produk yang dihasilkan ini menjadi substrat pada pembentukan gas metan oleh bakteri metanogenik. Setelah asidogenesis dan asetogenesis, diperoleh asam asetat, hidrogen, dan karbondioksida yang merupakan hasil degradasi anaerobik bahan organik.

4. Metanogenesis

Metanogenesis merupakan tahap akhir semua tahap konversi anaerobik dari bahan organik menjadi metan dan karbondioksida. Pada tahap awal pertumbuhannya, bakteri metanogenik bergantung pada ketersediaan nitrogen dalam bentuk ammonia dan jumlah substrat yang digunakan. Pada tahap metanogenesis, bakteri metnogenik mensintesis senyawa dengan berat molekul rendah menjadi senyawa dengan berat molekul tinggi. Sebagai contoh, bakteri ini menggunakan hidrogen, CO₂ dan asam asetat untuk membentuk metana dan CO₂.

Bakteri penghasil asam dan gas metan bekerjasama secara simbiosis. Bakteri penghasil asam membentuk keadaan lingkungan yang ideal untuk bakteri penghasil metana. Sedangkan bakteri pembentuk gas metan menggunakan asam yang dihasilkan bakteri penghasil asam. Tanpa adanya proses simbiotik tersebut, akan menciptakan kondisi toksik bagi mikroorganisme penghasil asam (Amaru, 2004).

E. Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Biogas

Menurut Wahyuni (2011^b) faktor dalam (dari digester) dan faktor luar yang mempengaruhi pembuatan biogas:

1. Jenis Bahan Organik (Substrat)

Jenis bahan organik yang digunakan dapat berpengaruh terhadap lama waktu fermentasi oleh bakteri. Pasalnya masing-masing jenis bahan organik memiliki total padatan yang berbeda sehingga proses pembusukan

material padatan pun akan berbeda. Secara umum, urutan kandungan bahan organik berdasarkan lamanya waktu penguraian yaitu gula, protein, lemak, hemiselulosa, selulosa dan lignin. Bahan organik berupa limbah pertanian yang banyak mengandung selulosa dan lignin biasanya lebih lama diuraikan dibandingkan dengan limbah kotoran ternak. Karena itu, bahan organik berupa kotoran ternak harus dicampur dengan rumput kering atau limbah pertanian agar proses fermentasi dapat berlangsung optimal.

2. Kadar Air

Menurut Buren (1979), agar dapat beraktifitas normal, bakteri penghasil biogas memerlukan substrat dengan kadar air 90% dan kadar padatan 8-10%. Jika bahan yang digunakan merupakan bahan berjenis kering, maka perlu ditambah air, tetapi jika substratnya berbentuk lumpur, maka tidak perlu penambahan banyak air.

3. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman pada saat proses fermentasi akan mengalami penurunan menjadi 6 atau lebih rendah akibat terbentuknya asam organik. Padahal, kehidupan mikroorganisme selama proses fermentasi akan efektif dengan pH 6,5-7,5. Setelah 2-3 minggu, pH akan naik kembali yang menandakan perkembangan bakteri metan. Penurunan pH yang ekstrem dapat dicegah dengan menambahkan larutan kapur, seperti Ca(OH)_2 atau CaCO_3 . Laju pencernaan anaerobik akan menurun jika kondisi pH lebih rendah atau tinggi dari pH normal. Derajat keasaman yang rendah

menyebabkan tidak seimbangnya populasi bakteri metanogenik terhadap bakteri asam sehingga dapat menggagalkan proses pencernaan anaerobik.

4. Imbangan C/N

Aktivitas mikroorganisme yang berperan selama proses fermentasi sangat tergantung dari imbangan C/N. Mikroorganisme perombak dapat beraktivitas secara optimum jika imbangan C/N sebesar 25-30. Imbangan C/N tinggi pada bahan organik akan menyebabkan produksi metan yang rendah. Pasalnya, bahan dengan imbangan C/N tinggi hanya mengandung nitrogen dengan kadar yang rendah. Padahal, sangat dibutuhkan sebagai sumber energi untuk perkembangbiakan mikroorganisme pengurai. Karena itu, untuk meningkatkan kadar nitrogen pada bahan, harus ditambahkan bahan organik yang mengandung nitrogen yang tinggi seperti kotoran hewan ternak.

5. Suhu

Gas metana dapat diproduksi pada tiga kisaran temperatur sesuai dengan sifat dan karakteristik bakteri yang ada. Bakteri *psychrophilic* 0-7 °C, bakteri *mesophilic* pada temperatur 13-40 °C, sedangkan *thermophilic* pada temperatur 55-60 °C (Fry, 1974).

Aktivitas bakteri penghasil biogas juga sangat dipengaruhi oleh suhu di dalam digester. Perubahan suhu yang mendadak dalam digester biogas dapat mengakibatkan penurunan produksi biogas secara cepat. Karena itu agar suhu dapat stabil, instalasi biogas harus ditempatkan

didalam tanah. Biasanya, suhu optimum untuk produksi biogas adalah 32-37°C. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan digester rentan mengalami kerusakan, sehingga dibutuhkan pemeliharaan yang saksama. Penggunaan digester yang kedap udara seperti *fiber glass* dapat membantu mengatasi perubahan suhu karena selama proses fermentasi tidak akan terpengaruh oleh suhu udara luar.

6. Zat Toksik

Zat toksik yang terkandung dalam bahan organik atau alat produksi biogas dapat menjadi penghambat pertumbuhan mikroorganisme sehingga menurunkan produksi biogas. Zat toksik tersebut diantaranya ion mineral dan logam berat, seperti tembaga, detergen, pestisida, kaporit, dan antibiotik yang bersifat racun. Ion mineral dibutuhkan untuk merangsang pertumbuhan mikroorganisme dalam digester. Namun, jika terlalu banyak dapat menjadi racun bagi mikroorganisme tersebut. Untuk mengurangi pencampuran bahan baku organik dengan zat toksik, sebaiknya tidak menggunakan air campuran yang mengandung toksik, seperti air sawah yang telah disemprot pestisida, campuran air sabun, dan sumber air yang tercemar oleh bahan kimia lainnya.

Kapasitas suatu senyawa dapat menghambat aktivitas proses didalam digester, tergantung pada konsentrasinya. Diantaranya senyawa yang bersifat toksik pada konsentrasi tinggi adalah sulfide, natrium, kalsium, magnesium dan ammonia. Sebagian senyawa tersebut terlarut dan bersifat toksik pada pH rendah (Wise *et al.* 1987).

7. Pengadukan

Pengadukan bertujuan untuk menghomogenkan bahan baku pembuatan biogas. Biasanya, pengadukan dilakukan sebelum bahan tersebut dimasukkan ke dalam digester dan setelah berada di dalam digester. Selain untuk mencampur bahan, pengadukan juga berfungsi untuk mencegah terjadinya pengendapan di dasar digester yang dapat menghambat pembentukan biogas. Biasanya, pengendapan terjadi jika bahan yang digunakan berasal dari kotoran kering. Setelah ditambahkan air sampai kekentalan yang diinginkan, pengadukan mutlak diperlukan agar kotoran tidak mengendap.

8. Starter

Untuk mempercepat proses penguraian, dapat ditambahkan starter berupa bakteri mikroorganisme perombak. Starter yang digunakan dapat berupa starter alami, semi buatan, dan buatan. Starter alami, berasal dari alam yang dapat berupa lumpur aktif organik atau cairan isi rumen. Starter semi buatan diperoleh dari instalasi pembentuk biogas yang masih dalam keadaan aktif. Sementara itu, starter buatan berupa bakteri metan yang sengaja dibiakkan di laboratorium dan telah banyak dijual di pasaran.

9. Waktu Retensi

Waktu retensi adalah rata-rata periode saat bahan masukan masih dalam digester dan selama proses fermentasi oleh bakteri metanogen. Biasanya, waktu retensi sangat dipengaruhi oleh banyak

faktor lainnya, seperti suhu, pengenceran, dan laju pemasukan bahan. Waktu retensi atau waktu tinggal yang dibutuhkan di dalam digester sekitar 29-60 hari, tergantung pada jenis bahan organik yang digunakan. Waktu retensi akan semakin singkat jika suhu lebih dari 35°C.

F. Kerangka Konseptual

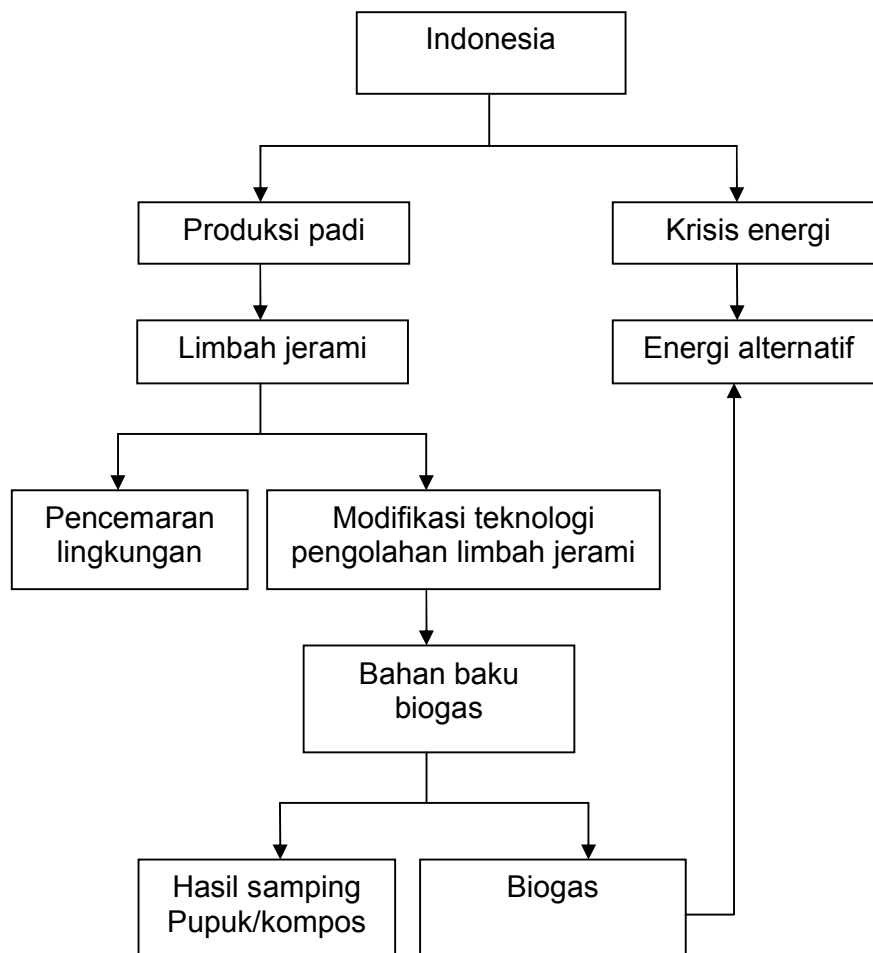
Indonesia merupakan negara agraris yang banyak memproduksi padi. Dari panen padi dihasilkan limbah yang dikenal dengan jerami. Pada umumnya jerami padi belum dinilai sebagai produk yang memiliki nilai ekonomi, petani membiarkan jerami tertimbun di pinggir petakan sawah kemudian membakarnya. Pembakaran jerami akan mengakibatkan pencemaran lingkungan.

Indonesia merupakan salah satu negara yang mengalami krisis energi yang disebabkan oleh pertumbuhan populasi penduduk, menipisnya sumber cadangan minyak, permasalahan emisi dari bahan bakar fosil dan peningkatan harga minyak dunia. Salah satu alternatif untuk memecahkan masalah tersebut diatas adalah pemanfaatan sumberdaya yang selama ini belum dikelola secara maksimum di dalam sistem pertanian. Ketersediaan limbah pertanian (biomassa) di Indonesia merupakan suatu potensi sumberdaya untuk memproduksi energi alternatif terbarukan misalnya biogas.

Penelitian ini mencoba menerapkan sebuah modifikasi teknologi pengolahan limbah yaitu dengan pemanfaatan limbah jerami sebagai bahan baku produksi biogas. Biogas merupakan salah satu jenis energi yang dapat dibuat dari bahan buangan dan bahan sisa. Biogas merupakan bahan bakar alternatif terbaik, ramah lingkungan, dan memiliki kandungan energi dalam jumlah yang besar (Haryati, 2006). Limbah biogas dapat digunakan sebagai pupuk. Limbah biogas, yaitu bahan yang

telah hilang gasnya (*slurry*) merupakan pupuk organik yang sangat kaya akan unsur-unsur yang sangat dibutuhkan tanaman.

Untuk lebih memahami alur pemikiran penelitian ini, maka perlu dibuatkan kerangka konseptual penelitian dalam melukiskan hubungan beberapa konsep yang akan diteliti yang arahnya untuk menjawab rumusan masalah dan disusun secara deskriptif dengan hubungan variabel dan indikatornya dalam bentuk bagan berikut:



Gambar 2. Kerangka Konseptual

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Jenis penelitian yang dilaksanakan ini menggunakan metode eksperimen (uji coba) dengan maksud mendapatkan informasi tentang pengaruh jenis biostarter (kotoran sapi dan kotoran ayam), jumlah biostarter yang tepat dan waktu fermentasi optimum yang diperlukan untuk produksi biogas dari jerami padi.

Penelitian ini disusun berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 2 perlakuan: 1) konsentrasi penambahan jenis biostarter 5%, 10%, 15% (Lateng, 2010), 2) waktu fermentasi 10, 15, 20, 25 dan 30 hari, sebagai variabel berpengaruh. Masing-masing perlakuan dilakukan tiga kali ulangan.

B. Lokasi dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Toddotoa Kecamatan Pallangga, Gowa. Penelitian ini berlangsung pada bulan Juni – Agustus 2012.

C. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: jerami padi, kotoran sapi, kotoran ayam dan air. Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: kantong plastik, ember, parang/pencacah, bioreaktor skala laboratorium (tabung digester = dimodifikasi dari botol air mineral 1,5 liter), timbangan, pengaduk, isolasi, selang, timba plastik, wadah penampung gas (balon plastik), dan alat tulis-menulis.

D. Teknik Pengambilan Sampel

Limbah jerami padi diambil dari kawasan persawahan desa Toddotoa kecamatan Pallangga, Kabupaten Gowa, kotoran sapi diperoleh dari rumah pemotongan sapi desa Bonto Te'ne dan kotoran ayam diperoleh dari peternakan ayam desa Toddopuli kecamatan Pallangga, Kabupaten Gowa.

E. Prosedur Kerja

Penelitian ini dilakukan dengan 3 tahap yaitu:

1. Tahap persiapan

Jerami padi yang telah disiapkan dicacah terlebih dahulu dengan ukuran $\pm 2 - 3$ cm. Jerami padi, kotoran sapi dan kotoran ayam yang akan dijadikan sebagai biostarter diuji kandungannya yang terdiri atas: kadar air, kadar abu, protein kasar, serat kasar, total karbohidrat, C organik, ratio C/N dan lemak.

2. Tahap Pencampuran

Cacahan jerami padi, kotoran sapi dan kotoran ayam masing-masing ditimbang setara berat kering dan dipersiapkan sesuai dengan perbandingan yang telah ditentukan. Campur jerami padi yang telah dicacah dengan kotoran sapi atau kotoran ayam. Campuran tersebut selanjutnya diencerkan dengan air (perbandingan campuran bahan dan air = 3 : 1). Campuran diaduk sampai homogen, kemudian masukkan ke dalam tabung digester hingga terisi $\frac{3}{4}$ volume tabung,

3. Tahap Fermentasi

Selanjutnya fermentasikan dengan variasi waktu 10, 15, 20, 25 dan 30 hari. Bobot hasil pembentukan gas lalu ditimbang secara berkala pada setiap waktu fermentasi.

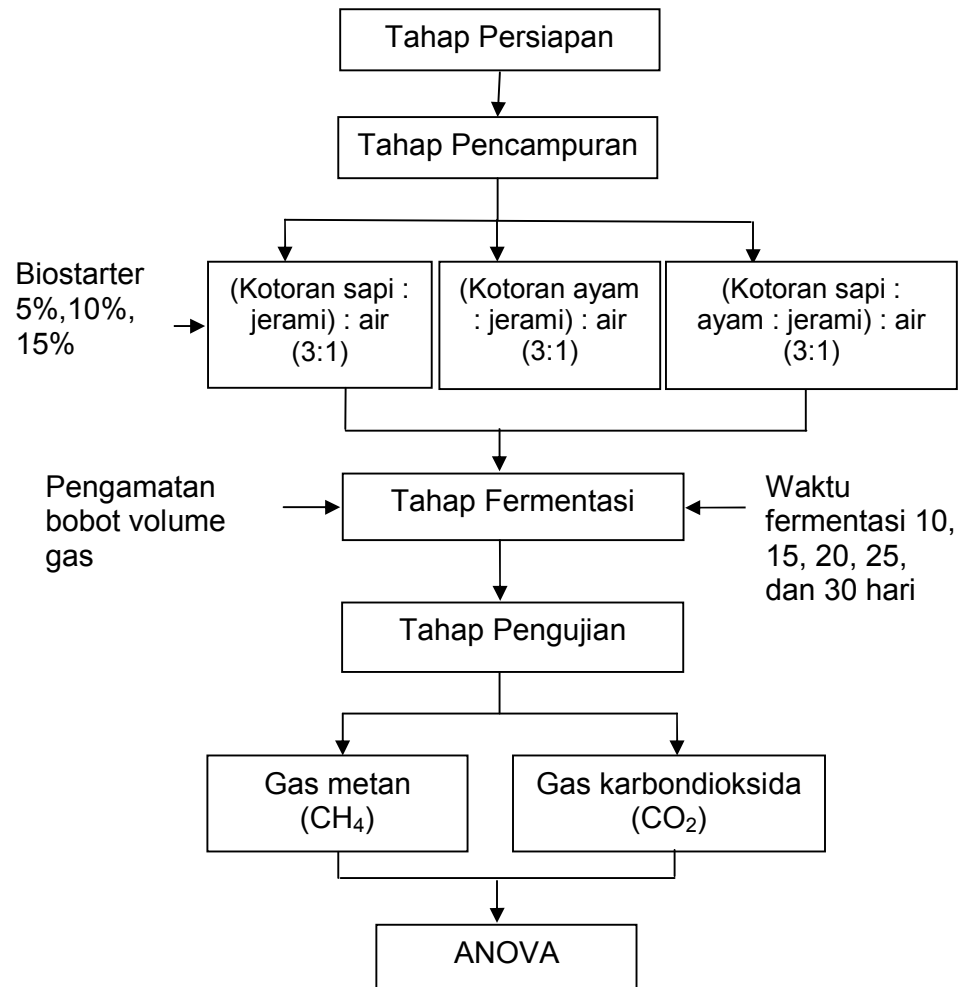
4. Tahap Pengujian

Biogas yang telah dihasilkan dari setiap perlakuan variasi percobaan pada tahap akhir penelitian ini, kemudian dilakukan analisis kandungan metan (CH_4) dan karbondioksida (CO_2) dengan menggunakan GCMS (*Gas Chromatograph Mass Spectrophotometer*).

F. Analisis Data

Pada penelitian ini diperoleh data berupa laju pembentukan biogas dan pertambahan biogas secara periodik dianalisis sidik ragam dengan menggunakan analisis statistik (ANOVA).

G. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perancangan Tangki Fermentasi (Digester) dan Penampungan Gas

Tangki fermentasi anaerob dirancang dengan memodifikasi botol air mineral 1,5 liter yang dilengkapi dengan saluran gas dari selang diameter 0,3 cm dan biogas ditampung di balon plastik. Tangki fermentasi dirancang skala laboratorium dengan sistem curah. Seperti ditunjukkan pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Rancangan Digester

B. Analisis Bahan baku

1. Jerami padi

Jerami padi diperoleh dari kawasan pertanian padi di Kabupaten Gowa. Jerami padi yang digunakan yaitu 1 minggu pasca panen. Setelah diproses melalui pencacahan, selanjutnya dilakukan analisis kandungan yang meliputi kadar air, kadar abu, protein kasar, lemak kasar, serat kasar, total karbohidrat, C organik dan rasio C/N. Hasil analisis kandungan jerami padi dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Uji kandungan jerami

Parameter	Satuan	Hasil Uji
Kadar air	%	10,79
Kadar Abu (BK)	%	20,23
Protein Kasar (BK)	%	3,11
Serat Kasar (BK)	%	35,35
Total Karbohidrat	%	27,87
C organik	%	13,65
Ratio C/N	-	4,39
Lemak (BK)	%	2,65

Jerami merupakan salah satu bahan organik yang bisa dijadikan sebagai bahan baku pembuatan biogas. Jerami padi dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan biogas dengan cara memfermentasikannya dalam tangki yang hampa (anaerob). Sisa-sisa pertanian seperti gandum dan jerami memiliki rasio C/N yang tinggi, untuk mendapatkan produksi biogas yang optimal dengan cara dicampur kotoran hewan dan manusia. Bahan ini biasanya mudah diproses dan dapat lebih cepat diuraikan apabila ukurannya diperkecil secara fisik, dengan cara pemotongan dan dengan pengomposan terlebih dahulu. Walaupun demikian, masalah dapat

muncul akibat dari bahan mengapung di dalam digester dan membentuk lapisan keras (kerak) di permukaan, sehingga mengganggu proses produksi gas (Kadarwati, 2003)

Menurut Wahyuni (2008), setiap 1 kg jerami padi dapat menghasilkan 0,20 – 0,38 m³ biogas. Penelitian sebelumnya oleh Prajayana dkk (2011), melaporkan bahwa produksi biogas dengan menggunakan bobot jerami 1 kg dan penambahan kotoran sapi 1/3 dari bobot jerami menghasilkan 800 ml dengan waktu fermentasi optimum 21 hari.

2. Kotoran Sapi

Biostarter kotoran sapi yang digunakan diperoleh dari kandang peternakan sapi di Kabupaten Gowa. Hasil analisis kandungan biostarter kotoran sapi yang meliputi kadar air, kadar abu, protein kasar, lemak kasar, serat kasar, total karbohidrat, C organik dan rasio C/N dapat dilihat pada Tabel 7 berikut ini.

Tabel 7. Uji kandungan kotoran sapi

Parameter	Satuan	Hasil Uji
Kadar air	%	25,90
Kadar Abu (BK)	%	25,95
Protein Kasar (BK)	%	8,07
Serat Kasar (BK)	%	24,57
Total Karbohidrat	%	13,48
C organik	%	11,87
Ratio C/N	-	1,47
Lemak (BK)	%	2,03

Kotoran sapi merupakan substrat yang kaya akan bahan organik seperti ditunjukkan pada tabel 7 diatas, sehingga kotoran sapi cocok sebagai bahan pembuatan biogas. Disamping kandungan organiknya

yang tinggi, kotoran sapi mengandung bakteri-bakteri penghasil gas metan yang terbawa sejak dari dalam usus besar. Bakteri-bakteri yang berperan pada pembentukan biogas antara lain *Pseudomonas* sp., *Escherichia* sp., *Flafobakterium* sp., *Alkaligenes* sp., *Metanobacterium* sp., *Metanosarcina* sp., dan *Metanococcus* sp (Kadarwati, 2003)

Penambahan biostarter kotoran sapi pada produksi biogas dilakukan untuk meningkatkan kandungan nitrogen dalam bahan yang akan digunakan untuk pertumbuhan bakteri dalam proses fermentasi agar produksi biogas lebih optimal. Penelitian sebelumnya oleh Bahrin dkk (2011), melaporkan bahwa produksi biogas dengan bahan baku sampah organik dan kotoran sapi dengan perbandingan komposisi masukan usus ayam dan kotoran sapi 70 : 30 dihasilkan gas metan sebesar 54,03% volume biogas. Jenis bahan organik yang digunakan dapat berpengaruh terhadap produksi biogas yg dihasilkan dan lama fermentasi oleh bakteri. Masing-masing jenis bahan organik memiliki total padatan yang berbeda sehingga proses pembusukan material padatan pun akan berbeda (Wahyuni, 2011).

3. Kotoran Ayam

Biostarter kotoran ayam yang digunakan diperoleh dari kandang peternakan ayam di Kabupaten Gowa. Hasil analisis kandungan biostarter kotoran sapi yang meliputi kadar air, kadar abu, protein kasar, lemak, kasar, serat kasar, total karbohidrat, C organik dan rasio C/N dapat dilihat pada Tabel 8 berikut ini.

Tabel 8. Uji kandungan kotoran ayam

Parameter	Satuan	Hasil Uji
Kadar air	%	7,75
Kadar Abu (BK)	%	29,07
Protein Kasar (BK)	%	12,51
Serat Kasar (BK)	%	27,03
Total Karbohidrat	%	20,97
C organik	%	8,19
Ratio C/N	-	0,65
Lemak (BK)	%	2,67

Kotoran ayam terdiri atas sisa pakan dan serat selulosa yang tidak dicerna. Kotoran ayam mengandung protein, karbohidrat, lemak dan senyawa organik lainnya. Protein pada kotoran ayam merupakan sumber nitrogen selain nitrogen organik adapula nitrogen anorganik lainnya. Menurut Fauziah (2009) kurang lebih dua puluh persen massa kotoran ayam berisi bakteri (10^4 mikroorganisme/gr berat basah). Mikroorganisme yang terdapat dalam kotoran ayam di antaranya bakteri *coliform*, *Clostridium colinum*, *Escherichia coli*, *Salmonella gallinarum*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus sp*, *Mycobacterium avium* dan beberapa jenis yeast. Bakteri-bakteri tersebut berperan dalam proses produksi biogas.

Penelitian ini dengan menggunakan jerami dan biostarter kotoran ayam dengan konsentrasi 10% menghasilkan biogas sebesar 17,33 gr atau setara 14400 mL dengan waktu fermentasi 30 hari. Penelitian sebelumnya oleh Luthfianto dkk (2012), melaporkan bahwa produksi biogas dengan menggunakan jerami padi dan kotoran ayam dengan pengenceran 1:1 menghasilkan biogas sebesar 932,75 mL dengan waktu fermentasi 4 minggu. Hasil tersebut dapat dikatakan lebih kecil dari hasil

penelitian ini. Hal ini disebabkan oleh kadar bahan baku dan metode yang digunakan berbeda. Menurut Wahyuni (2011^b), banyak faktor yang mempengaruhi dalam produksi biogas, antara lain: bahan baku isian, jumlah starter, pengenceran, pH dan waktu fermentasi.

C. Biogas

Produksi biogas yang dihasilkan dapat diketahui dengan melakukan penimbangan balon penampungan gas. Rerata produksi biogas pada perlakuan I yaitu dengan biostarter kotoran sapi dapat dilihat pada Tabel 9 berikut ini.

Tabel 9. Rerata produksi biogas dengan biostarter kotoran sapi

Konsentrasi Biostarter kotoran sapi (%)	Berat gas hari ke (gr)				
	10	15	20	25	30
5	2,33	4,67	8,00	11,33	18,00
10	3,67	6,00	9,33	13,00	19,67
15	3,67	6,00	10,33	14,00	20,67

Tabel 9 menunjukkan bahwa produksi biogas terendah 2,33 gram diperoleh dari penambahan biostarter kotoran sapi 5 % dengan waktu fermentasi hari ke 10 sedangkan produksi biogas tertinggi 20,67 gram diperoleh dari penambahan biostarter kotoran sapi 15 % dengan waktu fermentasi hari ke 30. Laju produksi biogas dari semua variasi perlakuan memperlihatkan kecenderungan meningkat terus seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi yaitu sampai pada hari ke 30 yang dapat dilihat pada Gambar 5 Lampiran 5.

Berdasarkan analisis sidik ragam dengan menggunakan analisis statistik (ANOVA), diperoleh F_{hitung} 4,455 dengan probabilitas 0,065 lebih besar dari 0,05. Jumlah penambahan biostarter kotoran sapi dan waktu fermentasi berpengaruh terhadap produksi biogas menggunakan jerami padi sebagai bahan baku.

Berdasarkan uji lanjut Tukey dan LSD, konsentrasi 5%, 10% dan 15% berbeda tidak nyata karena ketiga konsentrasi memiliki rata-rata yang sama pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 5\%$). Jadi jumlah produksi biogas maksimal dalam penelitian ini sudah dicapai pada konsentrasi 5% dengan menggunakan biostarter kotoran sapi. Sedangkan pengaruh waktu fermentasi menunjukkan bahwa semakin lama waktu fermentasi produksi biogas cenderung meningkat. Berdasarkan gambar 5, produksi biogas maksimal terjadi pada hari ke 30

Rerata produksi biogas pada perlakuan II yaitu dengan biostarter kotoran ayam dapat dilihat pada Tabel 10 berikut ini.

Tabel 10. Rerata produksi biogas dengan biostarter kotoran ayam

Konsentrasi Biostarter kotoran ayam (%)	Berat gas hari ke (gr)				
	10	15	20	25	30
5	1,67	3,33	5,67	8,67	14,67
10	2,67	4,67	7,33	11,00	17,33
15	2,33	5,00	7,67	11,00	16,67

Tabel 10 menunjukkan bahwa produksi biogas terendah 1,67 gram diperoleh dari penambahan biostarter kotoran ayam 5 % dengan waktu fermentasi hari ke 10 sedangkan produksi biogas tertinggi 17,33

gram diperoleh dari penambahan biostarter kotoran sapi 10 % dengan waktu fermentasi hari ke 30. Laju produksi biogas dari semua variasi perlakuan memperlihatkan kecenderungan meningkat terus seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi yaitu sampai pada hari ke 30 yang dapat dilihat pada Gambar 6 Lampiran 6.

Berdasarkan analisis sidik ragam dengan menggunakan analisis statistik (ANOVA), diperoleh F_{hitung} 2,889 dengan probabilitas 0,132 lebih besar dari 0,05. Jumlah penambahan biostarter kotoran ayam dan waktu fermentasi berpengaruh terhadap produksi biogas menggunakan jerami padi sebagai bahan baku.

Berdasarkan uji lanjut Tukey dan LSD, konsentrasi 5%, 10% dan 15% berbeda tidak nyata karena ketiga konsentrasi memiliki rata-rata yang sama pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 5\%$). Jadi jumlah produksi biogas maksimal dalam penelitian ini sudah dicapai pada konsentrasi 5% dengan menggunakan biostarter kotoran ayam. Sedangkan pengaruh waktu fermentasi menunjukkan bahwa semakin lama waktu fermentasi produksi biogas cenderung meningkat. Berdasarkan Gambar 6, produksi biogas maksimal terjadi pada hari ke 30

Rerata produksi biogas pada perlakuan III yaitu dengan biostarter kotoran sapi dan kotoran ayam dapat dilihat pada Tabel 11 berikut ini.

Tabel 11. Rerata produksi biogas dengan biostarter kotoran sapi dan kotoran ayam

Konsentrasi Biostarter (%)		Berat gas hari ke (gr)				
Kotoran sapi	Kotoran	10	15	20	25	30

ayam						
0	0	1,33	4,00	6,33	10,00	15,67
5	5	2,33	5,67	8,33	14,67	19,00
5	10	2,00	4,67	8,00	14,33	18,67
5	15	1,67	4,00	8,67	13,67	18,00
10	5	2,67	4,33	10,00	15,33	20,00
10	10	2,33	4,33	9,00	14,67	20,00
10	15	1,67	3,33	7,67	13,33	18,67
15	5	3,00	7,33	13,00	17,33	23,67
15	10	2,67	5,33	10,00	15,00	21,00
15	15	2,33	4,33	9,33	15,00	21,00

Tabel 11 menunjukkan bahwa produksi biogas terendah 1,33 gram diperoleh dari perlakuan kontrol (tanpa penambahan biostarter) dengan waktu fermentasi hari ke 10 sedangkan produksi biogas tertinggi 23,67 gram diperoleh dari penambahan biostarter kotoran sapi 15 % dan kotoran ayam 5 % dengan waktu fermentasi hari ke 30. Penambahan biostarter kotoran sapi sangat mempengaruhi peningkatan laju produksi biogas, semakin tinggi konsentrasi biostarter kotoran sapi yang ditambahkan maka laju produksi biogas dari semua variasi perlakuan memperlihatkan kecenderungan meningkat sampai waktu fermentasi hari ke 30 yang dapat dilihat pada Gambar 7 Lampiran 7.

Berdasarkan analisis sidik ragam dengan menggunakan analisis statistik (ANOVA) dari ketiga perlakuan diperoleh nilai probabilitas 0,125 lebih besar dari 0,05. Jumlah penambahan biostarter kotoran sapi dan kotoran ayam serta waktu fermentasi berpengaruh terhadap produksi biogas menggunakan jerami padi sebagai bahan baku.

Berdasarkan uji lanjut Tukey dan LSD, komposisi (15% kotoran sapi : 5% kotoran ayam), (15% kotoran sapi : 10% kotoran ayam), dan (10% kotoran sapi : 15% kotoran ayam) berbeda tidak nyata karena ketiga

komposisi konsentrasi memiliki rata-rata yang sama pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 5\%$). Jadi jumlah produksi biogas maksimal dalam penelitian ini sudah dicapai pada komposisi konsentrasi 15% kotoran sapi : 5% kotoran ayam. Sedangkan pengaruh waktu fermentasi menunjukkan bahwa semakin lama waktu fermentasi produksi biogas cenderung meningkat. Berdasarkan Gambar 7, produksi biogas maksimal terjadi pada hari ke 30

Pada ketiga perlakuan dapat dilihat peningkatan produksi gas methan (CH_4) seiring dengan peningkatan volume biogas. Tabel 11 menunjukkan bahwa produksi CH_4 maksimal dari penambahan biostarter kotoran sapi 15 % dan kotoran ayam 5 % terjadi pada hari ke-30 yaitu 23,67 gram. Kemudian dilakukan analisis GCMS (*Gas Chromatograph Mass Spectrofotometer*) untuk mengetahui kandungan gas metan (CH_4) dan karbondioksida (CO_2). Hasil analisis gas dapat dilihat pada Tabel 12 berikut ini.

Tabel 12. Komposisi biogas

Parameter	Satuan	Hasil analisis
Metan	%	53,8
Karbondioksida (CO_2)	%	32,4
Lain-lain	%	13,8

Tabel 12 menunjukkan bahwa produk biogas yang dihasilkan belum berkualitas standard Gas Alam Terbarukan (GAT). Hal itu dapat diamati dari konsentrasi gas pengotor yang menyertai gas metana, misalnya CO_2 yang masih sangat tinggi yaitu 32,4%. Gas CO_2 merupakan gas rumah kaca yang seharusnya diminimalkan konsentrasinya di udara,

disamping itu CO_2 yang dibakar bersama gas CH_4 akan menghasilkan warna nyala yang tidak biru tetapi merah dan asapnya hitam karena terdapat penambahan karbon yang berlebihan. Oleh sebab itu kualitas biogas yang dihasilkan menjadi menurun jika dibandingkan dengan gas alam terbarui. Standard gas alam terbarui (GAT) mempunyai konsentrasi gas metana (CH_4) yaitu 80% sedangkan biogas yang dihasilkan mengandung gas CH_4 sebesar 53,8%. Penelitian sebelumnya dilaporkan oleh Sutarno (2007), produksi biogas yang dihasilkan dari jerami padi dan kotoran sapi mengandung gas metana 65-70%.

BAB V

PENUTUP

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis data, hasil penelitian dapat disimpulkan:

1. Efektivitas pembentukan biogas ditentukan oleh jenis bahan dan konsentrasi biostarter.
2. Penggunaan kotoran sapi sebagai biostarter menghasilkan produksi biogas dari limbah jerami padi lebih banyak dibandingkan kotoran ayam pada konsentrasi yang sama.
3. Komposisi konsentrasi biostarter maksimal yang digunakan untuk produksi biogas dari limbah jerami padi yaitu 15% biostarter kotoran sapi dan 5% kotoran ayam.
4. Waktu fermentasi maksimal yang digunakan untuk produksi biogas dari limbah jerami padi yaitu 30 hari.

B. SARAN

1. Penelitian lanjutan diharapkan dapat dilakukan untuk mengoptimalkan beberapa faktor-faktor yang berpengaruh dalam proses fermentasi seperti pH, suhu dalam rangka peningkatan kapasitas produksi biogas dan pengembangan metode dari fermentasi curah menjadi fermentasi kontinyu.
2. Untuk penerapan dan aplikasi secara langsung teknologi pembuatan biogas dari jerami padi dengan biostarter kotoran sapi dan kotoran ayam memerlukan dukungan dari pemerintah dan perubahan pola pikir masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2009. *Potensi Biofuel dari Jerami*. <http://www.alpensteel.com/article/60-108-energi-bio-fuel/659-potensi-biofuel-darijerami-html>, diakses 25 Januari 2012.
- Amaru, K. 2004. *Rancang Bangun dan Uji Kinerja Biodigester Plastik Polyethilene Skala Kecil (Studi Kasus Ds. Cidatar Kec. Cisurupan Kab. Garut)* [Skripsi]. Bandung: Universitas Padjajaran.
- Arati, J.M. 2009. *Evaluating The Economic Feasibility of Anaerobik Digestion of Kawangware Market Waste*. Tesis. Manhattan: Kansas State University.
- Bahrin, D., Anggraini D, dan Pertiwi, M. B. 2011. *Pengaruh Jenis Sampah, Komposisi Masukan dan Waktu Tinggal Terhadap Komposisi Biogas dari Sampah Organik Pasar Di Kota Palembang*. Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3. Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan.
- Bryant, M. P. 1987. *Microbial Metane Production, Theoretical Aspect*. J Am Sci 48: 193-200.
- Buren, A. V. 1979. *A Chinese Biogas Manual*. London : Intermediete Technology Publication Ltd.
- Charles, R-T dan B. Hariyono. 1991. *Pencernaran Lingkungan oleh Limbah Peternakan dan Pengelolaannya*. Bull. FKG-UGM.X(2): 71 - 75
- Fauziah. 2009. *Upaya Pengelolaan Lingkungan Usaha Peternakan Ayam* (online) (<http://www.mustang89.com/literatur/74-literatur--ayam/355-upaya-pengelolaan-lingkungan-usaha-peternakan-ayam>, diakses 17 Juni 2012)
- Fischer, K and Krieg, A. 2000. *Planning and Construction of Biogas Plants for Solid Waste Digestion in Agriculture*. Technical Report of Krieg & Fischer GmbH, Goettingent, Germany.
- Fontenot, J.P., W. Smith, and A.L. Sutton. 1983. *Alternatif utilization of animal waste*. J.Anim. Sci. 57:221-223.
- Foot, A.S.,S.Banes, Ja.C.G. Oge, J.C. Howkins, V.C. Nielsen, And Jr.O. Callaghan. 1976. *Studies on Farm Livestock Waste*. 1st ed. Agriculture Research Council, England.

- Fry, L.J. 1974. *Practical Building of Methane Power Plant For Rural Energy Independence*, 2nd edition. Hampshire-Great Britain: Chapel River Press.
- Gijzen, H.J., 1987. *Anaerobic Digestion of Cellulosic Waste by Rumen-Derived Process*. Den Haag: Koninklijke bibliotheek
- Hambali, E. 2007. *Teknologi Bioenergi*. PT. Agromedia Pustaka, Bogor
- Harahap, F.M. 1978. *Teknologi Gas Bio*. Pusat Teknologi Pembangunan ITB, Bandung.
- Haryati. 2006. *Biogas: Limbah Peternakan yang Menjadi Sumber Energi Alternatif*. Wartazoa Vol. 16 No. 03.
- Hashimoto, A. G., Y. R. Chen, dan Varel R. L. Prior. 1980. *Anaerobic Fermentation of beef Cattle Manure*. Colorado: SERI.
- Indiartono, Y. S. 2006. *Reaktor Biogas Skala Kecil/Menengah*. (<http://www.indeni.org/content/view/63/48/>). Diakses 21 Desember 2010)
- Kadarwati, S. 2003. *Studi pembuatan Biogas dari Kotoran Kuda dan Sampah Organik Skala Laboratorium*. Publikasi P3TEK. Vol 2 no. 1, pp 3 – 10
- Karellas, S., I. Boukis dan G. Kontopoulos. 2010. *Development of an Investment Decision Tool for Biogas Production from Agriculture Waste*. Journal Renewable and Sustainable Energy Reviews 14: 1273-1282.
- Lateng, N. 2010. *Pengaruh Jumlah Biostarter dan Waktu Fermentasi pada Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Kakao Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biogas*. Tesis. Program Pascasarjana. UNHAS, Makassar.
- Luthfianto, D., Edwi Mahajoeno, dan Suharto. 2012. *Pengaruh Macam Limbah Organik dan Pengenceran Terhadap Produksi Biogas dari Bahan Biomassa Limbah Peternakan Ayam*. Article
- Makarim. 2007. *Jerami Padi : Pengelolaan dan Pemanfaatan*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Malone, G.W. 1992. *Nutrient Enrichment in Integrated Broiler Production System*. Poultry Sci. 71:117-1122.

- Matsuguchi, T. 1979. *Factors Affecting Heterotrophic Nitrogen Fixation in Submerged Rice Soils*. In International Rice Research Institute, Nitrogen and Rice. p. 201-221. Los Banos, Philippines.
- Mediastika, CE. 2007, *Potensi Jerami Padi sebagai Bahan Baku Panel Akustik*, Dimensi Teknik Arsitektur, Universitas Kristen Petra Surabaya.
- NAS. 1977. *Methane Generation from Human, Animal and Agriculture Waste*. Washington : National Academy of Science.
- Ponnamperuma, F.N., dan Wen. 1984. *Straw as a Source of Nutrient for Wetland Rice in Organic Matter and Rice*, p. 117 – 136. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.
- Prajayana, F. I., Romli, M dan Suprihatin. 2011. *Kajian Konversi Limbah Padat Jerami Padi Manjadi Biogas*. Tesis. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Rahman, B. 2009. *Biogas Sebagai Sumber Energi Alternatif*. <http://www.energi.lipi.go.id/utama.cgi?cetakartikel&1123717100>
- Sufyandi, A. 2001. *Informasi Teknologi Tepat Guna untuk Pedesaan Biogas*, Bandung.
- Suriawiria dan Unus, H., 2002. *Menuai Biogas dari Limbah*, (online), (<http://www.pikiran-rakyat.com/squirrelmail>, diakses 15 Januari 2012).
- Sutarno dan Firdaus, S., 2007. *Analisis Prestasi Produksi Biogas (CH₄) dari Polyethylene Biodigester Berbahan Baku Ternak Sapi*. FTI-UII.
- Suwanto, A. 1998. *Bioteknologi Molekuler: Mengoptimalkan Manfaat Keanekaragaman Hayati Melalui Teknologi DNA Rekombinan*. *Hayati*, Vol. 5. No. 1. hlm. 25-28.
- The Pembina Institute. 2006. *Build Your Own Biogas Generator A Renewable Energy Project Kit*. Canada, pp 1 – 5.
- Vikikurdiansyah. 2008. *Biogas dari Batang dan Tangkai Padi*. <http://vikikurdiansyah.wordpress.com/2008/06/07/biogas-dari-batang-tangkai-padi/trackback/>, diakses 25 Januari 2012
- Wahyuni, S. 2008. *Analisa Kelayakan Pengembangan Biogas Sebagai Energi Alternatif Berbasis Individu dan Kelompok Peternak*. Tesis. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bandung.

- _____. 2011^a. *Biogas*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- _____. 2011^b. *Menghasilkan Biogas dari Aneka Limbah*. Agro Media Pustaka, Jakarta.
- Weismann, U. 1991. *Anaerobik Treatment of Industrial Wastewater*. Berlin: Institut fur Verhahrentechnik.
- Wibowo, D., Rahayu, K., Haryanto B., 2005. *Gas Bio sebagai Satu Sumber Energi Alternatif*. Fateta UGM, Yogyakarta.
- Winarno, F.G., 1985. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Winarno, F.G dan S. Fardiaz. 2003. *Biofermentasi dan Biosintesa Protein*. Angkasa, Bandung.
- Wise, D. L., A. P. Leunscher dan M. A. Sharaf. 1987. *A Laege Scale of Biologically Derived Metane Process*. Dalam M. Moo-Young (ed). 1997. *Biomass Conversion Technology*. New York: Pergamon Press.
- Yadvika, S., Sreekrishnan T. R., Sangeta K, dan Vineet R. 2004. *Enchancement of Biogas Production From Solid Substrat Using Different Techniques- A Riview*. J Biore Technol 95:1-10
- Yani, M dan Darwis A. A. 1990. *Diktat Teknologi Biogas*. Bogor : Pusat Antar Universitas Bioteknologi-IPB.
- Yoshida, S., 1978. *Nitrogen Nutrition Leaf Resistance and Leaf Photosynthetic Rate of The Rice Plant in The Tropics*. Soil Sci. Plant. Nutr.(Tokyo). 22 : 207-211.

Lampiran 1. Perhitungan jumlah bahan dan biostarter

1. Perhitungan jumlah biostarter berdasarkan berat kering jerami

$$B. \text{ bahan}(BB) - \left(\frac{K. \text{ air jerami}}{100} \times B. \text{ bahan}(BB) \right)$$

$$600 - \left(\frac{10,79}{100} \times 600 \right) = 600 - 64,74 = 535,26 \text{ gr (BK)}$$

Konsentrasi 5%

$$\frac{5}{100} \times 535,26 = 26,763 \text{ gr}$$

Konsentrasi 10%

$$\frac{10}{100} \times 535,26 = 53,526 \text{ gr}$$

Konsentrasi 15%

$$\frac{15}{100} \times 535,26 = 80,289 \text{ gr}$$

2. Biostarter kotoran sapi

a. Konsentrasi 5%

$$\frac{25,90}{10,79} \times 26,763 = 64,2411 \text{ gr}$$

b. Konsentrasi 10%

$$\frac{25,90}{10,79} \times 53,526 = 128,4822 \text{ gr}$$

c. Konsentrasi 15%

$$\frac{25,90}{10,79} \times 80,289 = 192,7234 \text{ gr}$$

3. Biostarter kotoran ayam

a. Konsentrasi 5%

$$\frac{7,75}{10,79} \times 26,763 = 19,2227 \text{ gr}$$

b. Konsentrasi 10%

$$\frac{7,75}{10,79} \times 53,526 = 38,4455 \text{ gr}$$

c. Konsentrasi 15%

$$\frac{7,75}{10,79} \times 80,289 = 57,6682 \text{ gr}$$

Lampiran 2. Data produksi biogas (gram) dengan biostarter kotoran sapi

Biostarter		Ulangan	Pertambahan berat biogas hari ke (gram)				
Kotoran sapi %	Kotoran ayam %		10	15	20	25	30
5	0	I	2	4	8	12	19
		II	2	4	7	10	17
		III	3	6	9	12	18
		Rerata	2,33	4,67	8,00	11,33	18,00
10	0	I	3	5	9	13	20
		II	4	6	9	13	19
		III	4	7	10	13	20
		Rerata	3,67	6,00	9,33	13,00	19,67
15	0	I	3	5	10	14	21
		II	3	5	10	13	19
		III	5	8	11	15	22
		Rerata	3,67	6,00	10,33	14,00	20,67

Lampiran 3. Data produksi biogas (gram) dengan biostarter kotoran ayam

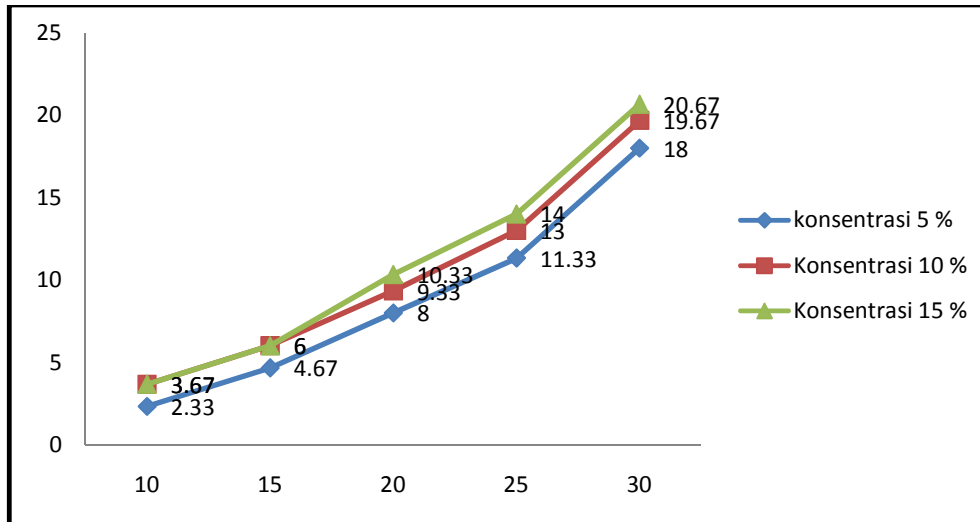
Biostarter		Ulangan	Pertambahan berat biogas hari ke (gram)				
Kotoran sapi %	Kotoran ayam %		10	15	20	25	30
0	5	I	1	2	5	8	14
		II	2	4	6	9	15
		III	2	4	6	9	15
		Rerata	1,67	3,33	5,67	8,67	14,67
0	10	I	2	3	5	9	15
		II	3	6	9	12	18
		III	3	5	8	12	19
		Rerata	2,67	4,67	7,33	11,00	17,33
0	15	I	2	4	6	10	16
		II	3	6	9	11	16
		III	2	5	8	12	18
		Rerata	2,33	5,00	7,67	11,00	16,67

Lampiran 4. Data produksi biogas (gram) dengan biostarter kotoran sapi dan kotoran ayam

Biostarter		Ulangan	Pertambahan berat biogas hari ke (gram)				
Kotoran sapi %	Kotoran ayam %		10	15	20	25	30
0	0	I	2	4	5	9	15
		II	1	3	6	10	16
		III	1	3	8	11	16
		Rerata	1,33	3,33	6,33	10,00	15,67
5	5	I	3	7	8	15	19
		II	2	5	9	15	19
		III	2	5	8	14	19
		Rerata	2,33	5,67	8,33	14,67	19,00
5	10	I	2	6	9	15	20
		II	2	4	8	14	18
		III	2	5	8	14	18
		Rerata	2,00	4,67	8,00	14,33	18,67
5	15	I	2	4	7	13	18
		II	1	4	9	14	17
		III	2	4	10	14	19
		Rerata	1,67	4,00	8,67	13,67	18,00
10	5	I	3	5	10	15	21
		II	3	4	9	15	19
		III	2	4	11	16	20
		Rerata	2,67	4,33	10,00	15,33	20,00
10	10	I	2	4	8	14	19
		II	2	4	9	15	20
		III	3	5	10	15	21
		Rerata	2,33	4,33	9,00	14,67	20,00
10	15	I	1	3	7	13	18
		II	2	4	8	14	19
		III	2	5	8	13	19
		Rerata	1,67	4,00	7,67	13,33	18,67
15	5	I	3	9	15	19	26
		II	3	7	13	17	23
		III	3	6	11	16	22
		Rerata	3,00	7,33	13,00	17,33	23,67

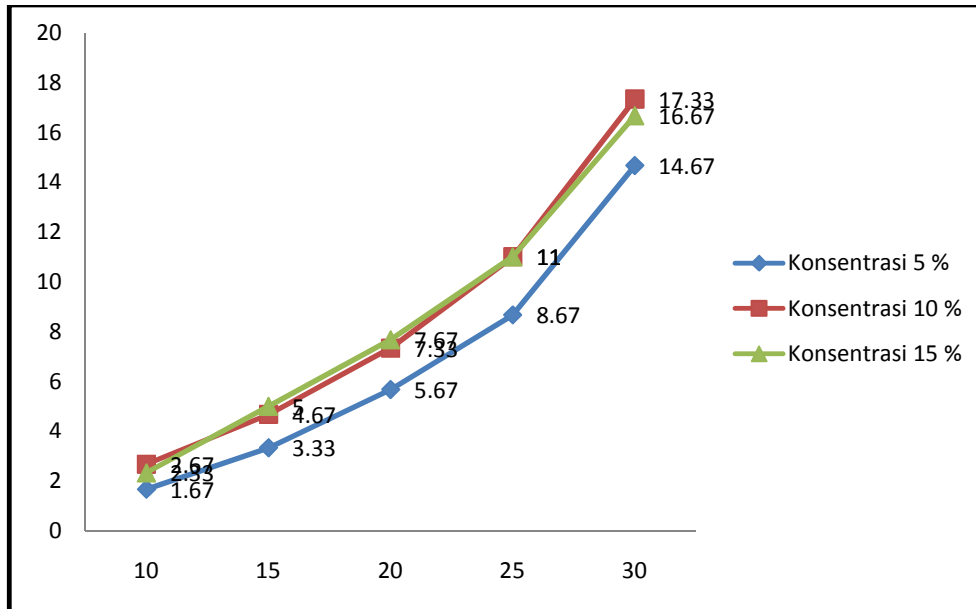
15	10	I	3	5	9	14	20
		II	2	5	10	15	21
		III	3	6	11	16	22
		Rerata	2,67	5,33	10,00	15,00	21,00
15	15	I	2	5	10	15	21
		II	3	4	10	16	22
		III	2	4	8	14	20
		Rerata	2,33	4,33	9,33	15,00	21,00

Lampiran 5. Grafik Rerata produksi biogas dengan biostarter kotoran sapi



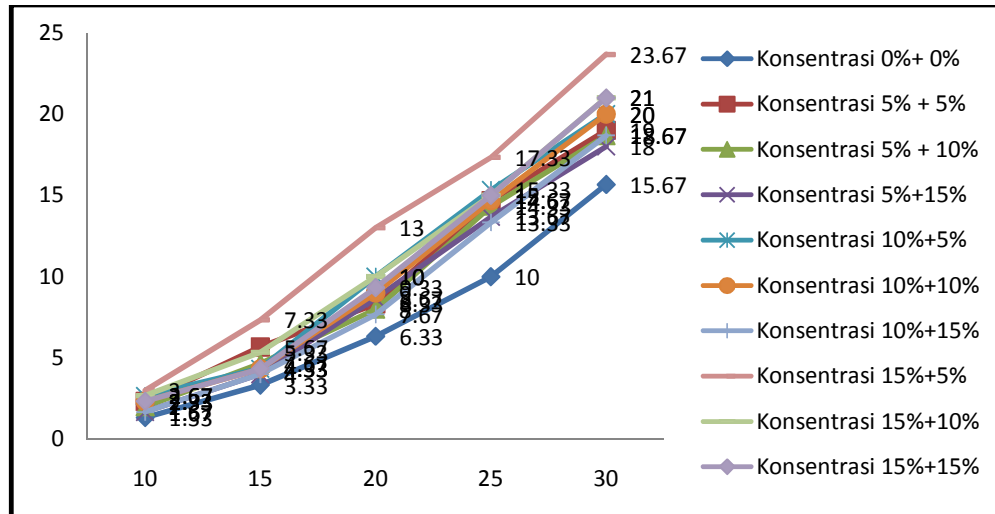
Gambar 5. Rerata produksi biogas dengan biostarter kotoran sapi

Lampiran 6. Grafik Rerata produksi biogas dengan biostarter kotoran ayam



Gambar 6. Rerata produksi biogas dengan biostarter kotoran ayam

Lampiran 7. Grafik Rerata produksi biogas dengan biostarter kotoran sapi dan ayam



Gambar 7. Rerata produksi biogas dengan biostarter kotoran sapi dan kotoran ayam

Lampiran 8. Hasil analisis statistik ANOVA produksi biogas dengan biostarter kotoran sapi

ANOVA

Gas

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10.889	2	5.444	4.455	.065
Within Groups	7.333	6	1.222		
Total	18.222	8			

Gas

		Subset for alpha = 0.05	
sapi		N	1
Tukey LSD ^a	5.00	3	18.0000
	10.00	3	19.6667
	15.00	3	20.6667
	Sig.		.058

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Lampiran 9. Hasil analisis statistik ANOVA produksi biogas dengan biostarter kotoran ayam

ANOVA

Gas

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11.556	2	5.778	2.889	.132
Within Groups	12.000	6	2.000		
Total	23.556	8			

Gas

		N	Subset for alpha = 0.05
ayam	1		
Tukey LSD ^a	5.00	3	14.6667
	15.00	3	16.6667
	10.00	3	17.3333
	Sig.		.130

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Lampiran 10. Hasil analisis statistik ANOVA produksi biogas dengan biostarter kotoran sapi dan ayam

Gas					
	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	122.700	9	13.633	12.029	.000
Within Groups	22.667	20	1.133		
Total	145.367	29			

perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	
Tukey LSD ^a	0	3	15.6667		
	3	3	18.0000	18.0000	
	2	3	18.6667	18.6667	
	6	3	18.6667	18.6667	
	1	3		19.0000	
	4	3		20.0000	
	5	3		20.0000	
	8	3		21.0000	21.0000
	9	3		21.0000	21.0000
	7	3			23.6667
Sig.			.060	.060	.125

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Lampiran 11. Foto-foto penelitian

Gambar 8. Penimbangan jerami



Gambar 9. Penimbangan balon (biogas)