

II. TINJAUAN PUSTAKA

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

Produksi jerami padi di Indonesia juga merupakan salah satu yang terbesar. Pada Tabel 1 berikut dapat dilihat data produksi jerami padi diberbagai negara.

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	10.600
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) didalam Makarim (2007)

Di Indonesia rata-rata kadar hara jerami padi adalah 0,4% N; 0,02 %P; 1,4 %K; dan 5,6% Si (Makarim 2007). Jerami padi mengandung 40-43% C (Makarim 2007).

Fermentasi biogas dapat dibuat dari berbagai residu tanaman dan sumber bahan organik, termasuk jerami padi. Setiap kilogram jerami dihasilkan 0,25 m³ gas metan dan residunya mengandung 38 % C (Makarim 2007). Jerami relatif sulit terdekomposisi. Hanya 9-16 % dari produksi total, sehingga untuk mempercepat produksi gas jerami perlu dikomposkan terlebih dahulu (Makarim 2007).

B. BIOGAS

1. Pengertian Biogas

Biogas adalah campuran gas yang dihasilkan dari aktivitas bakteri metanogenik pada kondisi anaerobik atau fermentasi bahan-bahan organik (Wahyuni 2010). Biogas merupakan produk dari pendegradasian substrat organik secara anaerobik. 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).

Menurut Indiarsono (2006), teknologi biogas pada dasarnya memanfaatkan proses pencernaan yang dilakukan oleh bakteri metanogen yang produknya berupa gas metan (CH_4) yang mencapai 60 %. Bakteri ini bekerja pada lingkungan yang tidak ada udara (anaerob), sehingga proses ini juga disebut pencernaan anaerob (*anerob digestion*). Pada tabel 2 berikut terdapat komposisi biogas.

Tabel 2. 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_2S	0.1 – 0.5 %
7	Oksigen	O_2	sedikit

Sumber : Karellas (2010)

Menurut Wahyuni (2010), satu (1) m^3 setara dengan elpiji 0,46 kg, Minyak tanah 0,62 liter, minyak solar 0,52 liter, bensin 0,80 liter, dan kayu bakar 3,5 kg.

Bahan baku biogas dapat berasal dari segala kotoran binatang, termasuk manusia. Sampah organik juga dapat digunakan sebagai bahan pokok pembuatan biogas (Aprianti 2007). Menurut (Meynell 1976) semua bahan organik yang terdapat dalam tanama, karbohidrat, selulosa adalah salah satu bahan baku biogas. Selulosa secara normal mudah dicerna oleh bakteri, tapi selulosa dari beberapa dari beberapa bahan tanaman sedikit sulit didegradasi bila dikombinasikan dengan lignin. Lignin merupakan molekul kompleks yang memiliki bentuk rigid dan struktur berkayu dari tanaman, dan bakteri hampir tidak dapat mencernanya. Pada Tabel 3 di bawah ini, terdapat beberapa bahan yang dapat digunakan untuk menghasilkan biogas yang berasal dari tumbuhan maupun dari kotoran hewan.

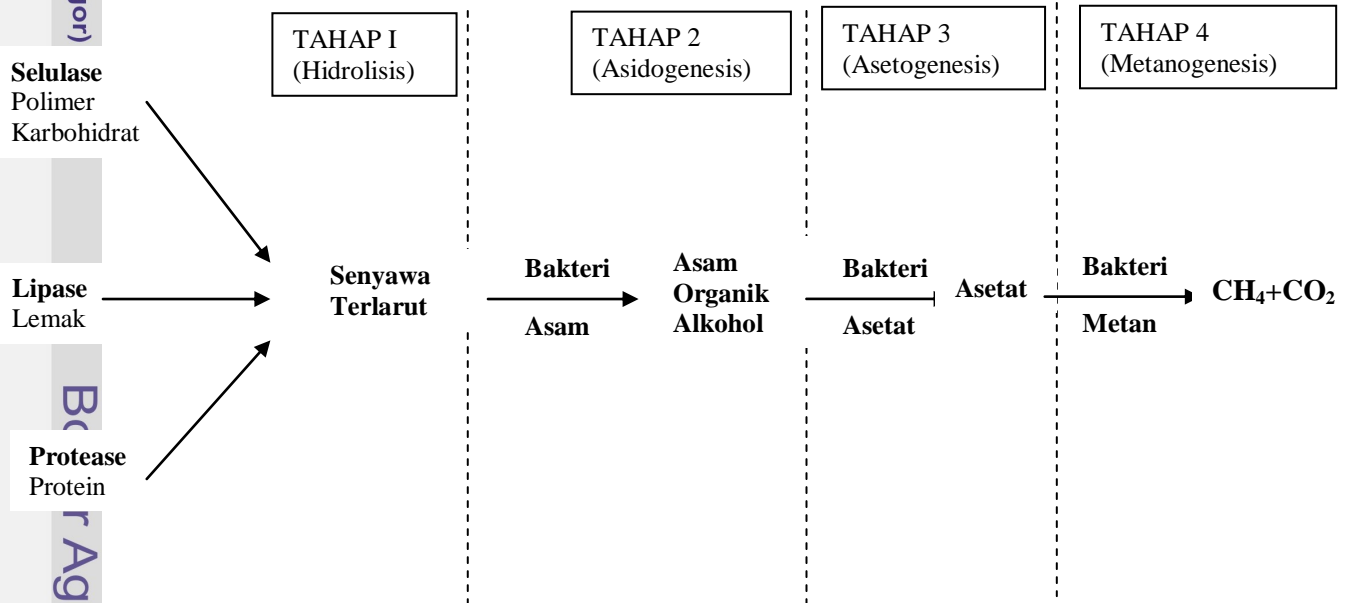
Tabel 3. Bahan baku biogas

Bahan	Produksi biogas (L/kg TS*)	Kadar Metana dalam Biogas (%)	Waktu Tinggal (hari)
Pisang (buah dan 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)

2. 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. Pada Gambar 1 tampak beberapa tahap mekanisme dekomposisi anaerobik pada bahan organik.



Sumber : De Wilde dan Vanhille (1985)

Gambar 1. Fermentasi anaerobik bahan organik menjadi gas metan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Penjelasan dari mekanisme dekomposisi anaerobik bahan organik, seperti tampak pada Gambar 1, adalah 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)

Ikatan alfaglikosidik umumnya terdapat pada sebagian besar polimer seperti pati dan glikogen yang dapat dihidrolisis oleh amylase. Pectin lebih mudah didegradasi oleh pektinase atau amylase, sedangkan protein oleh protease atau peptidase. Selulosa merupakan senyawa yang resisten terhadap reaksi hidrolisis, namun ikatan beta(1-4)-glikosidik pada unit D-glukosa yang terdapat dalam selulosa dapat dihidrolisis oleh selulase. Selulase merupakan kompleks enzim selulolitik yang terdiri dari eksoglukanase, endoglukanase dan selobiase (beta-glukosidase) (Khan 1980).

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 (1981) produk terpenting dalam tahapan asidogenesis adalah asam asetat, asam propionate, asam butirrat, 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).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

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 dari 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).

3. Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Biogas

1. Ketersediaan Substrat

Menurut Yani dan Darwis (1990), Kebutuhan nutrient dalam pencernaan anaerobik meliputi karbon, nitrogen, hidrogen, dan fosfor. Nutrisi terpenting adalah karbon dan nitrogen. Rasio optimum C/N yaitu 20:1 sampai 30:1. Nilai rasio C/N tergantung pada komposisi substrat yang digunakan dalam pembuatan biogas. Kandungan nitrogen yang besar, seperti kotoran manusia dan hewan dapat ditambahkan sampah organik yang banyak mengandung karbon untuk menghasilkan rasio C/N optimum.

2. Kadar Air.

Menurut Van 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. Kondisi Anaerob

Penguraian senyawa organik pada kondisi aerob akan menghasilkan CO₂, bila pada kondisi anaerob akan menghasilkan gas metan (Mazumdar 1982). Dalam hal pembuatan biogas maka udara sama sekali tidak diperlukan dalam reaktor. Keberadaan udara menyebabkan gas CH₄ tidak akan terbentuk. Untuk itu maka reaktor biogas harus dalam keadaan tertutup rapat.

Menurut Yani dan Darwis (1990), oksigen dapat membunuh bakteri anaerobik penghasil gas metan. Bakteri metanogen termasuk mikroorganisme anaerobik yang sangat sensitive terhadap oksigen, diketahui pertumbuhannya akan terhambat dalam konsentrasi oksigen terlarut 0,01 mg/l.

4. Derajat Keasaman

Nilai pH terbaik untuk suatu digester yaitu berkisar 7,0. Bila pH dibawah 6,5 aktifitas mikroba akan menurun dan dibawah 5,0 fermentasi akan terhenti (Yani dan Darwis 1990).

5. Temperatur

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

Aktifitas bakteri dalam digester untuk menghasilkan gas tergantung pada temperature lingkungan. Meskipun gas dapat dihasilkan pada suhu 20-40°C, dekomposisi yang lebih cepat akan diperoleh dengan menaikkan suhu diogester hingga 40-60 °C. tetapi digester dengan suhu mesofilik merupakan terbaik, karena suhu 21-40°C lebih mudah dijaga, kadar H₂S yang dihasilkan lebih rendah dan bakteri mesofilik lebih toleran fluktuasi suhu. Suhu optimum untuk mikroba penghasil biogas antara 30-35°C (Yani dan Darwis 1990).

6. Inhibitor

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

C. PUPUK ORGANIK

Pengomposan (composting) didefinisikan sebagai dekomposisi biologis dan stabilisasi dari bahan organik pada suhu termofilik sebagai hasil dari produksi panas secara biologis dengan hasil akhir berupa produk yang cukup stabil dalam bentuk padatan (agregat) kompleks (Haug 1980). Menurut Rao (1994), proses dekomposisi bahan organik adalah proses perombakan bahan organik yang melibatkan organism pengurai dalam kondisi anaerobic maupun aerobic, baik itu mikroorganisme primer maupun skunder yang menghasilkan asam-asam organik.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Menurut Indriani (1999), kompos merupakan semua bahan organik yang telah mengalami degradasi sehingga erubah bentuk dan sudah tidak dikenali bentuk aslinya, berwarna kehitam-hitaman dan tidak berbau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.