

# PROSIDING

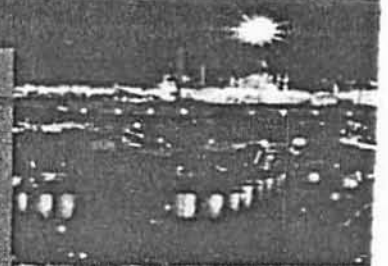
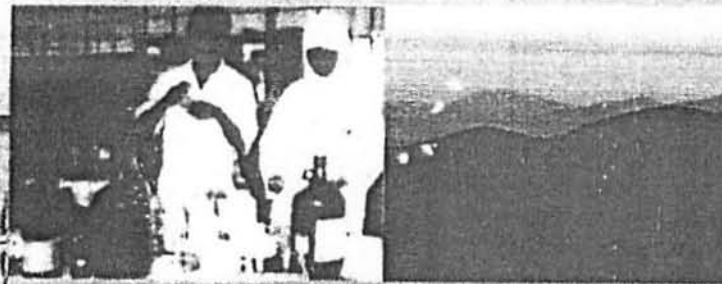


## SEMINAR

# TJIPTO UTOMO

VOLUME 7 TAHUN 2010

**SUMBER DAYA ALAM INDONESIA :  
PERANAN PENDIDIKAN DAN TEKNOLOGI KIMIA DALAM  
PEMANFAATANNYA SECARA BERKELANJUTAN**



**Kamis, 30 September 2010  
Gedung Loka Paramakarsa  
Jl. PHH Mustopha No.23 Bandung**

**Jurusan & Himpunan Mahasiswa  
Teknik Kimia  
Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung**



## KATA PENGANTAR

Seminar Tjipto Utomo 2010 merupakan seminar nasional ketujuh yang diadakan oleh Jurusan dan Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional Bandung. Seminar ini diselenggarakan sebagai forum interaksi dan diskusi ilmiah antara kalangan akademisi, peneliti, praktisi, dan pemerhati ilmu pengetahuan dan teknologi kimia mengenai hasil-hasil penelitian maupun pengalaman teknis lainnya yang telah dicapai.

Secara khusus penyelenggaraan seminar ini ditujukan untuk memberikan penghargaan dan penghormatan kepada Prof. Ir. Tjipto Utomo yang telah berjasa dalam mengabdikan ilmu dan hidup beliau dalam meningkatkan dan mengembangkan pendidikan tinggi khususnya bidang Teknik Kimia.

Adapun tema seminar yang diambil tahun ini adalah:

*Sumber Daya Alam Indonesia: Peranan Pendidikan dan Teknologi Kimia*

*dalam Pemanfaatannya secara Berkelanjutan*

Akhir kata Panitia Seminar Tjipto Utomo 2010 mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang baik secara langsung maupun tidak langsung telah membantu terselenggaranya acara seminar dan pembuatan prosiding ini.

Semoga seminar ini dapat menembah khasanah dan wawasan ilmu pengetahuan dan teknologi kimia di Indonesia sehingga dapat memacu perkembangan industri kimia di dalam negeri. Kepada semua penyaji makalah dan peserta Seminar Tjipto Utomo 2010 kami mengucapkan selamat berseminar.

Bandung, 30 Agustus 2010

Panitia STU 2010

## SUSUNAN PANITIA

### SEMINAR TJIPTO UTOMO 2010

Pelindung : **Rektor Institut Teknologi Nasional**

Prof. Dr. Harsono Taroepratjeka, MSIE

Tim Pengarah dan Reviewer Makalah:

Prof. Dr. Harsono Taroepratjeka, MSIE (Rektor ITENAS)

Dr. Ir. Danu Ariono (Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia ITB)

Ir. Maya Ramadanti Musadi, Ph.D (Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia ITENAS)

Dyah Setyo Pertiwi, Ph.D (Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia ITENAS)

Ir. Suparman Juhanda, M.Eng (Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia ITENAS)

Dicky Dermawan, ST., MT. (Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia ITENAS)

Penanggung Jawab : **Ketua Jurusan Teknik Kimia ITENAS Bandung**

Ir. Carlina Noersalim, MT.

Ketua Umum : Ir. Suparman Juhanda, M.Eng.

Ketua Pelaksana : Salafudin, ST., M.Sc.

Sekretaris dan Bendahara : Sirin Fairus, STP., MT.

Koordinator Acara : Ir. Suparman Juhanda, M.Eng.

Koor. Dana dan Publikasi : Jono Suhartono, ST., MT.

Koor. Logistik dan Umum : Dicky Dermawan, ST., MT.

Koor. Konsumsi : Netty Kamal, Dra., M.Si.

Koor. Makalah dan Dok. : Haryono, ST., MT.

dan Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia ITENAS

## UCAPAN TERIMA KASIH

Panitia Seminar Tjipto Utomo 2010 mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Rektor Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung
2. Dekan Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional
3. Sony Solistia Wirawan (Kepala Balai Rekayasa Desain dan Sistem Teknologi BPPT)
4. Dr. Tatang Hernas Soerawidjaja (Institut Teknologi Bandung)
5. Dyah Setyo Pertiwi, Ph.D (Institut Teknologi Nasional)
6. Prof. Dr. Harsono Taroepratjeka, MSIE
7. Dr. Ir. Danu Ariono (Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia ITB)
8. Ir. Carlina Noersalim, MT
9. Ir. Suparman Juhanda, M.Eng
10. Ir. Maya Ramadanti Musadi, Ph.D
11. Dicky Dermawan, ST., MT

dan semua pihak yang turut membantu dan berperan sehingga seminar ini dapat terselenggara dengan baik.

## Makalah Seminar Tjipto Utomo 2010

- A-1 Pemetaan dan Prakelayakan Industri Petrokimia Antara (*Mapping And Prafeasibility Intermediate Petrochemical Industry*)
- A-2 Ekstraksi Tanin dari Putrimalu sebagai Pewarna Alami
- A-3 Teknik Pelapisan Logam dan Non Logam dengan Alat Sputtering ARC-12M
- A-4 Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung Untuk Adsorpsi Cu, Pb dan Amonia
- A-5 Pengaruh Surfaktan dan Plastiziser terhadap kualitas aerated concrete
- A-6 Perancangan dan Pembuatan Heater untuk Sensor Gas Polutan
- A-7 Karakterisasi Kondisi Destilasi Kukus Bertekanan Minyak Nilam Asal Tana Toraja
- A-8 Karakterisasi Ketebalan Pendeposisian Film Tipis dengan Metode Sputtering
- A-9 Pengaruh Dioda Panas Terhadap Suhu Air
- A-10 Pengaruh Laju Cairan dan Ukuran Isian terhadap Distribusi Ukuran Tetes dalam Kolom Isian
- A-11 Mold Release agent Dalam Bentuk Emulsi Minyak Air untuk Cetakan Genteng Beton
- B-1 Inventarisasi Beban Pencemar BOD Air Sungai Citarum di Wilayah Kabupaten Bandung
- B-2 Analisis Kelayakan Usaha Pengolahan Sampah Kota
- B-3 Penyisihan Fenol pada Air Limbah Proses Pencucian dan Pendinginan Gas Hasil Gasifikasi Sekam Padi dengan Cara Adsorpsi Karbon Aktif
- B-4 Pembuatan Bioetanol dari Bahan Berbasis selulosa
- B-5 Pengaruh Campuran Sampah terhadap Pembuatan Briket Limbah Jarak Pagar (*Jatropha Curcas Linn*)
- B-6 Karakteristik Pertumbuhan Mikroalga dalam Media Limbah Cair Agroindustri
- B-7 Potensi Limbah Biomassa Pertanian Sebagai Bahan Baku Produksi Bioenergi (Biogas)
- B-8 Pembuatan papan partikel dari sekam padi dan serabut kelapa dengan semen putih sebagai binder
- B-9 Perbaikan Proses Pengolahan Limbah Zat Warna di Industri Tekstil
- B-10 Perbandingan Unjuk Kerja Proses Fermentasi Anaerobik Single Stage dengan Double Stage sebagai Alternatif Pengolahan Sampah Kota Skala:

## Pilot Plant

- C-1 Optimasi Perancangan Reaktor Fixed Bed dengan Simulasi Komputer (Studi Kasus CS<sub>2</sub> dari Metana dan Sulfur)
- C-2 Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Sebagai Katalis Heterogen Dalam Pembuatan Biodiesel Dari Bahan Baku Minyak Goreng Bekas (Waste Cooking Oil)
- C-3 Pengaruh Variabel Operasi Reaktor Venturi Bersirkulasi terhadap Kalsium Karbonat Presipitat yang Dihasilkan
- C-4 Penelitian Teknik Pembuatan Hidrogen Dengan Elektrolisa Larutan Air-Methanol Dan Energi Surya
- D-1 Kinerja Biodegradasi Zat Warna Azo Menggunakan Bioreaktor Membran oksik-Oksik Kontinu Pada Umur Lumpur yang Berbeda
- D-2 Penambahan Natrium Benzoat dalam Pembuatan saus nanas
- D-3 Usaha Pemanfaatan Ragi dalam Percobaan Pembuatan Sari Buah (Clear Juice) dari Buah pisang matang ( *musa paradisiaca* L)
- D-4 Pengaruh Penambahan Karagenan Terhadap beberapa karakteristik yoghurt kacang hijau
- D-5 Penambahan Tepung Agar dan Wortel untuk Memperkaya Serat pada Beras Jagung Instan
- D-6 Pengaruh Suhu Penyimpanan terhadap Perubahan Kimia Yogurt Kacang Hijau (*phaeseolus radiatus*, linn)
- D-7 Pembuatan Konsentrat Pakan Sapi Berprotein Tinggi dan Ekonomis dari Limbah Agroindustri, pertanian dan perikanan

# POTENSI LIMBAH BIOMASSA PERTANIAN SEBAGAI BAHAN BAKU PRODUKSI BIOENERGI (BIOGAS)

Muhammad Romli, Suprihatin, Nastiti Siswi Indrasti, Angga Yuhistira Aryanto  
Bagian Teknik dan Manajemen Lingkungan, Departemen Teknologi Industri Pertanian,  
Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor  
Kampus IPB Darmaga, P.o. Box 220, Telp/Fax : 0251-8621974, Email :  
mromli@hotmail.com

## Abstract

*It is estimated that an approximate of 145 M tonnes of agricultural biomass is produced yearly in Indonesia. The organic biomass contains a large amount of organics and nutrients that are essential for plants, but its utilization is not yet optimum. The management of the agricultural wastes needs to be integrated with the recycling of organic matters to generate renewable energy (biogas) and to recover nutrients for agricultural purposes. This can be realized using a solid substrate anaerobic bioreactor system to convert organic substances to biogas and in the same time to recover the nutrients contained in biomass. This paper presents the potential use of agricultural biomass as a raw material in biogas production with respects to quantity, biodegradability characteristics, and production rate. The preliminary results of the experimental works using rice straw and organic fraction of commercial solid wastes show that the materials can be converted directly to biogas. This organic and nutrient recycling can provide multiplier effects, namely producing bioenergy (biogas), reducing the inorganic fertilizer consumption, increasing the crop productivity as result of improved soils structure (physical, chemical, and microbiological) as well as reducing the environmental load. Such a practice will contribute to the development of sustainable agriculture, which is a challenge of modern agricultural practices.*

**Keywords:** *agricultural waste, biogas, nutrient recycling, sustainable agriculture*

## Abstrak

*Saat ini diperkirakan 145 M ton biomasa pertanian diproduksi di Indonesia setiap tahunnya dan pemanfaatannya belum dilakukan secara optimum, padahal biomasa tersebut mengandung bahan-bahan organik dan unsur hara yang bersifat esensial bagi tanaman. Pengelolaan dan pemanfaatan limbah biomas pertanian perlu diarahkan agar lebih terintegrasi, yang diharapkan berkontribusi terhadap upaya daur ulang bahan organik pada biomas untuk pembangkitan energi alternatif (bioenergi) dan upaya perolehan kembali unsur hara untuk dikembalikan ke lahan. Hal ini dapat dilakukan dengan suatu sistem bioreaktor anaerobik dengan media substrat padat untuk mengkonversi bahan organik menjadi biogas dan sekaligus memperoleh kembali (recovery) unsur hara yang terdapat dalam biomasa. Paper ini menyajikan potensi pemanfaatan biomassa pertanian sebagai bahan baku produksi bioenergi (metana), ditinjau dari kuantitas, karakteristik biodegradasi biomassa pertanian, dan kuantitas produksi. Hasil penelitian menggunakan sampel biomassa pertanian berupa jerami padi, limbah sayur-sayuran dan buah-buahan (limbah pasar) menunjukkan bahwa biomassa pertanian padat dapat langsung dikonversi menjadi bioenergi. Daur-ulang bahan organik, nutrien / mineral dari limbah pertanian ini dapat memberikan efek beruntun*

(multiplier effects), yaitu menghasilkan bioenergi (biogas), mengurangi penggunaan pupuk anorganik, meningkatkan produktivitas akibat perbaikan karakteristik tanah (fisik, kimia dan mikrobiologis) dan sekaligus mengurangi beban pencemaran lingkungan. Praktek demikian berkontribusi terhadap pengembangan pertanian yang berkelanjutan (sustainable agriculture), yang merupakan tuntutan bagi praktek pertanian modern.

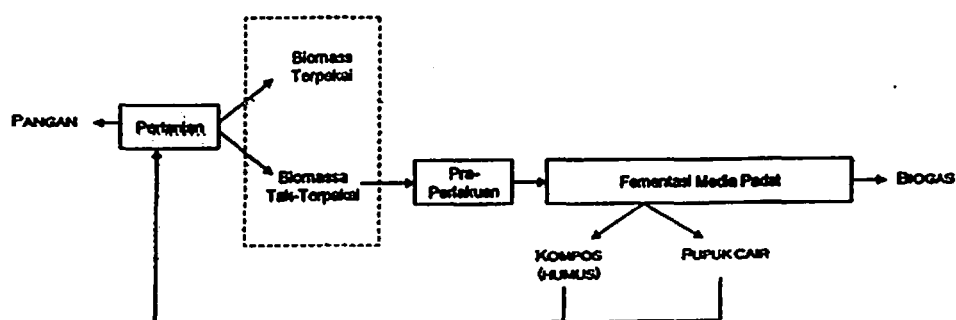
*Kata kunci: limbah pertanian, biogas, daur ulang nutrisi, pertanian berkelanjutan.*

## 1. PENDAHULUAN

Saat ini diperkirakan sekitar 145 M ton biomassa pertanian diproduksi di Indonesia setiap tahunnya. Sebagai ilustrasi, menurut data BPS tahun 2006, luas sawah di Indonesia adalah 11,9 juta ha berpotensi menghasilkan jerami padi sekitar kurang 119 juta ton (potensi produksi jerami padi: 10 – 15 ton / ha). 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 etanol atau metana. Namun karena fermentasi biomassa untuk menghasilkan bioetanol relatif lebih kompleks dan belum ada metode pra-perlakuan yang efektif, maka penggunaan biomassa sebagai sumber biogas (metana) merupakan pilihan yang lebih strategis. Jerami selama ini belum dimanfaatkan secara optimum, dan berpotensi untuk dikonversi menjadi biogas.

Akan tetapi, untuk dapat memanfaatkan potensi tersebut suatu penelitian yang komprehensif dan sistematis masih diperlukan untuk mendapatkan teknik pengelolaan sumberdaya secara lebih terintegrasi dengan fokus tidak hanya pada optimasi proses konversi menjadi biogas tetapi juga pada potensi perolehan kembali (*recovery*) unsur hara yang esensial bagi pertumbuhan tanaman. Pemilihan metode daur-ulang komponen-komponen tersebut harus didasarkan pada kelayakan teknis (efisiensi energi tinggi), kelayakan ekonomi (biaya rendah) dan pertimbangan lingkungan (beban polutan rendah). Untuk menjawab tujuan tersebut diperlukan suatu metode yang sesuai untuk memanfaatkan biomassa pertanian secara efisien sebagai sumber energi dan sumber unsur hara yang berkesinambungan.

Implementasi suatu pendekatan yang sesuai untuk pengelolaan limbah pertanian lebih dikehendaki karena mampu menciptakan *win-win solution* bagi pengelolaan pertanian dan lingkungan yang layak secara ekonomis sekaligus teknis. Metode daur-ulang biomassa dengan fermentasi media padat berpotensi menjawab persoalan tersebut, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Model daur-ulang bahan organik dan unsur hara limbah pertanian



Pengomposan bahan organik memang dapat mereduksi emisi gas rumah kaca (metana) dan menghasilkan produk bernilai ekonomi berupa kompos dan pupuk cair. Akan tetapi sebagian besar bahan organik dikonversi menjadi karbon dioksida dan air. Untuk memanfaatkan bahan organik dalam limbah pertanian, yang produksinya di Indonesia sangat melimpah, penelitian ini akan mengembangkan suatu metode daur-ulang bahan organik melalui fermentasi media padat dengan kondisi yang terkendali. Keunggulan metode ini dibandingkan dengan fermentasi media cair dan pengomposan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Keunggulan fermentasi media padat dibandingkan dengan pengomposan dan fermentasi media cair

Teknologi	Kondisi Proses	Substrat	Produk
Pengomposan	Aerobik	Padat	- Kompos (humus, bahan organik) - Pupuk cair (nutrien, dan mineral)
Fermentasi media cair	Anaerobik	Padat/Cair (suspensi)	- Energi (biogas) - Sludge (pupuk)
Fermentasi Media Padat	Aerobik/Anaerobik	Padat	- Energi (biogas) - Kompos (humus) - Pupuk cair (nutrien, dan mineral)

Dewasa ini ada kecenderungan yang menunjukkan adanya perhatian yang semakin meningkat pada penggunaan bahan organik untuk produksi biogas. Hasil dari berbagai penelitian menunjukkan bahwa konversi bahan organik menjadi energi menempati hierarki tertinggi dalam manajemen dan penanganan limbah organik. Hal ini karena semakin langkanya bahan bakar fosil. Penelitian dan praktek produksi biogas selama ini lebih banyak dilakukan dengan menggunakan bahan organik terlarut, misalnya dalam limbah cair industri minyak sawit, industri pati, atau industri peternakan. Penelitian dan penerapan teknologi konversi limbah organik padat pertanian masih terbatas, meskipun telah ada indikasi potensi yang tinggi untuk mengkonversi bahan organik menjadi biogas dengan fermentasi media padat (*dry fermentation*) (Fisher dan Krieg, 2001; Macius-Corral *et al.*, 2008; Juanga *et al.*, 2007; dan Arati, 2009).

Paper ini menyajikan hasil penelitian pendahuluan untuk menghasilkan basis data bagi metode daur-ulang bahan organik dan unsur hara, mencakup uji pendahuluan fermentasi media padat untuk konversi berbagai jenis limbah pertanian menjadi bioenergi (biogas) dan pupuk organik (digestat/kompos dan lindi/pupuk cair).

## 2. METODOLOGI

Dua jenis limbah pertanian dievaluasi, yaitu i) jerami padi, dan ii) limbah sintetis campuran berbagai jenis daun, limbah sayuran dan buah-buahan (limbah pasar), yang diperoleh dari pasar Gunung Batu Bogor (sampah pasar-1), dan Pasar Laladon Bogor (sampah pasar-2). Limbah jerami dimaksudkan untuk merepresentasikan jenis limbah yang relatif sulit terdegradasi, sedangkan campuran berbagai jenis daun, limbah sayuran dan buah-buahan untuk merepresentasikan limbah yang relatif mudah terdegradasi. Alat utama untuk penelitian adalah fermentor (bioreaktor) anaerobik yang dilengkapi dengan tanki penampung lindi, pompa untuk resirkulasi dan alat ukur produksi biogas. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu digester anaerobik skala laboratorium volume 1,5 liter berbahan polietilen (PE) dan peralatan untuk analisa parameter yang diuji seperti *COD analyzer*, *Kjeldahl apparatus*, pH meter, spektrofotometer, pompa peristaltik, dan alat-alat gelas.

Bahan-bahan yang dipakai dalam penelitian ini meliputi limbah pertanian (jerami dan sampah pasar) yang diperoleh di wilayah Bogor. Bahan-bahan kimia untuk analisis COD, TKN, TS, VS dan lainnya. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik dan Manajemen Lingkungan Industri, Departemen

bahan organik dikonversi menjadi karbon dioksida dan air. Untuk memanfaatkan bahan organik dalam limbah pertanian, yang produksinya di Indonesia sangat melimpah, penelitian ini akan mengembangkan suatu metode daur-ulang bahan organik melalui fermentasi media padat dengan kondisi yang terkendali. Keunggulan metode ini dibandingkan dengan fermentasi media cair dan pengomposan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Keunggulan fermentasi media padat dibandingkan dengan pengomposan dan fermentasi media cair

Teknologi	Kondisi Proses	Substrat	Produk
Pengomposan	Aerobik	Padat	- Kompos (humus, bahan organik) - Pupuk cair (nutrien, dan mineral)
Fermentasi media cair	Anaerobik	Padat/Cair (suspensi)	- Energi (biogas) - Sludge (pupuk)
Fermentasi Media Padat	Aerobik/Anaerobik	Padat	- Energi (biogas) - Kompos (humus) - Pupuk cair (nutrien, dan mineral)

Dewasa ini ada kecenderungan yang menunjukkan adanya perhatian yang semakin meningkat pada penggunaan bahan organik untuk produksi biogas. Hasil dari berbagai penelitian menunjukkan bahwa konversi bahan organik menjadi energi menempati hierarki tertinggi dalam manajemen dan penanganan limbah organik. Hal ini karena semakin langkanya bahan bakar fosil. Penelitian dan praktek produksi biogas selama ini lebih banyak dilakukan dengan menggunakan bahan organik terlarut, misalnya dalam limbah cair industri minyak sawit, industri pati, atau industri peternakan. Penelitian dan penerapan teknologi konversi limbah organik padat pertanian masih terbatas, meskipun telah ada indikasi potensi yang tinggi untuk mengkonversi bahan organik menjadi biogas dengan fermentasi media padat (*dry fermentation*) (Fisher dan Krieg, 2001; Macias-Corral *et al.*, 2008; Juanga *et al.*, 2007; dan Arati, 2009).

Paper ini menyajikan hasil penelitian pendahuluan untuk menghasilkan basis data bagi metode daur-ulang bahan organik dan unsur hara, mencakup uji pendahuluan fermentasi media padat untuk konversi berbagai jenis limbah pertanian menjadi bioenergi (biogas) dan pupuk organik (digestat/kompos dan lindi/pupuk cair).

## 2. METODOLOGI

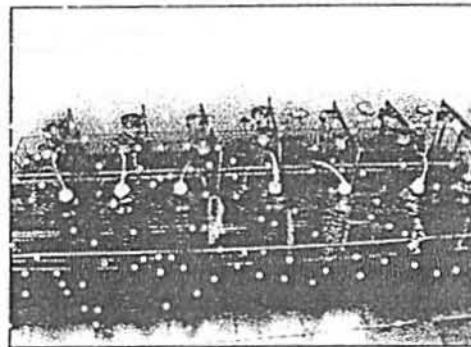
Dua jenis limbah pertanian dievaluasi, yaitu i) jerami padi, dan ii) limbah sintetik campuran berbagai jenis daun, limbah sayuran dan buah-buahan (limbah pasar), yang diperoleh dari pasar Gunung Batu Bogor (sampah pasar-1), dan Pasar Laladon Bogor (sampah pasar-2). Limbah jerami dimaksudkan untuk merepresentasikan jenis limbah yang relatif sulit terdegradasi, sedangkan campuran berbagai jenis daun, limbah sayuran dan buah-buahan untuk merepresentasikan limbah yang relatif mudah terdegradasi. Alat utama untuk penelitian adalah fermentor (bioreaktor) anaerobik yang dilengkapi dengan tanki penampung lindi, pompa untuk resirkulasi dan alat ukur produksi biogas. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu digester anaerobik skala laboratorium volume 1,5 liter berbahan polietilen (PE) dan peralatan untuk analisa parameter yang diuji seperti *COD analyzer*, *Kjeldahl apparatus*, pH meter, spektrofotometer, pompa peristaltik, dan alat-alat gelas.

Bahan-bahan yang dipakai dalam penelitian ini meliputi limbah pertanian (jerami dan sampah pasar) yang diperoleh di wilayah Bogor. Bahan-bahan kimia untuk analisis COD, TKN, TS, VS dan lainnya. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik dan Manajemen Lingkungan Industri, Departemen

Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Analisis laboratorium dilakukan sesuai dengan metode APHA (2005). Penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan sebagai berikut.

Karakterisasi Bahan Baku. Karakterisasi dilakukan untuk mengetahui nilai rata-rata dan variasi komposisi limbah biomasa, meliputi parameter kadar air, padatan total, padatan organik, dan padatan anorganik untuk masing-masing jenis limbah yang diteliti.

Pengujian Biokonversi. Eksperimen dilakukan untuk mengetahui sejauh mana bahan organik yang diteliti dapat mengalami degradasi. Pada penelitian dilakukan fermentasi bahan organik limbah pertanian menggunakan botol plastik dengan volume 1,5 liter, dengan jumlah bahan yang digunakan 500 gram per botol. Skema peralatan penelitian yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Reaktor fermentasi volume 1,5 liter

Karakterisasi Biogas, Kompos dan Lindi (pupuk Cair). Pada penelitian ini karakterisasi biogas yang dihasilkan baru terbatas pada volume dan laju produksi, belum mencakup komposisi biogas (terutama kadar metana). Karakterisasi kompos dan pupuk cair yang dihasilkan dilakukan melalui analisis laboratorium, mencakup parameter padatan total dan padatan organik. Karakterisasi lindi mencakup kadar padatan total, padatan organik, kadar bahan organik (COD/Chemical Oxygen Demand), pH dan fosfor (unsur hara penting bagi tanaman).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Karakteristik Bahan

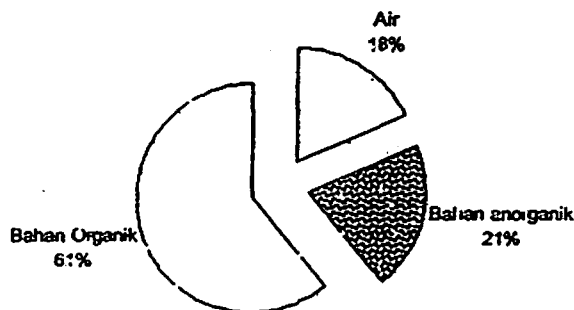
Karakterisasi limbah pertanian dilakukan untuk mengetahui komposisi bahan, meliputi parameter kadar air, padatan total, dan padatan organik untuk setiap jenis biomassa. Dari hasil karakterisasi diperoleh informasi bahwa jerami memiliki kadar air yang lebih rendah dan kadar abu yang lebih tinggi dibanding limbah pasar. Karakteristik limbah buah dan sayuran di dominasi oleh kandungan air yang tinggi. Karakteristik biomassa limbah pertanian disajikan pada Tabel 1. Sebagai pembandingan, disajikan juga hasil penelitian Biswas *et al.* (2007).

Tabel 1. Karakteristik Biomassa Limbah Pertanian

Jenis Biomassa	Kadar Abu (%)	Kadar Air (%)	Padatan total (%)	Padatan organik	
				(% w.b)	(% d.b)
Jerami	18,3	21,0	79,0	60,7	76,84
Kulit pisang	1,90	87,61	12,39	10,49	84,67
Kol	0,48	93,00	7,00	6,52	93,14
Sampah Pasar-1	2,23	82,57	17,43	15,2	87,21
Sampah Pasar-2	0,83	94,05	5,95	5,12	86,05
Kulit nenas	0,66	86,61	13,39	12,73	95,07
Limbah buah & sayuran (Biswas <i>et al.</i> , 2007)	0,98	89,24	10,76	9,78	90,89

Kriteria yang sering digunakan sebagai dasar untuk menilai keberhasilan perombakan limbah pertanian secara anaerobik adalah produksi biogas, penurunan padatan organik (VS), dan produksi distilat. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa bahan biomassa memiliki kandungan padatan organik antara 76 sampai 95 persen basis kering. Kandungan VS menunjukkan bahan organik yang berpotensi dapat dikonversi secara anaerobik menjadi biogas.

Dari sisi kuantitas, jerami padi merupakan salah satu limbah pertanian yang belum banyak dimanfaatkan di Indonesia. Jerami padi harganya sangat murah dan memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi yaitu mencapai 39%. Komposisi kimia lainnya yaitu hemiselulosa 27,5%, lignin 23,5% dan abu 10%. Potensi jerami kurang lebih 1,4 kali dari hasil panen (Kim dan Dal, 2004). Rata-rata produktivitas padi nasional adalah 48,95 ku/ha, sehingga jumlah jerami yang dihasilkan kurang lebih 68,53 ku/ha. Potensi jerami yang sangat besar ini sebagian besar masih disia-siakan oleh petani. Sebagian besar jerami hanya dibakar menjadi abu, sebagian kecil dimanfaatkan untuk pakan ternak. Jerami padi setelah panen memiliki kadar air sekitar 40% (Lei et al., 2010). Komposisi kimia jerami padi sangat bervariasi hal ini dipengaruhi oleh varietas padi, tempat tumbuh, serta pupuk yang digunakan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jerami padi terdiri atas 18,30% air, bahan anorganik 21,0%, dan bahan organik 60,7% (Gambar 3).



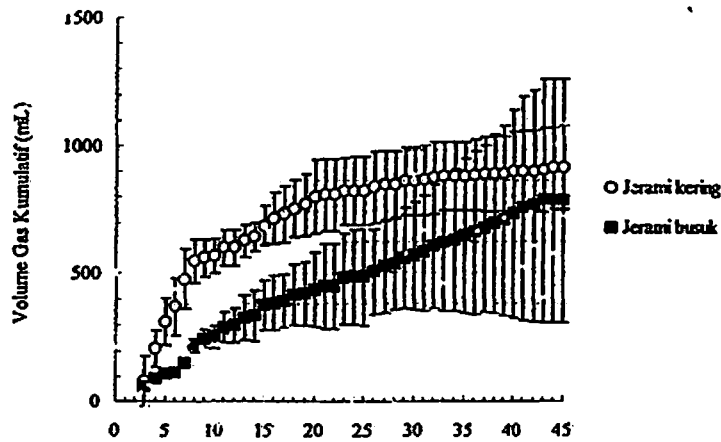
Gambar 3. Komposisi jerami padi

### 3.2. Produksi Gas

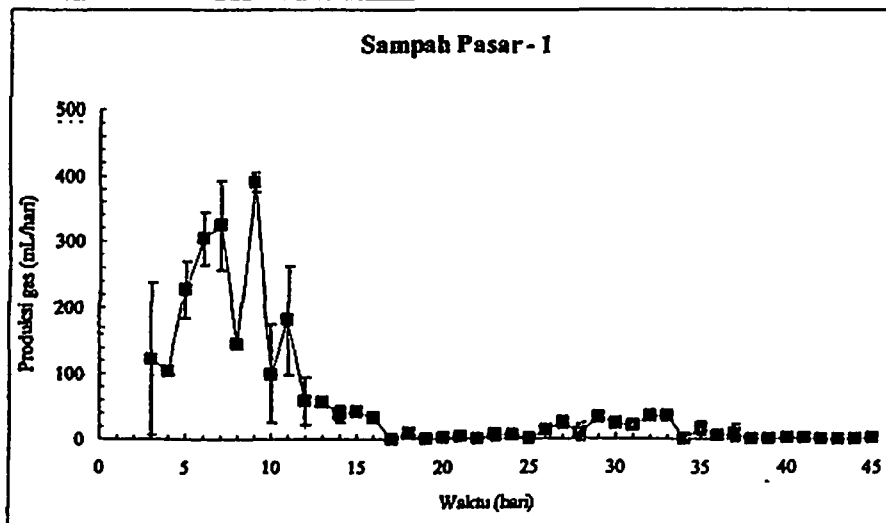
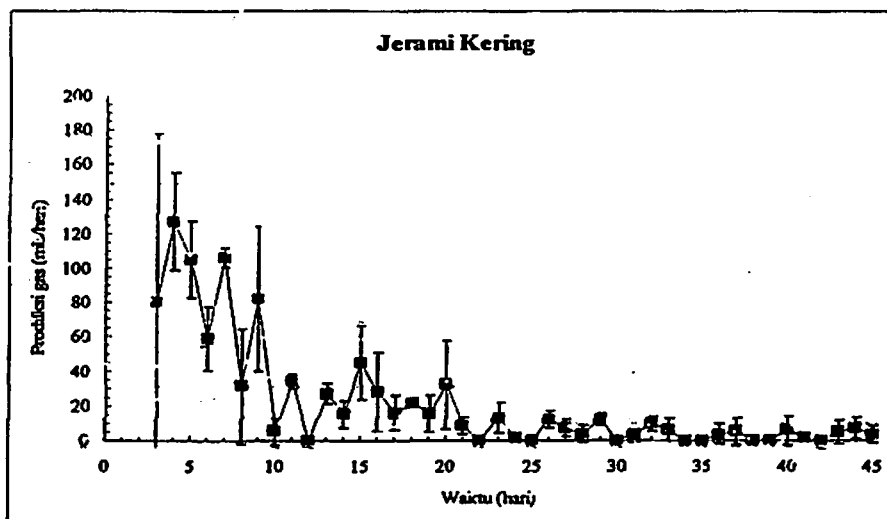
Pada penelitian ini dilakukan fermentasi bahan organik limbah pertanian menggunakan botol plastik dengan volume 1,5 liter. Suhu reaktor dikontrol pada 32 °C dengan menggunakan termostat. Produksi gas kumulatif dari jerami disajikan pada Gambar 4. Laju produksi gas harian untuk bahan jerami kering dan sampah pasar – 1 disajikan pada Gambar 5. Produksi gas kumulatif dari sampah pasar disajikan pada Gambar 6. Gas terbentuk dengan laju yang tinggi pada awal proses fermentasi, kemudian semakin lama laju produksi gas semakin menurun. Hal ini disebabkan karena pada awal fermentasi tersedia lebih banyak bahan organik yang mudah terdegradasi. Produksi gas jerami kering dan busuk menunjukkan hasil yang berbeda. Hal ini disebabkan karena pada jerami busuk sebagian bahan organik telah terdegradasi sebelum proses fermentasi. Pada jerami kering produksi gas mulai mengalami kondisi *steady* pada hari ke-21 dengan jumlah sekitar 850 mL, sedang pada jerami busuk terjadi pada hari ke-41 dengan jumlah produksi gas sekitar 800 mL.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi gas spesifik dari limbah pertanian berkisar antara 1.500 sampai 4.500 ml per kilogram biomassa. Produksi gas spesifik yang terbanyak adalah biomassa dari sampah pasar-1. Sampah pasar ini terdiri atas daun pisang 7,5%, kulit jagung 24,2%, pare 14,8%, kol 19,9%, sosin 6,2%, kangkung 7,9%, sawi 8,0%, wortel dan lain-lain 11,5%. Produksi gas spesifik yang terendah adalah limbah kol. Produksi gas spesifik biomassa dapat dilihat pada Tabel 2. Secara umum, produksi biogas spesifik sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2 masih sangat kecil dibandingkan dengan produksi biogas spesifik yang secara teoritis dapat dicapai. Secara teoritis, tingkat perolehan (*yield*) biogas dapat mencapai 180-940 L per kg bahan kering (TS) tergantung jenis

substratnya (Arati, 2009). Oleh karena itu, masih diperlukan usaha-usaha untuk meningkatkan perolehan, misalnya melalui perbaikan komposisi bahan umpan, pra-perlakuan umpan, dan perbaikan kondisi proses.



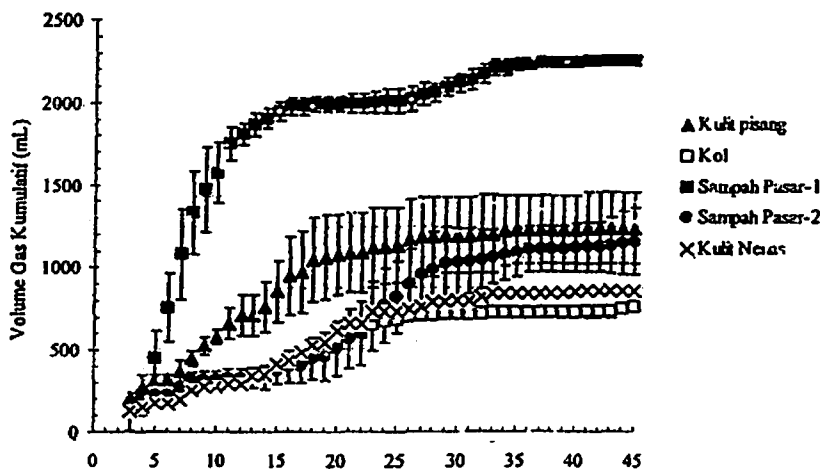
Gambar 4 Laju Produksi Gas Kumulatif dari Jerami



Gambar 5. Laju Produksi Gas Harian dari Jerami Kering (atas) dan Sampah Pasar - 1

Tabel 2. Produksi Gas Spesifik Biomassa

Bahan Biomassa	Produksi Gas Spesifik (ml/kg Biomassa)
Jerami Segar	1.860
Jerami Busuk	1.566
Kulit pisang	2.480
Kol	1.520
Sampah Pasar-1	4.500
Sampah Pasar-2	2.320
Kulit nenas	1.720



Gambar 6. Laju Produksi Gas Kumulatif dari Berbagai Jenis Bahan Penyusun Sampah Pasar

### 3.3. Karakteristik Digestat

Selain dihasilkan biogas dari proses fermentasi biomassa, dihasilkan pula digestat (dapat dijadikan kompos) dan lindi (dapat dijadikan pupuk cair). Karakteristik digestat disajikan pada Tabel 3. Setelah proses fermentasi selama 45 hari digestat biomassa memiliki kandungan kadar air berkisar 79,20 sampai 94,53 persen, yang terendah diperoleh oleh jerami sedangkan yang tertinggi didapatkan dari limbah kol. Dari analisis VS basis kering diperoleh hasil antara 76,9 sampai 93,8 persen, hal ini menunjukkan bahwa hampir semua biomassa masih mengandung bahan organik yang tinggi, sehingga dapat dijadikan kompos.

Tabel 3. Karakteristik Digestat

	Kadar air (%)	Kadar abu (%)	Padatan total (%)	Padatan organik (%)	
				Basis basah (w.b)	Basis Kering (d.b)
Jerami	79,20	4,80	20,8	16,00	76,9
Kulit pisang	92,32	1,00	7,68	6,68	87,0
Kol	94,53	0,38	5,47	5,08	93,1
Sampah pasar-1	89,15	1,69	10,85	9,16	84,4

Sampah psar-2	92,95	1,01	7,05	6,04	85,7
Kulit Nenas	89,78	0,63	10,22	9,58	93,8

### 3.4. Karakteristik Lindi

Selama proses fermentasi biomassa juga dihasilkan lindi (dapat dijadikan pupuk cair). Karakteristik lindi disajikan pada Tabel 4. Hasil penelitian menunjukkan semua air lindi dari biomassa memiliki nilai pH berkisar antara 3,7 – 5,6. Hal ini menandakan bahwa kandungan asam relatif masih tinggi. Kegagalan proses pencernaan anaerobik dalam digester biogas bisa disebabkan tidak seimbangnya populasi bakteri metanogenik terhadap bakteri asam yang menyebabkan lingkungan menjadi sangat asam (pH kurang dari 7) yang selanjutnya menghambat kelangsungan hidup bakteri metanogenik. Kondisi keasaman yang optimal pada pencernaan anaerobik yaitu sekitar pH 6,8 sampai 8, laju pencernaan akan menurun pada kondisi pH yang lebih tinggi atau rendah.

Tabel 4. Karakteristik Air Lindi

Jenis Biomassa	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Padatan organik (%)		pH	COD (mg/l)	Kadar P (mg/l)
			Basis basah	Basis kering			
Jerami	99,10	0,30	0,90	66,7	4,6	6.000	41,30
Kulit pisang	98,66	0,42	1,34	68,7	5,2	14.000	22,35
Kol	98,92	0,20	1,08	81,5	4,6	12.000	43,03
Sampah pasar-1	98,24	0,46	1,76	73,9	5,6	30.000	35,17
Sampah pasar-2	97,82	0,55	2,18	74,8	5,0	32.000	47,27
Kulit Nenas	97,42	0,30	2,58	88,4	3,7	44.000	23,75

Dilihat dari kandungan fosfor terlihat bahwa semua biomassa memiliki kandungan fosfor yang tinggi sekitar 22,35 sampai 47,27 mg/L. Fosfor termasuk unsur hara esensial bagi tanaman dengan fungsi sebagai pemindah energi yang tidak dapat diganti dengan hara lain. Ketidacukupan pasokan P menjadikan tanaman tidak tumbuh maksimal atau potensi hasilnya tidak maksimal atau tidak mampu menyempurnakan proses reproduksi yang normal. Peranan P dalam tanaman sebagai penyimpanan dan pemindahan energi yang berpengaruh terhadap berbagai proses lain dalam tanaman. Adanya P dibutuhkan untuk reaksi biokimiawi penting, seperti pemindahan ion, kerja osmotik, reaksi fotosintesis dan glikolisis.

Hasil penelitian yang sudah diperoleh hingga saat ini masih terbatas pada karakteristik awal degradasi limbah biomassa pertanian. Penelitian yang saat ini sedang berlangsung meliputi evaluasi kinerja konversi biomassa pada digester skala 10 L dan 100 L dengan kondisi dan mode operasi *batch* dan *sequencing batch* dengan atau tanpa *recycle digestat/lindi*. Dari kegiatan penelitian yang sedang berlangsung ini akan dihasilkan berbagai parameter kinerja digester yang dapat digunakan sebagai basis perancangan sistem dan proses konversi bahan organik menjadi biogas skala operasional, meliputi laju pembebanan organik (kg VS/m<sup>3</sup>.hari), produksi biogas spesifik (m<sup>3</sup> biogas/kg VS tersisihkan) dan komposisi biogas, produksi dan karakteristik digestat dan lindi, desain operasi digester, dan analisis biaya dan manfaat.

## 4. KESIMPULAN

Limbah pertanian memiliki potensi yang besar untuk produksi bioenergi (biogas), karena terdiri sebagian besar dari bahan organik, tersedia dalam jumlah besar dan dapat diperbarui (*renewable*).

Jerami padi dan limbah sayuran serta buah-buahan (fraksi organik limbah pasar) merupakan biomassa pertanian yang dapat langsung dikonversi menjadi bioenergi (biogas), meskipun hasil penelitian ini juga menunjukkan masih adanya kebutuhan untuk meningkatkan perolehan (*yield*) biogas. Hasil digestat dan lindi dapat dijadikan kompos dan pupuk cair yang bermanfaat bagi tanaman dan perbaikan karakteristik tanah. Daur-ulang bahan organik, nutrien/mineral dari limbah pertanian ini berpotensi dapat memberikan efek beruntun (*multiplier effects*), yaitu menghasilkan bioenergi, mengurangi penggunaan pupuk anorganik, meningkatkan produktivitas akibat perbaikan karakteristik tanah (fisik, kimia dan mikrobiologis) dan sekaligus mengurangi beban pencemaran lingkungan. Praktek demikian berkontribusi terhadap pengembangan pertanian berkesinambungan (*sustainable agriculture*), yang merupakan tuntutan bagi praktek pertanian modern.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan juga pada Sdr. Aziz Wildan dan Febri Isni Prajayana atas bantuannya dalam pelaksanaan pekerjaan laboratorium. Isi paper ini sebagian dari hasil penelitian ini dibiayai oleh Hibah Penelitian Strategis Unggulan (PSU) IPB Tahun 2010.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] APHA., (2005). "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". 20<sup>th</sup> ed. American Public Health Association. APHA, New York.
- [2] Arati, J.M., (2009). "Evaluating the Economic Feasibility of Anaerobic Digestion of Kawangware Market Waste". *BS Thesis*. Kansas State University, Manhattan, Kansas.
- [3] Biswas J., Chowdhury, R., Bhattacharya, P., (2007). "Mathematical modeling for the prediction of biogas generation characteristic of an anaerobic digester based on food/vegetable residues". *J. Biomass and Bioenergy*, Vol. 31, p. 80 – 86.
- [4] Fischer, T. dan Krieg, A., (2001). Zur Trockenfermentation in der Landwirtschaft (About Dry Fermentation in Agriculture). *Biogas Journal Nr. 1*, Mai 2001, p. 12-16.
- [5] Juanga J.P., Visvanathan, C. dan Josef Trankier, J., (2007). "Optimization of anaerobic digestion of municipal solid waste in combined process and sequential staging". *Waste Manage Res* 25: p. 30-38
- [6] Kim, S. dan B. Dal, B.E., (2004). "Global Potential Bioethanol Production from Wasted Crops and Crop Residues". *J. Biomass and Bioenergy*. Volume 26, Issue 4, April 2004, p. 361-375
- [7] Lei, Z. J, Zhang, C.Z. and Sugiura, N., (2010). "Methane Production from Rice Straw with Acclimated Anaerobic Sludge : Effect of Phosphate Supplementation". *J. Bioresource Technology*. Vol 101, p. 4343 – 4348
- [8] Macías-Corral, M., Samani, Z., Hanson, A., Smith, G., Funk, P., Yu, H., Longworth, J., (2008). "Anaerobic digestion of municipal solid waste and agricultural waste and the effect of co-digestion with dairy cow manure". *Bioresource Technology* 99, p. 8288-8293