

# Pengaruh *Pretreatment* Jerami Padi pada Produksi Biogas dari Jerami Padi dan Sampah Sayur Sawi Hijau Secara *Batch*

Dewi Astuti Herawati<sup>1,\*</sup>, Andang Arif Wibawa<sup>2,\*\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi

<sup>2</sup>Jurusan Ilmu Kesehatan, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Setia Budi

## Abstract

In the recent decades, population growth has increased energy consumption level. On the other hand, fossil energy sources are very limited and therefore the need to seek renewable energies as alternatives is inevitable. Agricultural and traditional market wastes can be used to produce biogas as renewable energy. The objectives of this study was to investigate the potential of rice straws and green mustard (*Brassica Juncea*) to produce biogas and the effect of pretreatment on the biogas production.

Vegetable waste of green mustard and rice straws were mixed so that the C to N ratio was 20. Inoculums starter taken from bio-digester effluent was put into an erlenmeyer and water was then added to a total volume of 350 ml. Initial mixture pH was measured and nitrogen was fed to the reactor to get anaerobic condition while the erlenmeyer was isolated. Fermentation was conducted at temperature of 35°C. Volume and pH of the resulting biogas were measured everyday, while the methane content was analyzed every seven days. The fermentation process was observed for 49 days.

Experimental results showed that the highest result was obtained from rice straw that was pretreated by adding EM-4 with the average biogas yield of 0,030 L/g VS after 21 days. The highest methane content was obtained after 28 days with a purity of 64,78% from the powdered rice straw. The experimental results showed that the rice straw pretreated with EM-4 addition could increase biogas yield by 188,48%.

**Keywords:** rice straw, green mustard, EM-4, biogas, methane, yield of bigas

## Abstrak

Dalam dekade terakhir, tingkat konsumsi energi semakin tinggi, sedangkan sumber energi fosil terbatas. Diperlukan usaha-usaha untuk mendapatkan energi terbarukan. Di sisi lain, limbah pertanian dan sampah pasar melimpah dan dapat dibuat biogas yang merupakan energi terbarukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *pretreatment* jerami terhadap *yield* biogas dan kadar metana.

Sampah sayuran sawi hijau (*Brassica Juncea*) dan jerami padi dicampur dengan komposisi tertentu sampai diperoleh perbandingan molar C/N = 20. Starter inokulum dari cairan hasil biodigester dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang kemudian ditambahkan air sehingga volume totalnya menjadi 350 ml. pH awal campuran diukur dan campuran dialiri gas N<sub>2</sub> supaya kondisi anaerob tercapai sementara erlenmeyer dalam keadaan tertutup rapat. Fermentasi dilakukan pada suhu 35°C. Volume biogas dan pH diukur setiap hari sementara kadar metana dianalisis setiap tujuh hari. Proses fermentasi diamati selama 49 hari.

Hasil terbaik diperoleh dari jerami ukuran 0,5 cm yang dikenakan perlakuan awal penambahan EM-4, dimana hasil *yield* biogas rata-rata 0,03 L/g VS pada hari ke-21. Kadar metan tertinggi sebesar 64,78% dihasilkan pada hari ke-28 diperoleh dari jerami padi yang dibuat serbuk. Perlakuan awal jerami padi secara biologis dengan penambahan EM-4 terbukti dapat meningkatkan *yield* biogas sebesar 188,48%.

**Kata kunci:** jerami padi, sawi hijau, EM-4, biogas, metana, *yield* biogas

## Pendahuluan

Peningkatan jumlah penduduk mengakibatkan tingkat konsumsi energi meningkat, sedang sumber energi fosil terbatas, sehingga perlu usaha mendapatkan energi terbarukan. Limbah pertanian dan sampah pasar dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan alternatif sumber energi terbarukan. Biogas adalah salah satu energi

terbarukan yang dapat dibuat dari limbah pertanian dan sampah pasar. Penelitian pembuatan biogas dari jerami padi dan kotoran hewan telah banyak dilakukan. Namun, permasalahan timbul karena jerami padi mengandung selulosa dan lignin yang sulit didegradasi sehingga menyebabkan permasalahan pada saluran pengeluaran. Untuk menanggulangi hal tersebut, perlakuan khusus terhadap jerami padi perlu dilakukan untuk mendegradasi lignin dengan cara biologi dan cara fisik.

\* Alamat korespondensi:email: dewi\_tkusb@yahoo.com

\*\* Alamat korespondensi:email: andangbiotek@yahoo.com

Biogas adalah gas yang dihasilkan secara mikrobiologi anaerobik dari limbah organik (Khorsidi dan Arian, 2008). Biogas terdiri dari campuran metana  $\text{CH}_4$  (55-70%),  $\text{CO}_2$  (25-50%),  $\text{H}_2\text{O}$  (1-5%),  $\text{H}_2\text{S}$  (0-0,5%),  $\text{N}_2$  (0-5%) dan  $\text{NH}_3$ (0-0,05%) (Deublein dan Steinhauser, 2008). Dekomposisi bahan organik yang mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin berlangsung sangat lambat. Tahezadeh dan Karimi (2008) menyatakan untuk mempercepat proses degradasi bahan organik mengandung lignoselulosa perlu dilakukan *pretreatment* bahan baku. Sidiras dan Koukios, (1989) menunjukkan bahwa untuk menurunkan kristalinitas dengan penggilingan bahan jerami dengan sejumlah kecil gula akan memudahkan hidrolisis. Jin dan Chen, (2006) meneliti jerami padi dipotong 5-8 cm kemudian dimasak dengan *steam* 220°C selama 5 menit akan meningkatkan *yield* gula dan hidrolisis enzimatis. Untuk meningkatkan produksi biogas dari jerami padi, kombinasi *pretreatment* dengan grinding, pemanasan dan *treatment* ammonia akan memperoleh *yield* yang tertinggi (Zhang dan Zhang, 1999).

Mikroorganisme dapat juga digunakan untuk memproses lignoselulosa dan meningkatkan hidrolisis enzimatis. *White rot fungi* adalah mikroorganisme paling efektif digunakan dalam *pretreatment* biologi lignoselulosa (Sun dan Cheng, 2002). Taniguchi, dkk., (2005) mengevaluasi *pretreatment* biologi pada jerami padi dengan 4 macam jamur putih yang dapat merubah struktur komponen dalam jerami padi dan meningkatkan kecepatan hidrolisis enzimatis. Penambahan EM-4 (*effective microorganism-4*) yang dikombinasikan dengan enzim  $\alpha$  amylase pada pembentukan biogas dari limbah padat tapioka akan meningkatkan volume biogas 477,16%.

Jerami padi mempunyai kandungan C/N antara 50-70 (Yuwono, 2007). Menurut Deublein dan Steinhauser (2008) pembentukan biogas optimum terjadi pada substrat dengan rasio C/N 20-30. Untuk memenuhi rasio C/N tersebut jerami padi perlu dikombinasikan dengan sawi hijau dengan kandungan C/N 12-20 (Yuwono, 2007). Sawi Hijau (*Brassica Juncea*) mempunyai kandungan asam-asam amino yang merupakan sumber nitrogen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk pertumbuhan sel. Kombinasi campuran jerami padi dan sampah sayur sawi hijau dengan komposisi tertentu akan mendapatkan pH 7 yang merupakan pH yang sesuai untuk pembentukan biogas (Deublein dan Steinhauser, 2008).

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh *pretreatment* jerami padi terhadap *yield* biogas dan kadar metana pada produksi biogas jerami padi dan sampah sayur sawi secara *batch*.

## Metode Penelitian

### Bahan baku

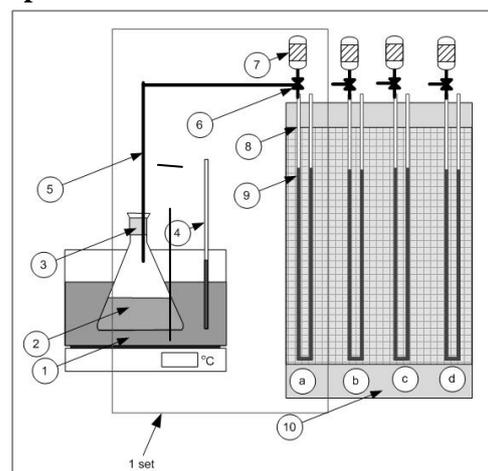
Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah : jerami padi, sampah sawi hijau dan EM-4. Hasil analisis komposisi bahan baku tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis komposisi bahan baku

	Jerami	Jerami + EM-4	Sawi hijau
Kadar air, %	2,90	47,15	10,68
Rasio C/N	64,86	49,63	18,44
Volatile solid, %	81,63	79,16	84,26
Total solid, %	97,10	52,85	89,32

*Starter* inokulum berasal dari cairan hasil biodigester Kebun Pendidikan dan Pengembangan Pertanian (KP4) UGM, Brebah, Sleman. EM-4 diproduksi oleh PT Songgolangit Persada, Jakarta. EM-4 mengandung bakteri fermentasi dari genus *Lactobacillus*, jamur fermentasi, *Actinomycetes*, bakteri pelarut fosfat dan ragi.

### Alat penelitian



Keterangan gambar

1. Inkubator
2. Biodigester
3. Tempat sampling substrat
4. Termometer
5. Tempat sampling gas
6. Kran
7. Tempat penampungan gas
8. Pipa manometer
9. Pembacaan level
10. Papan penyangga a,b,c d

Gambar 1. Rangkaian alat penelitian

### Perlakuan awal bahan baku

Pada penelitian ini ada 3 macam variasi jerami padi yaitu jerami padi berukuran 0,5 cm

ditambah EM-4 (J1) didiamkan selama 5 hari, jerami padi berukuran 0,5 cm (J2) dan jerami padi diserbuk halus (J3). Sawi hijau yang diperoleh dari sampah pasar diseleksi dari sampah sayur lainnya, kemudian diblender hingga halus. Jerami padi dan sawi hijau tersebut disimpan dalam ruang dingin bersuhu 4°C disediakan dalam jumlah yang cukup untuk penelitian.

### Analisis bahan baku

Analisis bahan baku meliputi analisis % C organik dan % N total dengan metode AOAC, 2002, penentuan *Total Solid* dan *Volatile Solid* dengan metode USEPA, 2001, pH dengan pH meter universal.

### Cara penelitian

Jerami dan sawi hijau dicampur dengan perbandingan massa bahan baku (substrat) dan air 1, dan komposisi campuran tertentu sehingga mendapatkan harga C/N 20. Bahan tersebut di atas ditambah inokulum dengan volume tetap dimasukkan ke dalam *erlenmeyer*, ditambah air sehingga volume totalnya 350 ml. pH awal campuran diukur, kemudian dialiri N<sub>2</sub> sehingga kondisi anaerob tercapai, sementara *erlenmeyer* ditutup rapat. Fermentasi dilakukan di dalam *water bath* pada suhu 35°C. Selama proses fermentasi dianalisis % *Total Solid*, % *Volatil Solid*. Kandungan metana dianalisis dengan kromatografi gas setiap 7 hari, pH dan volume produksi biogas dicatat setiap hari. Fermentasi dihentikan setelah hari ke 49 lalu biodigester dibuka dan dianalisis % *Total Solid*, % *Volatil Solid* dan pHnya.

## Hasil dan Pembahasan

### Pengaruh pretreatment jerami padi

Pada penelitian ini *pretreatment* bahan baku yang digunakan ada 2 cara yaitu dengan cara memperkecil ukuran bahan (dipotong dengan ukuran 0,5 cm dan diserbuk) dan cara biologi dengan menambahkan EM-4 (*effective microorganism*). Tabel 2 menunjukkan kadar metana tertinggi pada *pretreatment* dengan penambahan EM-4 dihasilkan pada hari ke-28 yaitu sebesar 63,44%. Pada *pretreatment* dengan cara dipotong 0,5 cm dihasilkan pada hari ke-21 sebesar 63,15%. Dengan cara diserbuk dihasilkan pada hari ke-28 sebesar 64,78%. Tabel 3 menunjukkan *yield* biogas tertinggi dihasilkan pada hari ke-21 pada pelbagai *pretreatment* jerami padi. Pada *pretreatment* dengan

penambahan EM-4 menghasilkan *yield* biogas rata-rata 0,030 L/gVS dan kadar metana tertinggi 63,44% sedangkan jerami padi dengan *pretreatment* cara fisik diserbuk mendapatkan *yield* biogas rata-rata 0,017 L/gVS dan kadar metana tertinggi 64,78%. Untuk jerami padi dipotong dengan ukuran 0,5 cm mendapatkan *yield* biogas rata-rata 0,016 L/g VS dan kadar metana tertinggi 60,74%. *Pretreatment* cara biologi akan meningkatkan *yield* biogas rata-rata dari 0,016 L/gVS pada *pretreatment* cara fisika menjadi 0,03L/gVS (188%). Hal ini disebabkan karena aktifitas EM-4 yang terdiri atas *Lactobacillus*, *Actinomycetes*, dan jamur. Fungsi mikro-organisme diduga melakukan delignifikasi, menurunkan derajat polimerisasi selulosa, dan hidrolisis hemiselulosa. Penambahan EM-4 mempercepat degradasi selulosa, hemiselulosa dan lignin menjadi senyawa yang dibutuhkan oleh mikroorganisme penghasil biogas, sehingga produksi biogas meningkat. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa jerami padi terapung di atas *slurry* pada *treatment* dengan EM-4 lebih sedikit dari pada jerami padi tanpa EM-4. *Pretreatment* dengan penambahan EM-4 mempunyai kelebihan dari cara fisika yaitu membutuhkan sedikit energi. Jerami padi yang diserbuk akan menghasilkan *yield* biogas yang lebih tinggi dari pada yang dipotong ukuran 0,5 cm yaitu kenaikan *yield* biogas dari 0,016 L/gVS menjadi 0,017 L/gVS (107%). Proses penggilingan dapat memecah dinding sel tumbuhan dengan lebih baik sehingga bakteri akan lebih mudah mencerna atau mendekomposisi kandungan senyawa di dalam sel. Hartono dan Kurniawan (2009) menyatakan bahwa bahan yang diberi *pretreatment* dengan penggilingan (ukuran bahan 25 mm, *yield* biogas 0,46 L/g VS) perolehan biogas lebih tinggi dari pada bahan yang dicincang (ukuran bahan 25 mm, *yield* biogas 0,41 L/gVS).

**Tabel 2. Pengaruh pretreatment jerami padi terhadap kadar metana**

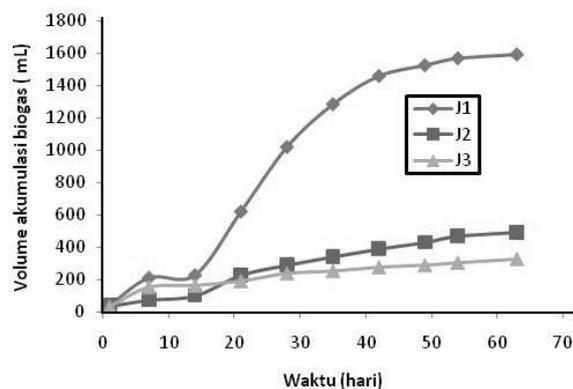
No	Hari ke	Kadar metana (%)		
		Jerami padi + EM-4 (J1)	Jerami dipotong 0,5 cm (J2)	Jerami diserbuk (J3)
1	0	0,35	1,20	0
2	7	16,19	16,45	9,95
3	14	21,11	43,66	15,78
4	21	62,18	63,15	38,48
5	28	63,44	60,74	64,78
6	35	61,10	55,33	59,81
7	42	55,72	56,12	58,97
8	49	54,26	56,53	60,71

**Tabel 3. Pengaruh pretreatment jerami padi terhadap yield biogas**

No	Hari ke	Yield biogas (L/g VS/7 hari)		
		Jerami padi + EM-4 (J1)	Jerami dipotong 0,5 cm (J2)	Jerami diserbuk (J3)
1	7	0,029	0,056	0,059
2	14	0,020	0,015	0,019
3	21	0,052	0,014	0,016
4	28	0,037	0,012	0,014
5	35	0,039	0,009	0,009
6	42	0,031	0,010	0,009
7	49	0,030	0,011	0,009
Yield rata-rata		0,030	0,016	0,017

### Perubahan volume akumulasi biogas

Gambar 2 menunjukkan hubungan antara volume akumulasi biogas setiap waktu.



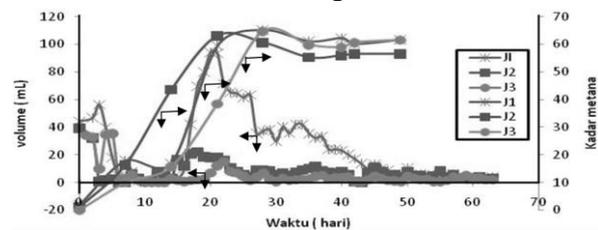
**Gambar 2. Hubungan antara volume akumulasi biogas dengan waktu pada pelbagai pretreatment jerami padi.**

Volume akumulasi biogas tertinggi dihasilkan oleh jerami yang menghasilkan degradasi anaerobik secara biologis dengan penambahan EM-4 pada hari ke-49 volume biogas yaitu sebanyak 1,53 L. Sedangkan yang dipotong ukuran 0,5 cm volume akumulasi biogas yang dihasilkan hanya 0,43L, penambahan EM-4 pada jerami padi akan meningkatkan volume akumulasi biogas sebanyak 276%.

### Hubungan kecepatan produksi biogas dan kadar metana

Gambar 3 menunjukkan bahwa kecepatan produksi biogas paling tinggi dihasilkan pada J1, dengan volume biogas yang dihasilkan pada hari ke-21 sebanyak 93,65 mL, J2 dan J3 berturut-turut 18,21 mL dan 12,08 mL. Pada J1 dimungkinkan substrat berupa *volatile solid* tidak hanya berasal dari sawi hijau kemungkinan juga berasal dari sebagian kecil selulosa jerami padi yang telah mengalami degradasi oleh aktifitas EM-4 sehingga akan meningkatkan

kecepatan produksi biogas jika dibandingkan J2 dan J3, akan tetapi setelah hari ke-40 volume biogas yang dihasilkan hanya sekitar 2-3mL/hari, dan akhirnya akan habis. Hal ini disebabkan substrat telah dikonsumsi untuk menghasilkan biogas pada hari ke-7 sampai hari ke-30. Berbeda dengan J2 dan J3 dimana degradasi selulosa agak lambat sehingga kecepatan produksi biogas juga lambat, sehingga pada hari ke-63 masih dihasilkan biogas.



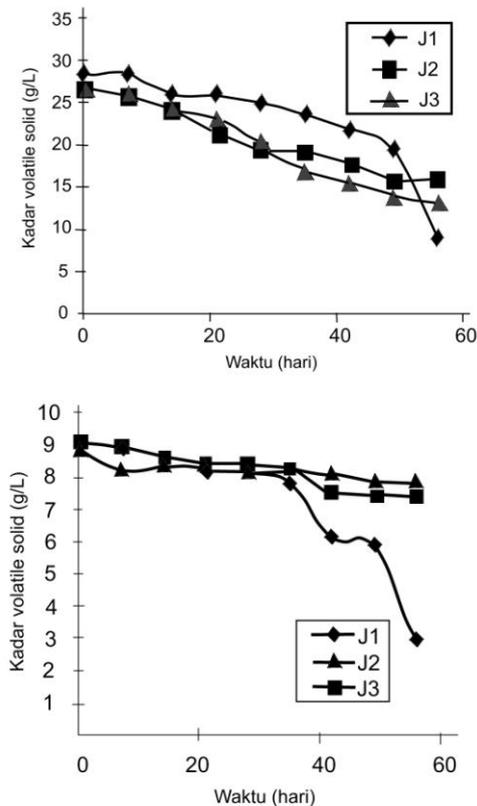
**Gambar 3. Kecepatan produksi biogas dan kadar metana setiap waktu pada pelbagai pretreatment jerami padi.**

### Perubahan nilai total padatan (TS) dan padatan volatil (VS)

Gambar 4(a) menunjukkan padatan total pada pelbagai *pretreatment* jerami padi mempunyai kecenderungan menurun. Nilai padatan total dihitung sampai hari ke -56, pada J1, J2 dan J3 terjadi penurunan nilai TS berturut-turut 68,39%, 40,29% dan 50,79%. Hal ini terjadi karena bahan organik mengalami degradasi pada saat hidrolisis. Penurunan nilai TS paling besar dihasilkan oleh J1 karena *pretreatment* jerami padi dengan EM-4 memungkinkan bahan organik berupa selulosa yang terdapat pada TS akan lebih mudah terdegradasi. Beberapa titik peningkatan padatan total kemungkinan disebabkan bertambahnya jumlah sel mikrobia yang akan terbawa dalam sampel dan dihitung sebagai padatan total. Gambar 4. (b) menunjukkan pola perubahan padatan yang mudah menguap (VS) pada pelbagai perbandingan massa substrat dan air. Nilai VS mempunyai kecenderungan semakin menurun, pada J1, J2 dan J3 berturut-turut penurunan nilai VS 67,14%, 11,42%, dan 8,6%. Keadaan ini disebabkan bahan organik yang telah ada sudah mengalami reaksi hidrolisis hingga reaksi metanogenesis. Penurunan nilai VS paling besar pada J1 yang *dipretreatment* dengan penambahan EM-4 akan mempercepat degradasi selulosa menjadi glukosa merupakan bahan yang larut dan mudah dikonsumsi oleh mikrobia.

Pada J2 prosentase penurunan VS lebih kecil daripada J3 karena pengecilan ukuran dengan cara dipotong tidak mampu merusak jaringan tanaman yang menyebabkan mikrobia tidak dapat

memanfaatkan VS (bahan organik) dalam bahan baku sebagai substrat. Pengecilan ukuran jerami padi dengan cara diserbuk (digiling) pada J3 mampu memecah jaringan tanaman sehingga mikrobia lebih mudah menembus jaringan tanaman dan menggunakan VS sebagai substratnya.



Gambar 4. Hubungan Total Solid (TS) (a) dan Volatil Solid ( b) terhadap waktu pada pelbagai pretreatment jerami padi

### Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil terbaik didapatkan pada penelitian dengan penambahan EM-4, dimana *yield* biogas rata-rata dihasilkan 0,030 L/g VS, *Yield* biogas tertinggi diperoleh pada hari ke-21 pada pelbagai *pretreatment*, kadar metana tertinggi tercapai pada hari ke-28 sebesar 64,78% dihasilkan pada *pretreatment* diserbuk.
2. *Pretreatment* awal jerami padi secara biologis dengan EM-4 akan meningkatkan *yield* biogas rata-rata sebesar 188,5% jika dibandingkan dengan *pretreatment* awal secara fisis dengan cara dipotong 0,5 cm. Sedangkan *yield* biogas

rata-rata yang dihasilkan dari jerami padi diserbuk meningkat 175,5% terhadap *yield* biogas yang dihasilkan dari jerami ukuran 0,5 cm.

3. Volume akumulasi biogas meningkat sebesar 276% dihasilkan pada *pretreatment* jerami padi dengan penambahan EM-4 dari pada dengan dipotong ukuran 0,5 cm.
4. Penurunan TS (*Total Solid*) dan VS (*Volatile Solid*) pada proses degradasi anaerobik paling tinggi dihasilkan oleh J1 (pada *pretreatment* jerami padi dengan penambahan EM-4) sebesar 68,39% dan 67,14%.

### Daftar Pustaka

Association Official Agriculture Chemists, 2002. Official Methods of Analysis of AOAC International, Volume I. p.2.5-2.37. In Horwitz, W. ( Ed.). Agricultural Chemicals, Contaminants, Drugs. AOAC International, Maryland, USA. 17<sup>th</sup> edition.

Deublein, D. and Steinhauser, A, 2008. Biogas from Waste and Renewable Resource, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA ,Weinheim.

Hartono, R. dan Kurniawan, T. 2009. Produksi Biogas dari Jerami Padi dengan Penambahan Kotoran Kerbau, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia- SNTKI 2009, Bandung , 19-20 Oktober 2009.

Jin, S., Chen, H., 2006. Superfine Grinding of Steam Exploded Rice Straw and Its Enzymatis Hydrolysis, *Biochem Eng, J*, 30, 225-230.

Khorshidi, N. and Arikan, B. 2008. Thesis, Experimental Practice in order to Increasing Efficiency of Biogas Production by Treating Digestate of Sludge, University College of Boras School of Engineering.

Sidiras, D., Koukios, E, G., 1989. Acid Sacharification of Ball Milled Straw, *Biomass*, 19, 289-306.

Taherzadeh, M. J. and Karimi, K.,2008. Pretreatment of Lignocellulosic Wastes to Improve Ethanol and Biogas : A Review, *International Journal of Molecular Sci* , 9, 1621-1651.

Taniguchi, M., Suzuki, H., Watanabe, D., Sakai, K., Hoshino, K., and Tanaka, T., 2005. Eevaluation of Pretreatment with *Pleurotus ostreatus* for Enzymatic Hydrolysis of Rice Straw, *Biosci, Bioeng, J* , 100,637-43.

Yuwono, D., 2007. Kompos, Penebar Swadaya, Jakarta.

Zhang, R. and Zhang , Z., 1999. Biogasification of rice straw with an anaerobic – phased solids digester system, *Bioresource Technology*, 68 (3), 235-245.