

## PENGARUH PERLAKUAN PENDAHULUAN ASAM TERHADAP PRODUKSI BIOGAS DARI LIMBAH SEKAM PADI DENGAN METODE *SOLID STATE ANAEROBIC DIGESTION* (SS-AD)

Cut Fadhila Keumala<sup>\*)</sup>, Winardi Dwi Nugraha<sup>\*\*)</sup>, Syafrudin<sup>\*\*)</sup>

Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275  
Email: fadhilakeumala@gmail.com

### Abstrak

Perlakuan pendahuluan bertujuan untuk membantu proses degradasi lignin yang terkandung pada sekam padi. Dalam penelitian ini, perlakuan pendahuluan yang dilakukan adalah perlakuan pendahuluan asam dan biologi. Perlakuan pendahuluan asam dilakukan menggunakan asam asetat dan asam nitrat dengan variasi kadar 3% dan 5%. Sedangkan perlakuan pendahuluan biologi bersifat sebagai variabel kontrol. Perlakuan pendahuluan asam dilakukan dengan merendam sekam selama 24 jam dengan variasi asam. Penelitian dilakukan menggunakan metode *Solid State Anaerobic Digestion* (SS-AD) dengan 21% TS. Biogas yang dihasilkan diukur dengan menggunakan metode perpindahan air setiap dua hari sekali selama 60 hari dengan kondisi suhu ruangan. Hasil penelitian menunjukkan terdapat pengaruh dari perlakuan pendahuluan asam terhadap hasil produksi yield biogas. Yield biogas yang dihasilkan dengan perlakuan pendahuluan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  5% dan 3% adalah 43,28 ml/gr.TS dan 45,86 ml/gr.TS. Sedangkan hasil yield biogas tanpa pretreatment adalah 29,51 ml/gr.TS. Hasil yield biogas yang dihasilkan dengan melakukan perlakuan pendahuluan menggunakan  $\text{HNO}_3$  5% dan 3% adalah 12,14 ml/gr.TS dan 21,85 ml/gr.TS. Hasil yield biogas dengan pretreatment asam asetat lebih baik dibandingkan dengan hasil yield biogas dengan pretreatment asam nitrat.

**Kata kunci:** Biogas, Perlakuan Pendahuluan Asam, Sekam Padi,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{HNO}_3$

### Abstract

*[The Influence of Pretreatment Acid to Biogas Production from Rice Straw during Solid State Anaerobic Digestion (SS-AD)].* Pretreatment aims to assist in degradation of lignin contained in the rice straw. In this study, pretreatment which is used are acid and biological pretreatment. Acid pretreatment was performed using acetic acid and nitric acid with a variety of levels of 3% and 5%. While biological pretreatment as a control variable. Acid pretreatment was conducted by soaking the rice straw for 24 hours with acid variation. The study was conducted using *Solid State Anaerobic Digestion* (SS-AD) with 21% TS. Biogas produced was measured using water displacement method every other day for 60 days at room temperature conditions. The results showed a pretreatment give an effect of acid on the production of biogas yield. The yield of the biogas produced by pretreatment of  $\text{CH}_3\text{COOH}$  5% and 3% is 43.28 ml / gr.TS and 45.86 ml / gr.TS. While the results without pretreatment biogas yield is 29.51 ml / gr.TS. The results yield biogas produced by pretreatment using  $\text{HNO}_3$  5% and 3% is 12.14 ml / g / TS and 21.85 ml / gr.TS. Results biogas yield with acetic acid pretreatment is better than the biogas yield results with nitric acid pretreatment.

**Keywords:** biogas production, Acid Pretreatment, Rice Straw,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{HNO}_3$

## 1. PENDAHULUAN

Menurut Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral, ketergantungan terhadap energi fosil terutama minyak bumi dalam pemenuhan konsumsi di dalam negeri masih tinggi yaitu sebesar 96% (minyak bumi 48%, gas 18% dan batubara 30%) dari total konsumsi dan upaya untuk memaksimalkan pemanfaatan energi terbarukan belum dapat berjalan sebagaimana yang direncanakan. Upaya pemerintah Indonesia dalam menghadapi isu energi ini adalah dengan menerbitkan UU No 5/2006 tentang penggunaan energi baru dan terbarukan.

Negara Indonesia merupakan Negara agraris dengan sektor pertanian yang besar. Salah satu sektor pertanian yang besar yaitu padi. Limbah pertanian merupakan biomassa yang mengandung lignoselulosa. Sekam padi terdiri dari tiga jenis komponen utama, yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selulosa dan hemiselulosa dapat dihidrolisis dengan monosakarida atau gula sederhana, lalu dapat difermentasi untuk biogas (Blanch *et al.*, 2011). Namun, salah satu permasalahan dalam produksi biogas dari lignin adalah resistensi dari biomassa untuk biodegradasi atau hidrolisis (Agbor *et al.*, 2011; Chandel dan Singh, 2011). Faktor kunci keberhasilan untuk produksi biogas adalah untuk meningkatkan efisiensi hidrolisis biomassa dengan meningkatkan aksesibilitas ezim melalui metode *pretreatment* (Chandel and Singh, 2011; da Costa *et al.*, 2009; Hendriks and Zeeman, 2009). *Pretreatment* menggunakan asam organik memiliki beberapa karakteristik yang diinginkan, yaitu hidrolisis efektif, produk degradasi kurang, dan menghasilkan lebih banyak gula (Kootstra *et al.*, 2009b; Qin *et al.*, 2012).

Perlakuan awal merupakan metode untuk mengurangi bahkan menghilangkan impuritas atau senyawa yang tidak diinginkan pada bahan baku yang ingin

dibuat menjadi produk. Pada proses pembuatan biogas dari jerami padi menggunakan perlakuan awal berupa delignifikasi (Lei *et al.*, 2010). *Pretreatment* kimia mengacu pada penggunaan bahan kimia, seperti asam, basa, dan cairan ionik untuk mengubah karakteristik fisik dan kimia biomassa lignoselulosa (Zheng *et al.*, 2014). Proses delignifikasi yang dilakukan secara kimiawi dengan pencampuran dan perendaman senyawa asam maupun basa dalam bahan baku sebelum proses fermentasi menjadi biogas sehingga bahan baku menjadi lebih lunak dan terjadi penurunan kadar lignin (Zhao *et al.*, 2009). Perlakuan awal akan mereduksi senyawa lignin dalam struktur lignoselulosa karena rusaknya matriks lignoselulosa (Sari *et al.*, 2014). Lignin adalah zat yang bersama-sama dengan selulosa terdapat dalam kayu. Lignin merupakan polimer dengan struktur aromatik yang terbentuk dari unit-unit penil propan yang berhubungan secara bersama oleh beberapa jenis ikatan yang berbeda. Lignin sulit didegradasi karena strukturnya yang kompleks dan heterogen yang berikatan dengan selulosa dan hemiselulosa dalam jaringan tanaman. Lebih dari 30% tanaman tersusun atas lignin yang memberikan bentuk yang kokoh dan memberikan proteksi terhadap serangga dan patogen (Kenneth, 1970).

Proses delignifikasi yang dilakukan dengan penambahan mikroba yang dapat mencerna lignin sehingga menurunkan kadar lignin yang ada pada bahan baku (Eun *et al.*, 2006). *Pretreatment* biologi dinilai memiliki keuntungan dan kesederhanaan dalam investasi modal yang rendah sehingga lebih menarik (Mshandete *et al.*, 2008). Microbial consortium terdiri atas *Streptomyces* sp., *Geobacillus* sp., dan jamur *Trichoderma*. Fungsi mikroorganisme adalah melakukan delignifikasi, menurunkan derajat polimerisasi selulosa, dan hidrolisis

hemiselulosa. Penambahan microbial consortium mempercepat degradasi selulosa, hemiselulosa, dan lignin menjadi senyawa yang dibutuhkan oleh mikroorganisme penghasil biogas sehingga produksi biogas meningkat (Zhang *et al.*, 2011).

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini adalah jenis penelitian eksperimental laboratoris. Penelitian dilakukan di Laboratorium Pengolahan Limbah, Teknik Kimia, Universitas Diponegoro selama bulan Desember 2016 - Maret 2017.

### Uji Kandungan TS Sekam Padi

Analisis Kandungan total padatan (*total solid/TS*) dengan metode standar APHA

- Cawan dikeringkan pada temperatur 103-105°C selama 1 jam, kemudian didinginkan dan disimpan pada desikator sampai cawan akan digunakan.
- Berat cawan ditimbang dan dicatat.
- *Sample* dimasukkan ke cawan sebanyak 25-50 g dan ditimbang, kemudian dikeringkan di dalam oven pada temperatur 103-105°C selama 1 jam.
- *Sample* yang telah dikeringkan kemudian didinginkan pada desikator dan ditimbang sampai beratnya berkurang 4% atau 50 mg.

$$\% \text{ total solids} = \frac{(A - B) \times 100}{C - B}$$

Keterangan:

A = berat *sample* yang telah dikeringkan + cawan (mg)

B = berat cawan (mg)

C = berat *sample* basah + cawan (mg)

### Perlakuan Pendahuluan

- Pengambilan limbah organik sekam padi (*biowaste*), kemudian dilakukan pemeriksaan terhadap komposisi total padatan dan kadar air.

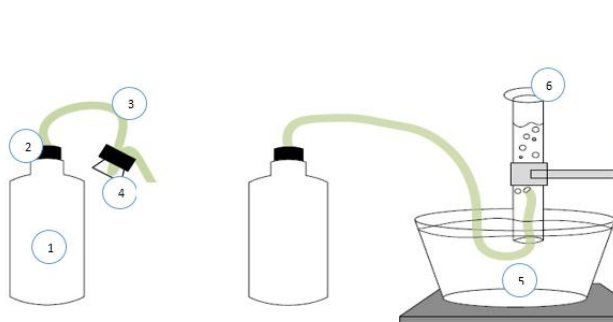
- Penambahan asam dilakukan dengan melakukan perhitungan kadar asam dikali dengan volume reaktor ditambahkan dengan setengah dari volume air rendaman sekam.
- Sekam dilakukan perendaman selama 24 jam.
- Setelah dilakukan perendaman, sekam dinetralkan hingga sekam tidak lagi bersifat asam
- Sekam dikeringkan dengan sinar matahari hingga kering.

### Operasional Penelitian

- Sekam padi yang telah dilakukan proses perlakuan pendahuluan asam dimasukkan ke dalam reaktor sesuai dengan Tabel 1.
- Masukkan air, enzim, urea, dan rumen sesuai dengan Tabel 1.
- Tunggu proses fermentasi sehingga biogas terbentuk.
- Ukur volume biogas yang terbentuk setiap dua hari sekali hingga biogas tidak dihasilkan kembali.

**Tabel 1. Kebutuhan Bahan Penelitian**

Variabel	Enzim 5% v/v (ml)	Volume Air (ml)	Volume Cairan Rumen (ml)	Sekam Padi (gr)
1	10	76.61	76.61	46.77
2	10	76.61	76.61	46.77
3	10	76.61	76.61	46.77
4	10	76.61	76.61	46.77
5	10	76.61	76.61	46.77
6	10	76.61	76.61	46.77
7	10	76.61	76.61	46.77
8	10	76.61	76.61	46.77
9	0	76.61	76.61	46.77
10	0	76.61	76.61	46.77



Gambar 1. Rangkaian Alat Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

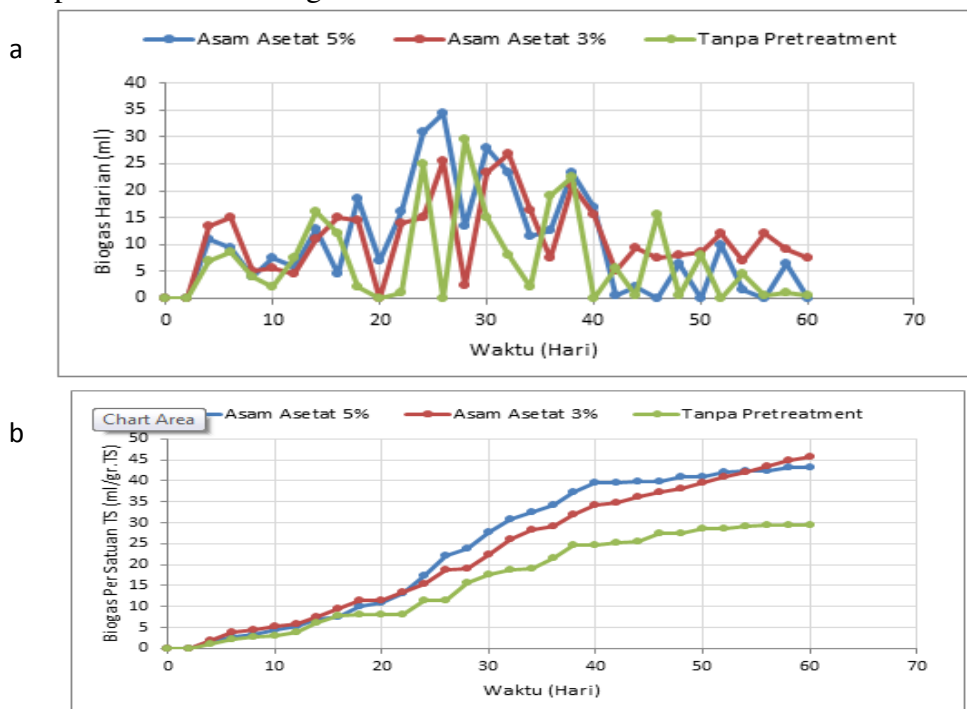
#### 3.1 Pengaruh Pretreatment Biologi

Perlakuan pendahuluan biologi bertujuan untuk menghasilkan lebih banyak hemiselulosa dan membantu selulosa agar dapat lebih banyak tersedia dan mudah dicerna (Zhong *et al.*, 2010). Pada penelitian ini menggunakan variabel tetap microbial consortium 5% dari total volume cairan dalam digester (200 ml). Sehingga didapatkan volume sebanyak 10 ml. Perlakuan pendahuluan biologi dilakukan

setelah perlakuan pendahuluan asam. *Pretreatment* biologi merupakan variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian, sehingga tidak ada perbedaan perlakuan pada masing-masing variabel penelitian dalam hal perlakuan pendahuluan biologi.

#### 3.2 Pengaruh Pretreatment Asam Asetat

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan produksi biogas antara sekam padi yang diberikan perlakuan awal dengan suasana asam dengan penambahan larutan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dengan sekam padi yang tidak diberikan perlakuan awal. Selain itu penelitian ini juga membandingkan dua kadar  $\text{CH}_3\text{COOH}$  yang berbeda untuk melihat kadar asam asetat yang lebih optimum dalam proses degradasi lignin. Digunakan kadar  $\text{CH}_3\text{COOH}$  3% dan 5% sebagai pembanding kadar asam asetat.



Gambar 2. Produktivitas Biogas dengan Pretreatment Asam Asetat, (a). Pengukuran Harian, (b). Yield Kumulatif/satuan TS

Kadar asam asetat 5% dan 3% dengan rasio konsentrasi TS 21% dibandingkan maka kadar 3% cenderung memiliki *yield* biogas lebih tinggi dibanding 5%. Total *yield* biogas kumulatif per satuan TS asam asetat 3%, asam asetat 5%, dan tanpa *pretreatment* masing-masing sebesar 45,86 ml ; 43,28 ml ; dan 29,51 ml.

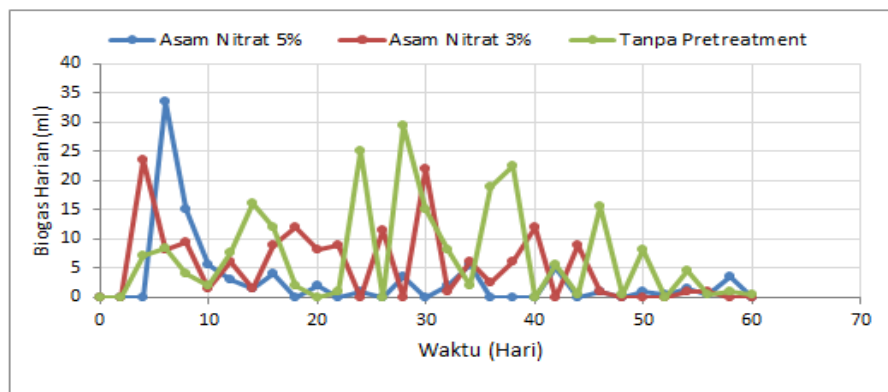
Menurut Amnuaycheewa *et al* (2016) asam organik memiliki potensi yang baik untuk menghilangkan senyawa penghambat seperti lignin dan struktur selulosa yang dimodifikasi menjadi lebih rentan terhadap degradasi enzim. Dalam penelitian Zhao *et al.*, (2010) menyatakan bahwa *pretreatment* asam menggunakan campuran asam asetat dan asam propionat secara signifikan dapat meningkatkan produksi metana hingga mencapai 35,84% dan sekitar 34,19% dapat melakukan proses degradasi lignin, selain itu sebanyak 21,15% tingkat hidrolisi diperoleh dengan 0,75% mol/L pada *pretreatment*

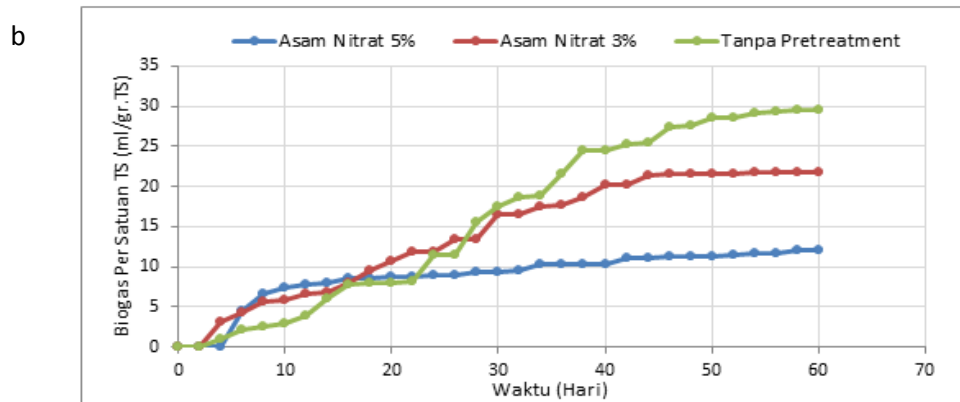
selama 2 jam dengan rasio padatan berbanding cairan 1:20 (w/v). Perlakuan dengan menggunakan asam lemah seperti asam asetat dengan konsentrasi rendah dapat mengurangi kadar lignin selama proses perendaman larutan asam lemah berlangsung.

### 3.3 Pengaruh *Pretreatment* Asam Nitrat

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan produksi biogas antara sekam padi yang diberikan perlakuan awal dengan suasana asam dengan penambahan larutan HNO<sub>3</sub> dengan sekam padi yang tidak diberikan perlakuan awal. Selain itu penelitian ini juga membandingkan dua kadar HNO<sub>3</sub> yang berbeda untuk melihat kadar asam nitrat yang lebih optimum dalam proses degradasi lignin. Digunakan kadar HNO<sub>3</sub> 3% dan 5% sebagai pembanding kadar asam nitrat.

a





**Gambar 3. Produktivitas Biogas dengan Pretreatment Asam Nitrat, (a). Pengukuran Harian, (b). Yield Kumulatif/satuan TS**

Kadar asam nitrat 5% dan 3% dengan rasio konsentrasi TS 21% dibandingkan maka kadar 3% cenderung memiliki *yield* biogas lebih tinggi dibanding 5%. Total *yield* biogas kumulatif per satuan TS asam asetat 3%, asam asetat 5%, dan tanpa *pretreatment* masing-masing sebesar 21,85 ml ; 12,14 ml ; dan 29,51 ml.

Pada penelitian Tutt *et al* (2012) menyatakan bahwa asam nitrat baik dalam menghilangkan selulosa dan hemiselulosa, tetapi menghasilkan produk samping yang sulit untuk dihilangkan sehingga memiliki dampak negatif lebih besar pada fermentasi. Penelitian lain oleh Helle *et al* (2003), menyatakan bahwa pembentukan produk samping berupa asam asetat selama *pretreatment* yang kemudian menghambat proses fermentasi. Penelitian yang dilakukan oleh Sari *et al* (2012) menjelaskan bahwa proses delignifikasi asam akan menyebabkan struktur lignin dan hemiselulosa yang mengikat selulosa akan terkondensasi dan mengendap sehingga selulosa akan menjadi struktur bebas yang terpisah dari lignin dan hemiselulosa kemudian akan memudahkan akses enzim atau mikroorganisme untuk mengubah selulosa untuk menjadi monomer-monomer

gula sebagai nutrisi untuk fermentasi biogas. Penurunan lignin ini juga disertai dengan penurunan hemiselulosa dan selulosa yang merupakan nutrisi utama yang akan digunakan mikroorganisme untuk memproduksi biogas sehingga hasil biogas yang didapat akan sedikit (Zhao *et al.*, 2010).

### 3.4 Laju Produksi Biogas dari Sekam Padi dengan Metode SS-AD

Mengasumsikan bahwa laju produksi biogas di dalam biodigester sebanding dengan laju pertumbuhan spesifik mikroorganisme metanogenik di dalam biodigester. Maka laju produksi biogas akan mengikuti Persamaan Gompertz (Nopharatana *et al.*, 2007). Persamaan ini merupakan model matematis untuk pengamatan *time series*, yaitu pertumbuhan paling lambat pada saat awal dan akhir periode waktu pengamatan yang memiliki bentuk umum persamaan sebagai berikut.

$$P = A \cdot \exp \left\{ -\exp \left[ \frac{Ue}{A} (\lambda - 1) + 1 \right] \right\}$$

P = produksi biogas kumulatif, liter  
 A = produksi biogas maksimum, liter  
 U = konstanta laju produksi biogas

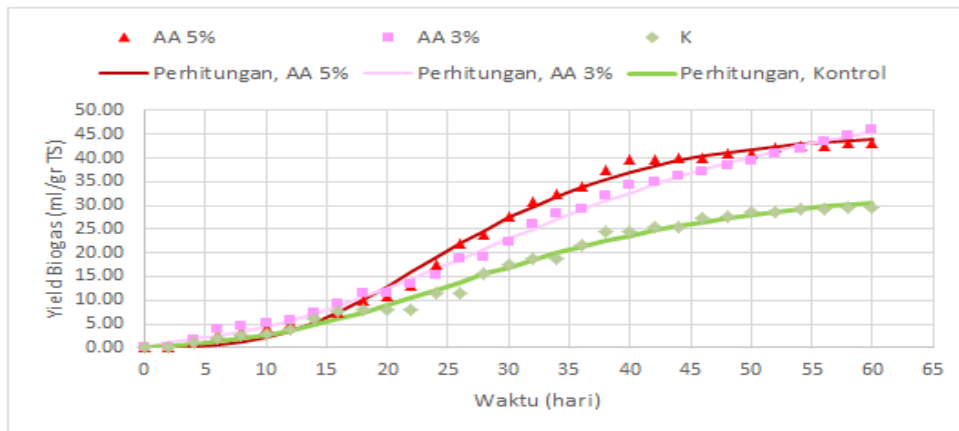
$\lambda$  = maksimum (liter/hari)  
 $\lambda$  = lama lag phase (waktu minimum terbentuknya biogas), hari  
 $t$  = waktu kumulatif untuk produksi biogas, hari  
 $e$  = bilangan Euler ( $e = 2.7182\dots$ )

Terdapat pengaruh terhadap konstanta kinetika produksi biogas dari perlakuan pendahuluan asam menggunakan asam asetat 3% dan 5%. Konstanta kinetika biogas yang terbentuk dengan diberikannya perlakuan pendahuluan asam asetat 5% adalah sebagai berikut, produksi biogas harian (A) sebanyak 45,5338 (ml/gr TS); laju produksi biogas (U) sebanyak 1,5057 (ml/gr TS.hari); dan waktu minimum terbentuknya biogas ( $\lambda$ ) adalah 11,3514 hari. Sedangkan sekam padi yang diberikan perlakuan pendahuluan asam menggunakan asam asetat 3% menghasilkan konstanta kinetika biogas sebagai berikut, produksi biogas harian (A) sebanyak 54,0824 (ml/gr

TS); laju produksi biogas (U) sebanyak 1,0593 (ml/gr TS.hari); dan waktu minimum terbentuknya biogas ( $\lambda$ ) adalah 8,3152hari.

**Tabel 2. Konstanta Kinetika pada Pengaruh Pretreatment Asam Asetat terhadap Produksi Biogas**

Variabel	A (ml/g TS)	U (ml/g TS.hari)	$\lambda$ (hari)
CH <sub>3</sub> COOH 5%	45,5338	1,5057	11,3514
CH <sub>3</sub> COOH 3%	54,0824	1,0593	8,3152
Tanpa Pretreatment	33,7254	0,8121	8,9317



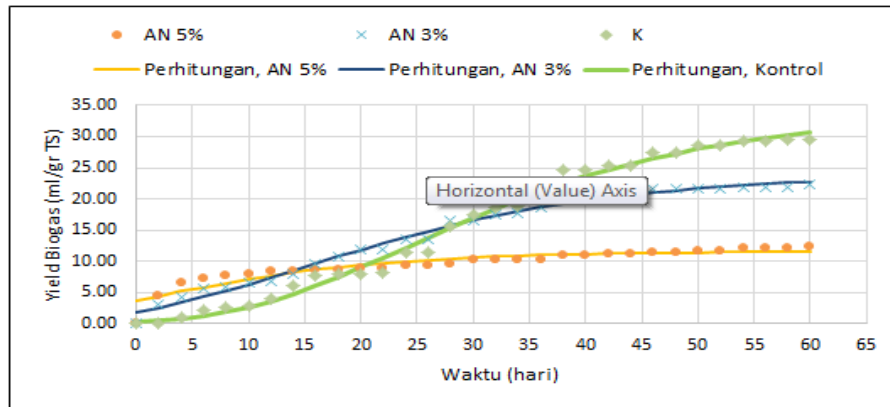
**Gambar 4. Hubungan antara Data Percobaan dan Hasil Perhitungan pada Penelitian Pengaruh Pretreatment Asam Asetat terhadap Produksi Biogas**

Terdapat pengaruh terhadap konstanta kinetika produksi biogas dari perlakuan pendahuluan asam menggunakan asam nitrat 3% dan 5%. Konstanta kinetika biogas yang

terbentuk dengan diberikannya perlakuan pendahuluan asam nitrat 5% adalah sebagai berikut, produksi biogas harian (A) sebanyak 10,7996 (ml/gr TS); laju produksi

biogas (U) sebanyak 0,6097 (ml/gr TS.hari); dan waktu minimum terbentuknya biogas ( $\lambda$ ) adalah 0,1929 hari. Sedangkan sekam padi yang diberikan perlakuan pendahuluan asam menggunakan asam nitrat 3% menghasilkan konstanta kinetika biogas sebagai berikut, produksi biogas harian (A)

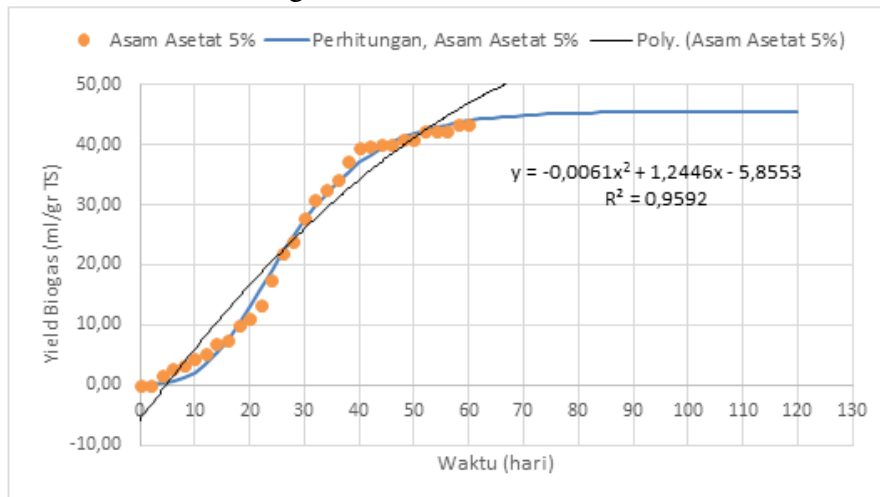
sebanyak 24,0036 (ml/gr TS); laju produksi biogas (U) sebanyak 0,5759 (ml/gr TS.hari); dan waktu minimum terbentuknya biogas ( $\lambda$ ) adalah 1,3080 hari.



**Gambar 5. Hubungan antara Data Percobaan dan Hasil Perhitungan pada Penelitian Pengaruh *Pretreatment* Asam Nitrat terhadap Produksi Biogas**

Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan *Polymath 6.0*, diketahui laju produksi biogas dan dapat diketahui pada hari ke berapakah biogas tersebut berhenti untuk menghasilkan

produksi biogas. Pada gambar 6 menunjukkan bentuk grafik laju produksi biogas dengan variabel *yield* perlakuan pendahuluan asam.



**Gambar 6. Data Hasil Perhitungan pada Penelitian Pengaruh *Pretreatment* Asam Asetat 5% terhadap Produksi Biogas**



Dari data perhitungan menggunakan *Polymath 6.0* dapat diketahui hasil *yield* biogas maksimum terdapat pada  $\text{CH}_3\text{COOH}$  3% sebesar 54,0824 (ml/gr.TS). Namun laju produksi biogas terbesar terdapat pada  $\text{CH}_3\text{COOH}$  5% sebesar 1,5057 (ml/gr TS.hari) dengan hasil *yield* biogas maksimum 45,5338 (ml/gr TS). Data terakhir pengambilan *yield* biogas harian  $\text{CH}_3\text{COOH}$  5% pada hari ke-60 sebesar 43,28 ml/gr.TS. Pada hari ke-118 produksi biogas harian masih menghasilkan biogas dan mencapai hasil tertinggi yaitu 45,53 ml/gr.TS. Kondisi tersebut stabil hingga hari ke-140. Dari data dapat disimpulkan bahwa pada hari ke-118 pada dasarnya produksi biogas sudah berhenti. Hal ini dapat digunakan untuk merancang biodigester SS-AD dari sekam padi dengan perlakuan pendahuluan asam asetat secara kontinyu dengan waktu tinggal selama 118 hari.

Setelah dilakukan permodelan sekam padi dengan *pretreatment*  $\text{CH}_3\text{COOH}$  3% pada hari ke 140 didapatkan hasil bahwa 1 ton sekam padi dapat menghasilkan 53,950  $\text{m}^3$ . Jika dikonversi dalam bentuk energi lain, didapatkan 1  $\text{m}^3$  biogas setara dengan 4,7 kWh energi listrik (Suriawiria, 2005) setara dengan 253,565 kWh atau 253.565 watt.

#### 4. PENUTUP

##### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan berikut kesimpulan yang dapat diperoleh, yaitu:

1. Perlakuan pendahuluan asam dengan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  3% menghasilkan *yield* biogas lebih tinggi dibandingkan dengan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  5% dan tanpa *pretreatment*.
2. Perlakuan pendahuluan asam tanpa *pretreatment* menghasilkan *yield* biogas lebih tinggi dibandingkan dengan

perlakuan pendahuluan  $\text{HNO}_3$  3% dan  $\text{HNO}_3$  5%.

3. Semakin tinggi kadar Asam Asetat, maka volume biogas akan semakin rendah. Sedangkan laju produksi akan semakin tinggi dan waktu terbentuknya biogas akan semakin cepat. Selain itu, semakin tinggi kadar Asam Nitrat, maka volume biogas akan semakin rendah dan waktu terbentuknya biogas akan semakin lambat. Sedangkan laju produksi akan semakin tinggi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Agbor, V., Cicek, N., Sparling, R., Berlin, A., Levin, D., 2011. *Biomass pretreatment: fundamentals toward application*. *Biotechnol. Adv.* 29, 675–685.
- Amnuaycheewa, Plaimein., Hengaroonprasan, Rotchanaphan., Rattanaporn, Kittipong., Kirdponpattara, Suchata., Cheen kachorn, Kraipat., Sriariyanun, Malinee., 2016. *Enhancing Encymatic Hydrolysis and Biogas Production from Rice Straw by Pretreatment with Organic Acids*.
- Blanch, H., Simmons, B., Klein-Marcuschamer, D., 2011. Biomass deconstruction to sugars. *Biotechnol. J.* 6, 1086–1102.
- Chandel, A., Singh, O., 2011. *Weedy lignocellulosic feedstock and microbial metabolic engineering: advancing the generation of 'Biofuel'*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 89, 1289–1303.
- Eun, J. S., Beauchemin, K. A., Hong, S. H., & Bauer, M. W. (2006). *Exogenous enzymes added to untreated or ammoniated rice straw : effects on in vitro fermentation characteristics and degradability*. *Animal Feed Science and Technology*, 86-101.
- Hendriks, A.T.W.M., Zeeman, G. 2009. *Pretreatments to enhance the digestibility*



- of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*, 100, 10–18.
- Kenneth, W. (1970). *Handbook of Pulp and Paper Technology*. New York: Nab Nostrand Company, revise and enlarged, second edition.
- Khorshidi, N., Arikan, B., 2008. *Experimental Practice in Order to Increasing efficiency of Biogas Production by Treating Digestate Sludge*. University College of Boras.
- Kootstra, M., Beeftink, H., Scott, E., Sander, J., 2009b. *Optimization of the dilutemaleic acid pretreatment of wheat straw*. *Biotechnol. Biofuels* 2, 31.
- Lei, Z., Chen, J., Zhang, Z., & Sugiura, N. (2010). Methane production from rice straw with acclimated anaerobic sludge: Effect of phosphate supplementation. *Bioresource Technology*, 4343-4348.
- Mshandete, A.M., Björnsson, L., Kivaisi, A.K., Rubindamayugi, M.S.T., Mattiasson, B., 2008. *Two-stage anaerobic digestion of aerobic pretreated sisal leaf decortication residues: hydrolases activities and biogas production profile*. *Afr. J. Biochem. Res.* 2, 211–218
- Sari, F. P., & Budiyo. (2014). Enhanced Biogas Production From Rice Straw with various pretreatment : a review. 17-25.
- Wahyuni, Sri. 2013. *Panduan Praktis Biogas*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Zhang, Qinghua., He, Jiang., Tian, Min., Mao, Zhonggui., Tang, Lei., Zhang, Jianhua., Zhan, Hongjian. 2011. *Enhancement of Methane Production from Cassava by Biological Pretreatment Using a Constructed Microbial Consortium*.
- Zhao, Rui., Zhang, Zhenya., Zhang, Ruiqin., lo, Miao., Lei, Zhongfang., Utsumi, Motoo., Sugiura, Norio. 2010. *Methane Production from Rice Straw Pretreated by a Mixture of Acetic-Propionic Acid*.
- Zheng, Y., Pan, Z., Zhang, R. 2009. *Overview of biomass pretreatment for cellulosic ethanol production*. *Int J Agric & Biol Eng* Vol. 2 No.3.
- Zhong, Weizhang., Zhang, Zhongzi., Luo, Yijing., Sun, Shanshan., Qiao, Wei., Meng, Xiao. 2011. *Effect of Biological Pretreatments in Enhancing Corn Straw Biogas Production*. 11177-11182.