

## PENGARUH C/N RATIO PADA PRODUKSI BIOGAS DARI LIMBAH SEKAM PADI DENGAN METODE SOLID STATE ANAEROBIC DIGESTION (SS-AD)

Hashfi Hawali Abdul Matin<sup>\*)</sup>, Syafrudin<sup>\*\*)</sup>, Winardi Dwi Nugraha<sup>\*\*)</sup>

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik UNDIP

Telp: (024) 76480678, Fax: (024) 76918157

email: [hawalihashfi@gmail.com](mailto:hawalihashfi@gmail.com)

### Abstrak

*Sekam padi merupakan salah satu pertanian yang dihasilkan dari penggilingan padi yang memiliki potensi tinggi untuk diolah menjadi biogas. Namun, produksi biogas memiliki masalah karena kandungan lignin tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh pretreatment enzimatik dan rasio C/N untuk produksi biogas dari sekam padi dengan metode Solid State Anaerobic Digestion (SS-AD). Digestions anaerob skala laboratorium yang digunakan dalam penelitian ini dioperasikan dalam sistem batch dan pada suhu kamar. Total padatan (TS) ditetapkan 21%. Pretreatment enzimatik dilakukan dengan menggunakan enzim lignase. Karbon untuk rasio Nitrogen (C/N rasio) bervariasi dari 20, 25, 30, dan 35. Variasi rasio C/N dibuat dengan menambahkan beberapa jumlah urea teknis. Biogas terbentuk diukur dengan menggunakan metode perpindahan air setiap dua hari untuk mengetahui produksi biogas harian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pretreatment enzimatik dapat meningkatkan produksi biogas bervariasi 30-55%. Produksi biogas tertinggi diperoleh pada C/N ratio 35. Produksi biogas spesifik rasio C/N 20, 25, 30, dan 35 masing-masing 12,0, 12,6, 13,5 dan 18,2 ml / grTS. SS-AD memiliki volumetrik pemuatan produksi biogas lebih tinggi dari biasanya dalam pencernaan anaerobik cair (L-AD). Penelitian lebih lanjutan yang perlu dipelajari adalah optimasi konsentrasi enzim dan rasio C/N.*

**Kata kunci:** sekam padi; produksi biogas; pretreatment enzimatik; solid state anaerobic digestion

### Abstract

*[The Effect of C/N Ratio on Biogas Production from Rice Husk Waste During Solid State Anaerobic Digestion (SS-AD)]. Rice husk is one of agricultural waste generated from rice mill which have a high potential to be processed into biogas. However, the biogas production have problem due to the high lignin content. The aim of this research was to study the effect of enzymatic pretreatment and C/N ratio to biogas production from rice husk by solid state anaerobic digestion (SS-AD). The laboratory scale-anaerobic digestions used in this experiment were operated in batch system and at room temperature. Total solid (TS) was set 21 %. Enzymatic pretreatment was conducted using lignase enzyme. Carbon to Nitrogen ratio (C/N ratio) was varied from 20, 25, 30, and 35. The variation of C/N ratio is made by adding some amount of technical urea to the substrate. Biogas formed was measured by using water displacement method every two days to know biogas production daily. The result showed that enzymatic pretreatment could increase biogas production varied from 30 to 55 %. The highest biogas production was obtained at C/N ratio 35. Specific biogas production on C/N ratio of 20, 25, 30, and 35 were 12.0, 12.6, 13.5 and 18.2 ml/grTS, respectively. SS-AD has volumetric loading of biogas production higher than generally in liquid anaerobic digestion (L-AD). The further research need to be studied was optimization of enzyme concentration and C/N ratio.*

**Key words** :rice husk; biogas production; enzymatic pretreatment; solid state anaerobic digestion

## PENDAHULUAN

Permintaan energi dunia sejalan dengan pertumbuhan penduduk dan pembangunan ekonomi di dunia (Yan et al., 2012). Selanjutnya, prospek untuk pengembangan energi alternatif seperti biogas di Indonesia sangat besar, terutama di daerah pedesaan dimana sebagian besar orang yang bekerja di bidang peternakan dan pertanian (Al Saedi, 2008). Teknologi produksi biogas, termasuk SS-AD dari limbah biomassa seperti sekam padi harus mempertimbangkan beberapa parameter untuk menghasilkan biogas yang optimal. Kegiatan pertanian sangat penting tidak hanya dari sudut ekonomi juga menghasilkan limbah sebagai energi berkelanjutan seperti biogas (Chandra, 2012). Ketersediaan bahan baku lignoselulosa yang melimpah di dunia membuat lignoselulosa menjadi bahan baku permintaan yang tinggi untuk produksi biofuel (Teghammar, 2013). Lignoselulosa terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin (Zhu et al., 2010). Selulosa dan hemiselulosa memiliki rantai panjang monomer gula dan dapat dikonversi menjadi bioenergi melalui pretreatment dan hidrolisis (Petersson et al., 2007). Salah satu bahan baku biomassa lignoselulosa adalah limbah pertanian seperti jerami, kulit kacang, kulit buah, sekam, daun, dan molase (Zhong et al., 2011). Sekam padi merupakan limbah pertanian yang melimpah di Indonesia. Secara umum, sekam padi digunakan untuk memasak dan sebagai campuran bata. Namun, bahan lignoselulosa yang dikandung oleh sisa tanaman sulit didegradasi oleh bakteri anaerob. Lignoselulosa sering mengandung lignin dengan konsentrasi tinggi. Dalam rangka meningkatkan degradasi bahan lignoselulosa disebutkan dalam digester anaerobik, struktur lignoselulosa atau lignin harus dibuka dan harus terdegradasi atau dihapus (Teghammar 2014). Berbagai upaya untuk meningkatkan tingkat produksi biogas dari limbah pertanian mengandung tinggi ligocellulose yaitu dengan pretreatment (Hendriks dan Zeeman, 2009; Krátký et al, 2012; Schimpf et al, 2013; Sari dan Budiyo, 2014) dan

oleh pencernaan menggunakan anaerobik fase padat atau solid-state anaerobic digestion (SS-AD) (Zhu et al, 2014; Brown dan Li, 2013; Liew et al, 2012; Chen et al, 2014). Pretreatment bahan baku lignoselulosa juga bertujuan untuk memfasilitasi konversi biopolimer yang terkandung dalam selulosa. Pretreatment dilakukan dapat meningkatkan hasil total metana (Hendriks dan Zeeman, 2009). Pretreatment dapat dilakukan pretreatment fisika, kimia dan biologi (Schimpf et al., 2013). Pretreatment fisika dapat dilakukan dengan pengurangan ukuran untuk mengurangi ukuran partikel dan derajat kristalinitas selulosa. Proses pengurangan ukuran dapat meningkatkan total hasil hidrolisis sebanyak 5-25% dan mengurangi waktu pencernaan sekitar 23-59% (Krátký et al., 2012). Proses pencernaan anaerobik diklasifikasikan menjadi dua berdasarkan isi dari total padatan (TS) yang cair pencernaan anaerobik (L-AD) dan solid-state anaerobic digestion (SS-AD) (Mirmohamadsadeghi et al., 2014). Pencernaan cair anaerobik (L-AD) yang digunakan pada total kandungan solid antara 0,5 sampai 15%, sedangkan kandungan total solid > 15% menggunakan proses solid-state dari pencernaan anaerobik (SS-AD) (Zhu et al., 2014). Lignocellulosic bahan baku biomassa seperti sekam padi cocok untuk diperlakukan menggunakan SS-AD karena konsentrasi total solid pada lignoselulosa biomassa > 15% dan memiliki kadar air rendah (Brown dan Li, 2013; Liew et al. 2012). Selain itu, masalah yang terjadi di mengapung substrat L-AD-seperti, lemak dan serat stratifikasi tidak dapat ditemukan pada SS-AD (Xu et al., 2014). Menurut Brown et al. (2012), volume produksi metana dari biomassa lignoselulosa yang dihasilkan di SS-AD adalah 2-7 kali lebih besar dibandingkan dengan L-AD. Hasil serupa juga diungkapkan oleh Chen et al. (2014) bahwa volume produksi biogas meningkat 278-357% di SS-AD dibandingkan dengan L-AD. Keuntungan lain SS-AD meliputi: volume reaktor kecil, membutuhkan sedikit air, tidak memerlukan aduk, tidak terjadi pengendapan di dasar reaktor, residu dari

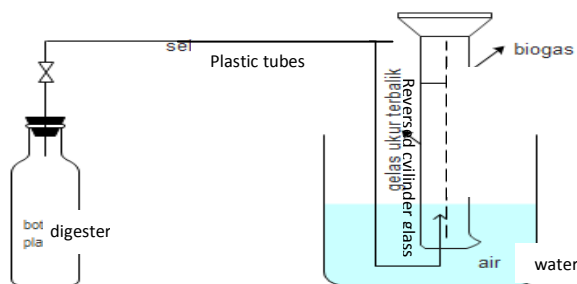
SS-AD dapat digunakan sebagai pupuk karena memiliki kadar air rendah sehingga lebih mudah ditangani daripada buang L-AD (Karthikeyan dan Visvanathan, 2013; Li, et al, 2011b). Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam anaerobic digestion solid-state termasuk pretreatment bahan baku, rasio pakan / inokulum (F/I rasio), konsentrasi total padatan (Total Solid, TS), dan rasio karbon dan nitrogen (rasio C/N) (Li et al., 2011). Bruni et al. (2010) telah diproses kotoran sapi menjadi biogas dengan L-AD dan menggunakan fisik, kimia, dan pengolahan biologis. Hasil metana tertinggi diperoleh dengan perlakuan kimia mencapai 66% dibandingkan dengan tanpa pretreatment. Chandra et al., 2012 juga mengolah jerami padi dengan sistem L-AD (5% TS) dan pretreatment dengan NaOH 3%. Pengobatan dengan NaOH 132% peningkatan biogas produksi. Beberapa penelitian produksi biogas dari lignoselulosa biomassa menggunakan metode SS-AD telah dilakukan. Li et al. (2011b), yang melakukan produksi biogas penelitian dari bahan baku bonggol jagung yang menghasilkan biogas terbesar di F rasio / I 2,43 dan TS isi 22%. Liu et al. (2009) juga melakukan penelitian dengan bahan baku limbah makanan dan rumput dengan metode SS-AD. Penelitian tentang biogas dengan bahan baku jerami padi juga telah dilakukan oleh Gu et al. (2014), yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis inokulum untuk produksi biogas, tetapi dalam penelitian ini menggunakan metode L-AD dan tidak mengevaluasi efek dari rasio F / I, konten TS dan efek pretreatment fisik pada produksi biogas. Brown dan Li (2013) telah melakukan penelitian terhadap SS-AD (TS 18-19%) dari tongkol jagung, jerami, gandum, alang-alang dan daun. Bahan baku dikeringkan pada 40 ° C selama 48 jam hingga kadar air 10%, kemudian digiling 5 mm. Campuran itu dimasukkan ke dalam reaktor 1 L dan diinkubasi pada 37 ° C selama 30 hari. Volume biogas diukur 2-3 hari. Biogas tertinggi dihasilkan pada 131,8 L / kgVS dengan bahan baku bonggol jagung. Xu dan Li (2012) juga melakukan penelitian SS-AD (TS 22%) dari tongkol

jagung dan makanan anjing kadaluarsa. Isi dari makanan anjing pada bahan baku adalah 0%, 10%, 25%, 50% dan 100%. Hasil metana tertinggi 304,4 L / kgVS pada F rasio / I 2 dan 50% dari makanan anjing dan 50% dari tongkol jagung. Rasio F / I 4 dengan campuran 25% dari makanan anjing yang berasal yield metana 171,5 L / kg VS. Rasio F / I 6, hasil dari metana adalah 5 L / kgVS dengan campuran 0% dan 10% dari makanan anjing. Studi SS-AD juga dilakukan oleh Akwaka et al. (2014) dengan bahan baku serbuk gergaji. Serbuk gergaji dikumpulkan dicuci dengan air, kemudian ditambahkan 0,2% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (b / b) dan dipanaskan pada suhu 140 ° C selama 45 menit. Rasio serbuk gergaji dengan kotoran sapi 1: 1,5. Penelitian dilakukan selama 23 hari. Volume kumulatif biogas yang dihasilkan pada 1010 mL. All penelitian sebelumnya telah dilakukan, tidak ada metode SS-AD yang digunakan untuk pengolahan sekam padi menjadi biogas. kebutuhan nitrogen juga penting untuk SS-AD karena biomassa lignoselulosa memiliki kandungan karbon yang tinggi, tetapi kandungan nitrogen yang rendah. Oleh karena itu, penelitian ini akan fokus pada efek dari pretreatment dan rasio C / N metode produksi biogas SS-AD.

#### BAHANDAN METODE PENELITIAN

Sebuah uji laboratorium seri 600 ml biodigester dioperasikan selama penelitian ini. Aparat percobaan utama terdiri dari biodigester dan biogas pengukuran. Biodigester dibuat dari botol polyethylene terpasang dengan erat steker karet dan dilengkapi dengan katup untuk pengukuran biogas. Biogas terbentuk diukur dengan 'metode perpindahan cairan' sebagai juga telah digunakan byseveral peneliti sebelumnya (Yetilmezsoy dan Sakar, 2008; Budiyo et al, 2014; Iqbal Syaichurrozi et al, 2013; Budiyo et al, 2013; Budiyo et al, 2015). Diagram skematik laboratorium eksperimental diatur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Total padat (TS) ditetapkan 21%. pretreatment enzimatis dilakukan dengan menggunakan enzim lignase. Karbon untuk rasio

Nitrogen (C/N rasio) bervariasi dari 20, 25, 30, dan 35. Pelaksanaan penelitian dimulai dengan proses pembuatan sekam limbah padi organik (biowaste), kemudian melakukan pemeriksaan dari komposisi total padatan dan kadar air. Selanjutnya, proses pretreatment terdiri dari penambahan NaOH dan penambahan enzim. Setelah itu, perhitungan dan penentuan variasi rasio C/N dan persiapan reaktor batch anaerob dilakukan. Selanjutnya, substrat dicampur dengan inokulum dan urea teknis untuk menyesuaikan variasi rasio C/N. Sampel yang telah disiapkan dapat dimasukkan ke dalam reaktor, disegel untuk mendapatkan kondisi anaerob, dan siap untuk operasi. Selama proses pengobatan berlangsung, volume biogas yang dihasilkan diamati pada selang waktu 2 (dua) hari. Pengamatan dihentikan setelah tidak lebih biogas terbentuk.



**Gambar 1. Rangkaian Alat Penelitian**

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Pretreatment untuk Produksi Biogas menggunakan SS-AD. Fase ini penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pretreatment pada produksi biogas dengan SS-AD. Pengaruh Pretreatment pada produksi biogas diamati dalam penelitian ini dengan penambahan enzim sebanyak Volume 5% dari solusi untuk semua variabel, penambahan NaOH sebanyak 3% dari volume larutan. Hasil pengukuran Volume biogas selama persidangan 60 hari ditampilkan sebagai hasil biogas SS-AD dihitung dari volume biogas harian dibagi dengan isi TS dari

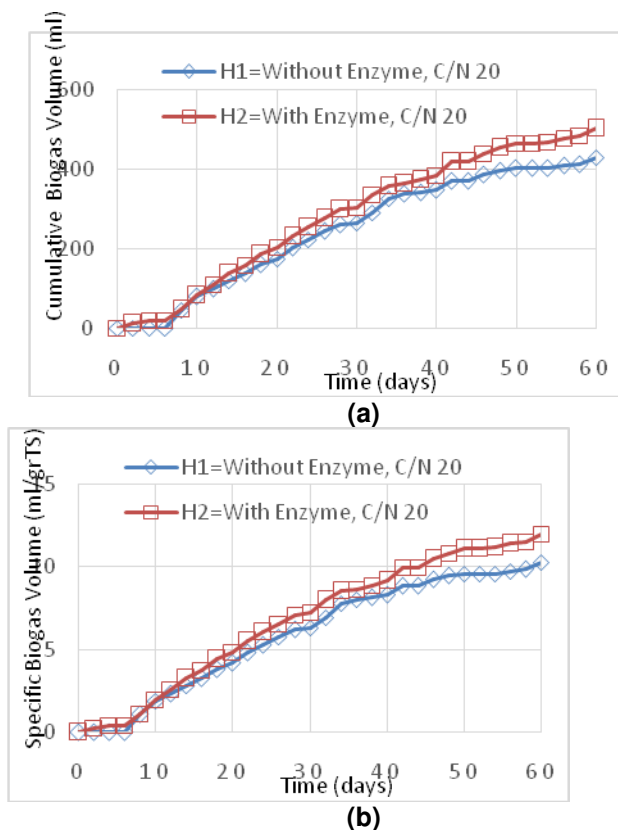
sekam padi (Li et al., 2011b). Kumulatif hasil biogas per unit TS dan disajikan pada Gambar 2 sampai 6.

Dalam Gambar 2 (a) dalam kondisi rasio C/N 20 menunjukkan bahwa produksi biogas mulai muncul pada hari ke-2 dari 11 ml untuk variabel dengan penambahan enzim, sedangkan produksi biogas untuk variabel tanpa penambahan enzim terbentuk pada hari ke-8 dari 45,5 ml dari yang merupakan hasil biogas maksimum. Dari, variabel dengan penambahan enzim biogas hasil mulai bangkit pada hari ke-8 dan mencapai nilai puncak pada hari 10 dengan nilai maksimal 36 ml. Selanjutnya, hasil biogas menurun secara bertahap setelah itu berada di puncak titik tertinggi. Meskipun hasil biogas yang dihasilkan berfluktuasi, tetapi hasilnya cenderung menurun.

biogas hasil menunjukkan bahwa rasio C/N 20, pretreatment dengan penambahan enzim secara signifikan mempengaruhi produksi biogas dibandingkan dengan pretreatment tanpa menggunakan enzim, dapat dilihat pada Gambar 2 (b). Hal ini dapat dilihat bahwa hasil total biogas dalam variabel dengan menggunakan enzim yang lebih tinggi, yaitu 502,5 ml dan untuk variabel tanpa enzim untuk 430,5 ml. Jadi, rasio C/N 20 bahwa data yang diperoleh untuk hasil total biogas dengan penambahan enzim dari 11,9 ml / grTS dan untuk variabel tanpa penambahan enzim diperoleh hasil biogas dari 10,25 ml / grTS.

Pada Gambar 3 (a) dalam kondisi rasio C/N 25 menunjukkan bahwa produksi biogas mulai muncul pada hari ke-8 dari 43 ml untuk variabel dengan penambahan enzim, sedangkan produksi biogas untuk variabel tanpa penambahan enzim terbentuk pada hari ke-2 dari 10 ml. Kemudian, variabel dengan penambahan enzim menghasilkan puncak biogas di hari 10 dengan nilai maksimal 46 ml,

sedangkan biogas hasil untuk variabel tanpa penambahan enzim mulai meningkat pada hari 4 dan mencapai nilai puncak pada hari 32 dengan nilai maksimum sebesar 39 ml. Selanjutnya, hasil biogas menurun secara bertahap setelah adalah pada puncaknya tertinggi. Meskipun hasil dari hasil biogas adalah berfluktuasi hasil cenderung menurun.

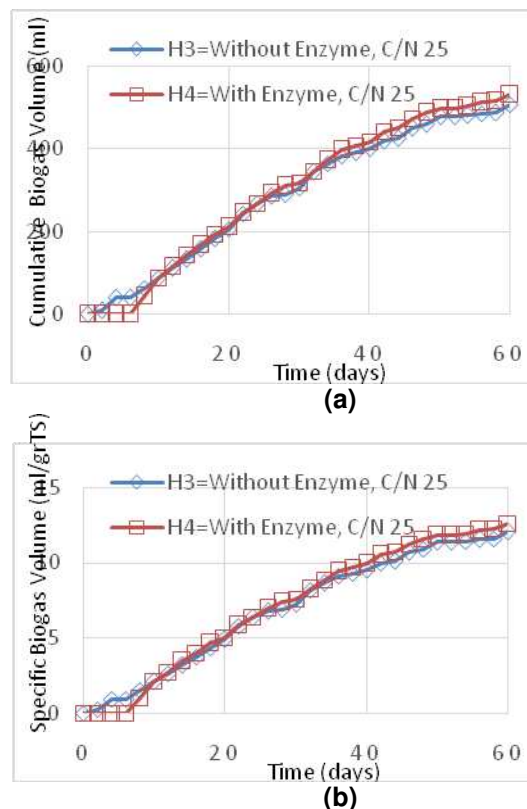


**Gambar2. Pengaruh Enzimatis Pretreatment untuk Biogas pada C/N Ratio 20**

Hasil biogas menunjukkan bahwa rasio C/N 25, pretreatment dengan penambahan enzim secara signifikan mempengaruhi produksi biogas dibandingkan dengan pretreatment tanpa menggunakan enzim, dapat dilihat pada Gambar 3 (b). Hal ini dapat dilihat bahwa hasil total biogas dalam variabel dengan menggunakan enzim yang lebih besar, yaitu 530 ml dan untuk variabel tanpa menggunakan enzim

untuk 506 ml. Dalam C/N ratio 25 bahwa data yang diperoleh untuk hasil total biogas dengan penambahan enzim pada 12,6 ml / grTS dan untuk variabel tanpa penambahan enzim diperoleh hasil biogas dari 12,0 ml / grTS.

Enurut Hendriks dan Zeeman (2009), pretreatment bahan baku lignoselulosa mampu memfasilitasi konversi biopolimer yang terkandung dalam selulosa. Pretreatment dilakukan akan meningkatkan total produksi metana. Pretreatment dapat dilakukan pretreatment fisika, kimia dan biologi (Schimpf et al., 2013). Pretreatment fisika dapat dilakukan dengan pengurangan ukuran untuk mengurangi ukuran partikel dan derajat kristalinitas selulosa.

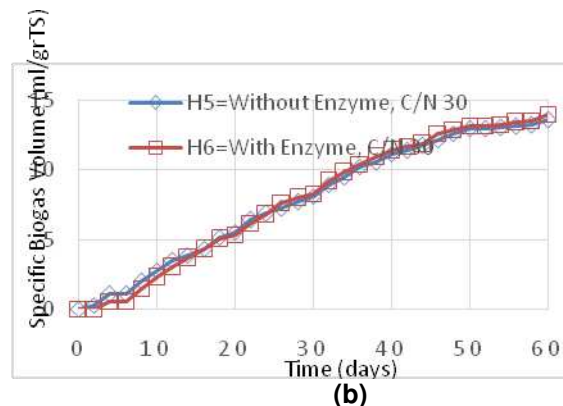
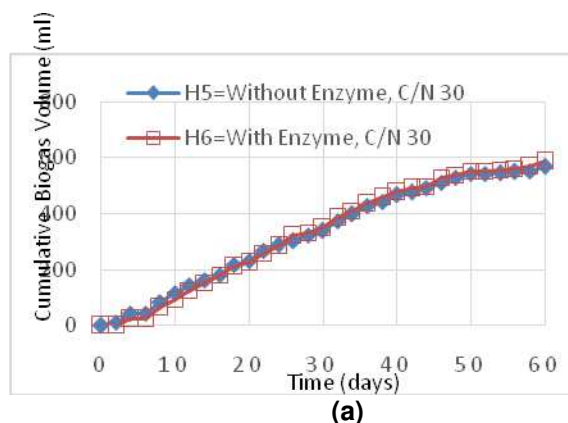


**Gambar 3. Pengaruh Enzimatis Pretreatment untuk Biogas pada C/N Ratio 25**

Pada Gambar 4 (a) dalam kondisi rasio C /

N 30 menunjukkan bahwa produksi biogas mulai muncul pada hari ke-4 dari 23,5 ml untuk variabel dengan penambahan enzim, sedangkan produksi biogas untuk variabel tanpa penambahan enzim terbentuk pada hari ke-2 dari 12 ml. Kemudian, variabel dengan penambahan enzim menghasilkan biogas mulai meningkat pada hari berikutnya dan puncak pada hari ke-8 sampai maksimal 40 ml, sedangkan biogas hasil untuk variabel tanpa penambahan enzim mulai meningkat pada hari 4 dan mencapai nilai puncak pada hari 22 dengan nilai maksimal 37 ml. Selanjutnya, hasil biogas menurun secara bertahap setelah adalah pada puncaknya tertinggi. Meskipun hasil biogas yang dihasilkan berfluktuasi, tetapi hasilnya cenderung menurun.

biogas hasil menunjukkan bahwa rasio C/N 30, pretreatment dengan penambahan enzim memiliki biogas lebih tinggi menghasilkan daripada tanpa pretreatment menggunakan enzim tapi tidak terlalu signifikan, dapat dilihat pada Gambar 4 (b). Hal ini dapat dilihat bahwa hasil total biogas dalam variabel dengan menggunakan enzim yang lebih besar, yaitu 587 ml dan untuk variabel tanpa menggunakan enzim mencapai 569 ml.



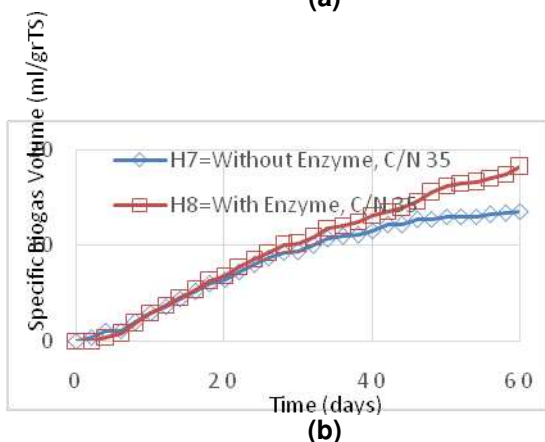
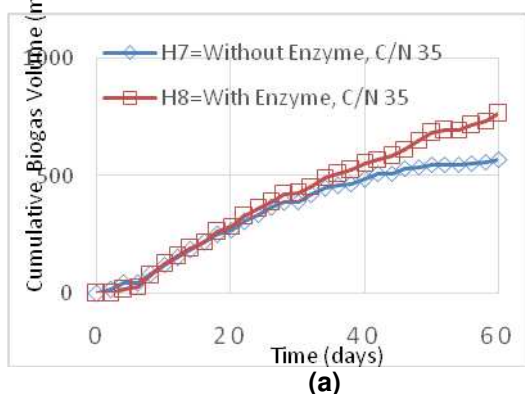
**Gambar 4. Pengaruh Enzimatis Pretreatment untuk Biogas pada C/N Ratio dari 30**

Pada Gambar 5 (a) dalam kondisi rasio C/N 35 menunjukkan bahwa produksi biogas mulai muncul pada hari ke-4 dari 17,5 ml untuk variabel dengan penambahan enzim, sedangkan produksi biogas untuk variabel tanpa penambahan enzim terbentuk pada hari ke-2 dari 16 ml. Kemudian, variabel dengan penambahan enzim menghasilkan biogas mulai meningkat pada hari ke 6 dan mencapai nilai puncak pada hari ke-10 sampai maksimal 48 ml, sedangkan biogas hasil untuk variabel tanpa penambahan enzim mulai meningkat pada hari 4 dan mencapai puncak nilai pada hari ke-12 sampai maksimal 32 ml. Selanjutnya, hasil biogas menurun secara bertahap setelah adalah pada puncaknya tertinggi. Meskipun hasil biogas yang dihasilkan berfluktuasi, tetapi hasilnya cenderung menurun.

Hasil biogas menunjukkan bahwa C/N ratio dari 35, dengan penambahan pretreatment enzim secara signifikan mempengaruhi produksi biogas dibandingkan dengan pretreatment tanpa menggunakan enzim, dapat dilihat pada Gambar 5 (b). Hal ini dapat dilihat bahwa hasil total biogas dalam variabel dengan menggunakan enzim yang lebih besar, yaitu 764 ml dan untuk variabel tanpa



menggunakan enzim dari hanya 569,5 ml. Sehingga rasio C/N 35 bahwa data yang diperoleh untuk hasil total biogas dengan penambahan enzim dari 18,2 ml / grTS dan untuk variabel tanpa penambahan enzim diperoleh hasil biogas dari 13,5 ml / grTS.

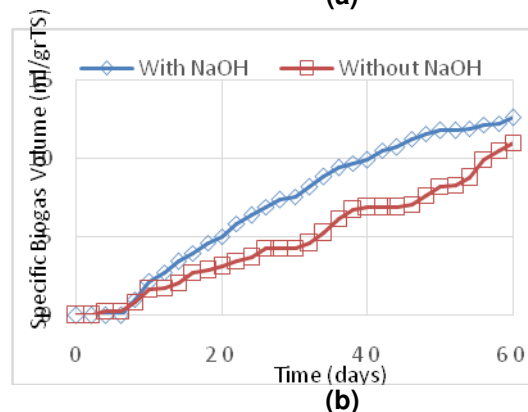
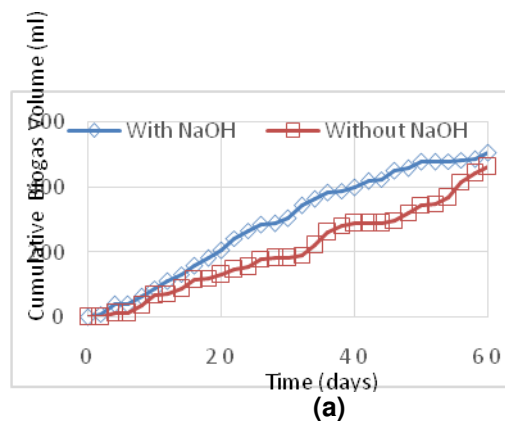


**Gambar 5. Pengaruh Enzimatik Pretreatment untuk Biogas pada C/N Ratio dari 35**

Pada Gambar 6 (a) dalam kondisi rasio C/N 25 menunjukkan bahwa produksi biogas mulai muncul pada hari ke-8 dari 43 ml untuk variabel dengan pretreatment menggunakan NaOH, sedangkan produksi biogas untuk variabel tanpa menggunakan NaOH terbentuk pada hari ke-4 dari 12,5 ml. Kemudian, variabel dengan penambahan biogas NaOH yield mulai meningkat pada nilai maksimum hari-10 witha untuk 46 ml, sedangkan biogas hasil untuk variabel tanpa penambahan NaOH mulai meningkat pada hari ke-8

dan mencapai nilai puncak pada hari ke 56 dengan nilai maksimum 49 ml. Selanjutnya, hasil biogas menurun secara bertahap setelah adalah pada puncaknya tertinggi. Meskipun hasil biogas yang dihasilkan berfluktuasi, tetapi hasilnya cenderung menurun.

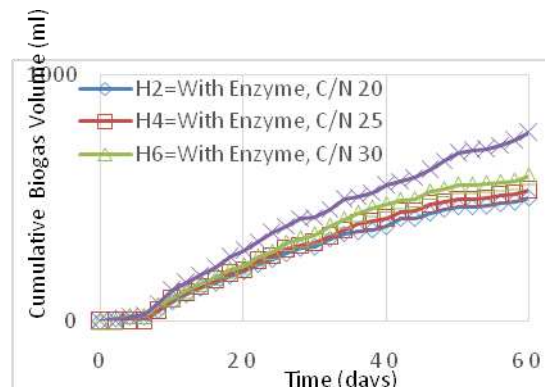
Biogas hasil menunjukkan bahwa rasio C/N 25, pretreatment dengan penambahan NaOH berpengaruh signifikan terhadap produksi biogas dibandingkan dengan tidak menggunakan NaOH pretreatment, dapat dilihat pada Gambar 6 (b). Hal ini dapat dilihat bahwa hasil total biogas dalam variabel dengan menggunakan NaOH yang lebih besar, yaitu 530 ml dan untuk variabel tanpa menggunakan NaOH hanya 463 ml. Sehingga rasio C/N 25 bahwa data yang diperoleh untuk hasil total biogas dengan penambahan NaOH 12,6 ml / grTS dan untuk variabel tanpa penambahan NaOH diperoleh hasil biogas dari 11,0 ml / grTS.



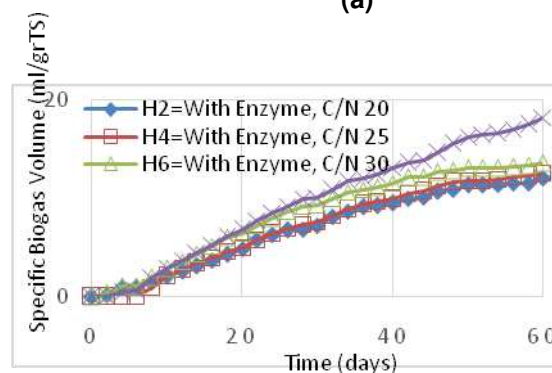
### Gambar 6. Pengaruh NaOH Pretreatment untuk Biogas pada C/N Ratio 25

Pengaruh C/N Ratio produksi biogas selama SS-AD. Dalam penelitian ini, pengaruh rasio C/N dari produksi biogas diamati dengan berbagai C/N ratio dari 20, 25, 30 dan 35. Data yang disajikan sebagai volume hasil biogas kumulatif selama persidangan 60 hari SS-AD, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Pada Gambar 7 (a) dapat dilihat dalam perbandingan produksi biogas dari sekam padi dengan penambahan enzim NaOH dan dengan berbeda C/N rasio. produksi biogas dalam sekam padi dengan C/N ratio 35 memiliki hasil tertinggi. Total hasil biogas di C/N 20, 25, 30 dan 35 masing-masing untuk sekam padi adalah 502,5 ml, 530 ml, 587 ml dan 764 ml.

Gambar 7 (b) menunjukkan volume kumulatif biogas per unit TS pada sekam padi dengan penambahan enzim. Dalam sekam padi C/N 20, volume total biogas yaitu sebesar 12,0 ml / grTS. Dalam sekam padi C/N 25 biogas Volume kumulatif 12,6 ml / grTS. Dalam sekam padi C/N 30 biogas Volume kumulatif 13,5 ml / grTS, dan untuk sekam padi C/N 35 volume biogas kumulatif sampai dengan hari ke-60, dalam jumlah 18,2 ml / grTS yang merupakan biogas tertinggi menghasilkan, karena didasarkan pada beberapa informasi yang diperoleh, sehingga pertumbuhan bakteri anaerob yang optimal, optimal diperlukan dari rasio C/N berkisar dari 20: 1 sampai 35: 1 dan sedikit kondisi lingkungan basah.



(a)



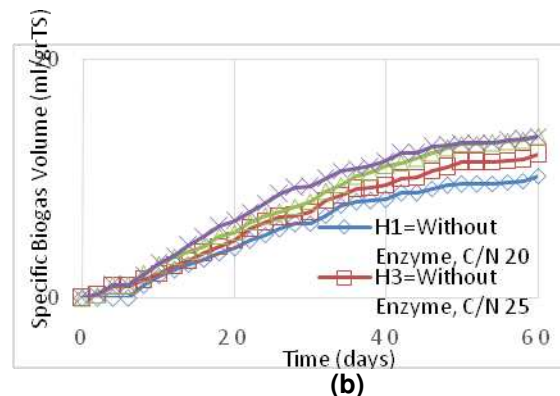
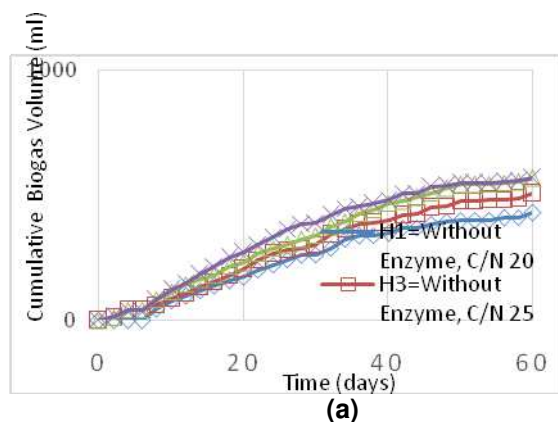
(b)

### Gambar 7. Pengaruh C/N Ratio untuk Produksi Biogas dengan Enzimatik Pretreatment

Pada Gambar 8 (a) dapat dilihat dalam perbandingan produksi biogas dari sekam padi tanpa penambahan enzim NaOH dan dengan berbeda C/N rasio. produksi biogas dalam sekam padi dengan C/N ratio 35 memiliki hasil tertinggi. Total hasil biogas di C/N 20, 25, 30 dan 35 masing-masing untuk sekam padi adalah 430,5 ml, 506 ml, 569 ml dan 569,5 ml. Gambar 8 (b) menunjukkan volume kumulatif biogas per unit TS pada sekam padi tanpa penambahan enzim. Dalam sekam padi C/N 20 hasil total biogas adalah 10,25 ml / grTS. Dalam sekam padi C/N 25 biogas Volume kumulatif 12,0 ml / grTS. Dalam sekam padi C/N 30 biogas Volume kumulatif 13,54 ml / grTS, dan sekam padi C/N 35 Volume biogas kumulatif sampai dengan hari ke-60, yaitu sebesar 13,56 ml / grTS yang merupakan



biogas tertinggi menghasilkan. Menurut Arifiantari et al. (2012), selama 104 hari pengamatan, C/N ratio yang optimum adalah sekitar 20-30 karena tercermin dari konsentrasi larut COD dengan nilai tertinggi efisiensi removal di 68,21% untuk variasi reaktor 2 (C/N ratio 30) dan konten yang mudah menguap dengan nilai tertinggi efisiensi removal juga di 19,86% untuk variasi 3 (C/N ratio 20). Variasi rasio C/N masing-masing mempengaruhi proses degradasi di setiap reaktor. Hasil penelitian ini juga lebih tinggi yang diperoleh Iyagba et al. (2009) bahwa setelah pengamatan 52 hari, produksi biogas spesifik adalah 10,78 ml / grTS dengan substrat dari sekam padi dan kotoran sapi. Sampel A (50 wt% kotoran sapi, 50% berat sekam padi) menunjukkan produksi biogas kumulatif 161,5 ml pada akhir hari ke-38 dari percobaan setelah tidak ada produksi lebih lanjut. Produksi dari sampel B (25% berat kotoran sapi, 75% berat sekam padi) tidak signifikan, sementara tidak ada produksi dari sampel C (0 wt kotoran% sapi, 100% berat sekam padi).



**Gambar 8. Pengaruh C/N Ratio untuk Produksi Biogas tanpa Enzimatis Pretreatment**

## KESIMPULAN

Sekam padi merupakan salah satu limbah pertanian yang dihasilkan dari penggilingan padi yang memiliki potensi tinggi untuk diolah menjadi biogas. pretreatment enzimatik dapat meningkatkan produksi biogas bervariasi 30-55%. Produksi biogas tertinggi diperoleh pada C/N ratio 35. produksi biogas spesifik rasio C/N 20, 25, 30, dan 35 yang 12,0, 12,6, 13,5 dan 18,2 ml / grTS, masing-masing. SS-AD memiliki volumetrik pemuatan produksi biogas lebih tinggi dari pencernaan anaerobik umumnya cair (L-AD). Penelitian lebih lanjut perlu dipelajari adalah optimasi konsentrasi enzim dan rasio C / N.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akwaka, J.C., Kukwa, D.T., Mwekave, S.S. 2014. Preliminary study on co-digestion of cow manure with pretreated sawdust for production of biogas and biofertilizer. *International Journal of Science and Technology*, 3(4), 222–228.
- [2] Al Saedi, Rutz, D., Prassl, H., Kottner, M., Finsterwalder, T., Volk, S., et al. 2008. Biogas. Denmark.
- [3] Arifiantari, P.N., Handajani, M., and Sembiring, T. 2012. Pengaruh Rasio

- C/N Terhadap Degradasi Material Organik Dalam Sampah Pasar Secara Anaerob.  
<https://jujubandung.wordpress.com/2012/06/10/pengaruh-rasio-cn-terhadap-degradasi-material-organik-dalam-sampah-pasar-secara-anaerob-2/>
- [4] Brown, D., Li, Y. 2013. Solid state anaerobic co-digestion of yard waste and food waste for biogas production. *Bioresource Technology*, 127, 275–280.
- [5] Brown, D., Shi, J., Li, Y. 2012. Comparison of solid-state to liquid anaerobic digestion of lignocellulosic feedstocks for biogas production. *Bioresource Technology*, 124, 379–386.
- [6] Bruni, E., Jensen, A.P., Angelidaki, I. 2010. Comparative Study of Mechanical, Hydrothermal, Chemical and Enzymatic Treatments of Digested Biofibers to Improve Biogas Production. *J BioresourTechnol* Vol. 101:8713-7
- [7] Budiyono, Widiyasa I.N., Johari S., Sunarso. 2010. The kinetic of biogas rate from cattle manure in batch mode. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 37:983-988
- [8] Budiyono, I. Syaichurrozi, S. Sumardiono. 2013. Biogas Production Kinetic from Vinasse Waste in Batch Mode Anaerobic Digestion. *World Applied Sciences Journal* 26 (11): 1464-1472.
- [9] Budiyono, Iqbal S., Siswo S. 2014.a. Kinetic model of biogas yield production from vinasse at various initial pH: Comparison between modified Gompertz model and first order kinetic model. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology* 7(3):2798-2805.
- [10] Budiyono, I. Syaichurrozi and S. Sumardiono. 2014.b. Effect of Total Solid Content to Biogas Production Rate from Vinasse. *International Journal of Engineering*, Vol. 27(2):177-184.
- [11] Budiyono, S. Sumardiono and D. Tri Mardiani. 2015. Microwave Pretreatment of Fresh Water Hyacinth (*Eichhornia Crassipes*) in Batch Anaerobic Digestion Tank, *International Journal of Engineering*, Vol. 28(2): 921-928
- [12] Budiyono, I N. Widiyasa, S. Johari, and Sunarso. 2009. Influence of Inoculum Content on Performance of Anaerobic Reactors for Treating Cattle Manure using Rumen Fluid Inoculum, *International Journal of Engineering and Technology*, 1(3):109-116, ISSN : 0975-4024
- [13] Chandra, R., Takeuchi, H., Hasegawa, T., & Kumar, R. (2012). Hydrothermal pretreatment of rice straw biomass : a potential and promising method for enhanced methane production. *J Appl Energy*, 94:129-40.
- [14] Chen, X., Yan, W., Sheng, K., Sanati, M. 2014. Comparison of high-solids to liquid anaerobic co-digestion of food waste and green waste. *Bioresource Technology*, 154, 215–221.
- [15] Gu, Y., Chen, X., Liu, Z., Zhou, X., Zhang, Y. 2014. Effect of inoculum sources on the anaerobic digestion of rice straw. *Bioresource Technology*, 158, 149–155.
- [16] Hendriks, A.T.W.M., Zeeman, G. 2009. Pretreatments to enhance the digestibility of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*, 100, 10–18.
- [17] Iyagba, E.T., Mangibo, I.A. and Mohammad, Y.S. 2009. The study of

- cow dung as co-substrate with rice huskin biogas production. Scientific Research and Essay, 4 (9), pp. 861-866
- [18] Karthikeyan, O.P., Visvanathan, C. 2013. Bio-energy recovery from high-solid organic substrates by dry anaerobic bio-conversion processes : a review. *Rev Environ Sci Biotechnol*, 12, 257–284.
- [19] Krátký, L., Jirout, T., Nalezenec, J. 2012. Lab-scale Technology for Biogas Production from Lignocellulose Wastes Biomass size reduction. *Acta Polytechnica*, 52(3), 54–59.
- [20] Li, Y., Park, S.Y., Zhu, J. 2011a. Solid-state anaerobic digestion for methane production from organic waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 821–826.
- [21] Li, Y., Zhu, J., Wan, C., Park, S.Y. 2011b. Solid-state anaerobic digestion of corn stover for biogas production. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 54(4), 1415–1421.
- [22] Liew, L.N., Shi, J., Li, Y. 2012. Methane production from solid-state anaerobic digestion of lignocellulosic biomass. *Biomass and Bioenergy*, 46, 125–132
- [23] Liu, G., Zhang, R., El-mashad, H.M., Dong, R. 2009. Bioresource Technology Effect of feed to inoculum ratios on biogas yields of food and green wastes. *Bioresource Technology*, 100(21), 5103–5108.
- [24] Lukhi Mulia Shitophyta, Budiyono and Ahmad M. Fuadi. 2015. Biogas production from rice straw by solid-state anaerobic digestion. AIP Conf. Proc. 1699, 030025 (2015); <http://dx.doi.org/10.1063/1.4938310>
- [25] Mirmohamadsadeghi, S., Karimi, K., Zamani, A., Amiri, H., Horváth, I.S. 2014. Enhanced solid-state biogas production from lignocellulosic biomass by organosolv pretreatment. *BioMed Research International*, 2014, 1–6.
- [26] Petersson, A., Thomsen, M.H., Hauggaard-nielsen, H., Thomsen, A. 2007. Potential bioethanol and biogas production using lignocellulosic biomass from winter rye, oilseed rape and faba bean. *Biomass and Bioenergy*, 31, 812–819
- [27] Sari, F. and Budiyono, B. 2014. Enhanced biogas production from rice straw with various pretreatment : a review. *Waste Technology*, 2(1), 17-25. doi:10.12777/wastech.2.1.17-25
- [28] Schimpf, U., Hanreich, A., Mähnert, P., Unmack, T., Junne, S., Renpenning, J., Lopez-ulibarri, R. 2013. Improving the efficiency of large-scale biogas processes : pectinolytic enzymes accelerate the lignocellulose degradation. *Journal of Sustainable Energy & Environment*, 4, 53–60
- [29] Sumardiono, S., Budiyono and Dini Tri Mardiani. 2015. The effect of microwave power and heating time pretreatment on biogas production from fresh and dried water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). AIP Conf. Proc. 1699, 050018 (2015); <http://dx.doi.org/10.1063/1.4938354>
- [30] Teghammar, A., Forgacs, G., Sarvari Horvath, I., & Taherzadeh, M. J. 2014. Techno-economic study of NMMO pretreatment and biogas production from forest residues. *Applied Energy*, 116, 125–133. doi:10.1016/j.apenergy.2013.11.053
- [31] Teghammar, A. 2013. *Biogas Production from Lignocelluloses* :

- Evaluation*. Thesis : Chalmers University of Technology.
- [32] Xu, F., Li, Y. 2012. Solid-state co-digestion of expired dog food and corn stover for methane production. *Bioresource Technology*, 118, 219–226
- [33] Xu, F., Shi, J., Lv, W., Yu, Z., Li, Y. 2013. Comparison of different liquid anaerobic digestion effluents as inocula and nitrogen sources for solid-state batch anaerobic digestion of corn stover. *Waste Management*, 33(1), 26–32.
- [34] Yan, L; Yamei, G; Yanjie, W; Quan, L; Zhiyuan, S; Borui, F; Xue, W; Zongjun, C; Weidong, W. 2012. Diversity Of A Mesophilic Lignocellulolytic Microbial Consortium Which Is Useful For Enhancement Of Biogas Production. College Of Argonomy And Biotechnology China Agricultural University
- [35] Zhong, W., Zhang, Z., Luo, Y., Sun, S., Qiao, W., Xiao, M. 2011. Effect of biological pretreatments in enhancing corn straw biogas production. *Bioresource Technology*, 102(24), 11177–11182.
- [36] Zhu, J., Wan, C., Li, Y. 2010. Enhanced solid-state anaerobic digestion of corn stover by alkaline pretreatment. *Bioresource Technology*, 101(19), 7523–7528.
- [37] Zhu, J., Zheng, Y., Xu, F., Li, Y. 2014. Solid-state anaerobic co-digestion of hay and soybean processing waste for biogas production. *Bioresource Technology*, 154, 240–247.