



PENGARUH *F/M RATIO* PADA PRODUKSI BIOGAS DARI LIMBAH SEKAM PADI DENGAN METODE *SOLID STATE* *ANAEROBIC DIGESTION (SS-AD)*

Larasati Gumilang Kencanawardhani^{*)}, Syafrudin^{**)}, Winardi Dwi Nugraha^{**)}

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik UNDIP

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

Email: enveng@undip.ac.id

Abstrak

Solid-state Anaerobic Digestion (SS-AD) umumnya terjadi pada konsentrasi padat lebih tinggi dari 15%. Sebaliknya, pencernaan anaerobik cair (AD) menangani bahan baku dengan konsentrasi solid antara 0,5% dan 15%. Dalam penelitian ini, pengaruh Makanan untuk Mikroorganisme (F / M) konten untuk produksi biogas dari sekam padi dengan padat anaerobik negara pencernaan (SS-AD) diselidiki. Skala laboratorium dari pencernaan anaerobik digunakan dalam penelitian ini dioperasikan dalam sistem batch dan pada suhu kamar. Rasio F / M yang ditetapkan sebesar 25%. Makanan untuk Mikroorganisme (F / M) bervariasi dari 25, 50, 75, dan 100%. Pretreatment enzimatis dilakukan dengan menggunakan enzim lignase. Biogas yang dihasilkan diukur dengan menggunakan metode perpindahan air setiap dua days. The produksi biogas tertinggi diperoleh pada F / M 50%. produksi biogas tertentu pada F / M dari 25, 50, 75 dan 100% adalah 8.03, 12.62, 11.71 dan 11.78 ml / gr (TS), masing-masing. SS-AD memiliki volumetrik pemuatan produksi biogas lebih tinggi dari pencernaan anaerobik cair (L-AD). Kebutuhan penelitian lebih lanjut untuk dipelajari adalah optimasi konsentrasi hidroksida enzim dan natrium.

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

Abstract

[The Influence of Enzymatic Pretreatment and F/M Ratio to Biogas Production from Rice Husk Waste during Solid State Anaerobic Digestion (SS-AD)]. Solid-state anaerobic digestion (SS-AD) generally occurs at solid concentrations higher than 15%. In contrast, liquid anaerobic digestion (AD) handles feed stocks with solid concentrations between 0.5% and 15%. In this study, the effect of Food to Microorganisms (F/M) content to biogas production from rice husk by solid state anaerobic digestion (SS-AD) was investigated. The laboratory scale of anaerobic digestions used in this experiment was operated in batch system and at room temperature. F/M ratio was set at 25%. Food to Microorganism (F/M) was varied from 25, 50, 75, and 100 %. Enzymatic pretreatment was conducted using lignase enzyme. Biogas produced was measured by using water displacement method every two days. The highest biogas production was obtained at F/M 50%. Specific biogas production on F/M of 25, 50, 75 and 100 % were 8.03, 12.62, 11.71 and 11.78 ml/gr(TS), respectively. SS-AD has volumetric loading of biogas production higher than liquid anaerobic digestion (L-AD). The further research need to be studied was optimization of enzyme and sodium hydroxide concentration.

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

PENDAHULUAN

Energi merupakan salah satu permasalahan utama dunia. Kebutuhan energi di dunia hingga saat ini cenderung bergantung pada bahan bakar fosil. Faktor pendorong konsumsi bahan bakar fosil yang makin tinggi dapat dilihat dari banyaknya penggunaan mesin industri dan transportasi penunjang perekonomian dunia yang menggunakan minyak bumi sebagai bahan bakar penggerak. Indonesia merupakan salah satu negara yang sedang menghadapi persoalan energi yang serius akibat ketergantungan yang sangat besar terhadap bahan bakar fosil (Apriyanti, 2011). Apabila tidak ada implementasi kebijakan baru kebutuhan energi primer meningkat sekitar 45% lebih tinggi dibandingkan tahun 2011. Di Indonesia minyak dan gas merupakan energi paling penting sebagai penunjang kehidupan (Budiyono dkk, 2012). Energi tersebut akan terus meningkat dan akan mengalami perlambatan pada tahun 2020, jika diterapkan standar lingkungan yang lebih ketat kebutuhan energi primer hanya tumbuh sebesar 11% menurut Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral. Kebutuhan energi untuk sektor industri pada tahun 2025 terjadi peningkatan sekitar 55 persen dari jumlah total kebutuhan energinya. Di tahun tersebut, industri akan membutuhkan gas alam sebanyak 1.553 juta mmbtu dan batubara sebanyak 53,71 juta ton (Priyanto, 2014).

Upaya pemerintah Indonesia dalam menghadapi isu energi ini adalah dengan menerbitkan UU No 5/2006 tentang penggunaan energi baru dan terbarukan. Dalam UU ini, pemerintah menargetkan untuk memanfaatkan sumber energi baru dan terbarukan sebesar 17% dari bauran energi nasional pada tahun 2025 dari saat ini yang hanya 5%. Seiring dengan perkembangan teknologi dan potensi sumber daya alam, maka target ini dinaikkan menjadi 25% dalam visi baru yang disebut sebagai visi 25/25 (BP-PEN, 2006). Usaha ini dapat digolongkan dalam diversifikasi energi dan intensifikasi energi. Diversifikasi energi dimaksudkan untuk melakukan penganekaragaman jenis-jenis energi di antaranya adalah energi dari biomassa yang sering dikenal sebagai biogas, sedangkan

intensifikasi energi dimaksudkan untuk melakukan pemanfaatan energi baru secara sebesar-besarnya. Sebagai negara agraris yang juga maju di bidang industrialisasi, Indonesia memiliki limbah biomassa yang sangat melimpah, antara lain semua limbah industri pertanian dan peternakan. Pengembangan energi alternatif masih kurang mendapat perhatian, sementara Indonesia memiliki potensi yang besar untuk melakukan pengembangan energi alternatif. Sebagai contoh, dengan memanfaatkan limbah biomassa yang sangat melimpah dari sektor pertanian dan peternakan untuk dijadikan bioenergi (Apriyanti, 2011). Prospek pengembangan teknologi biogas ini sangat besar terutama di daerah pedesaan dimana sebagian besar masyarakat bekerja di bidang peternakan dan pertanian (Al Saedi, 2008).

Indonesia merupakan negara agraris yang banyak memproduksi padi. Dari panen padi dihasilkan limbah yang familiar yaitu sekam padi. Sekam padi merupakan limbah hasil pertanian yang melimpah di Indonesia. Hal ini terlihat dari produksi padi di Indonesia yang mencapai 69.870.950,40 ton pada tahun 2014 (Badan Pusat Statistik, 2014). Dalam proses penggilingan padi menjadi beras, ada produk-produk sampingan yang berupa limbah yang bila dibiarkan atau dikelola secara kurang bijaksana akan merugikan manusia karena terjadinya pencemaran lingkungan ekosistem tersebut dan juga pencemaran udara akibat pembakaran limbah tersebut. Limbah dalam proses penggilingan padi yang terbesar adalah sekam padi, biasanya diperoleh sekam sekitar 20 – 30 % dari bobot gabah, hasil lainnya dedak antara 8 – 12 %. Sekam dengan persentase yang tinggi tersebut dapat menimbulkan problem lingkungan. Agar sumber daya alam dapat bermanfaat dalam waktu yang panjang maka diperlukan kebijaksanaan dalam pemanfaatan sumber daya alam yang ada agar dapat lestari dan berkelanjutan dengan menanamkan sikap serasi dengan lingkungan.

Sekam padi memiliki potensi yang besar untuk dijadikan bahan baku pembuatan biogas karena memiliki kandungan air sebanyak 9% dan menjadikannya terdiri dari jaringan yang berongga, mempunyai energi

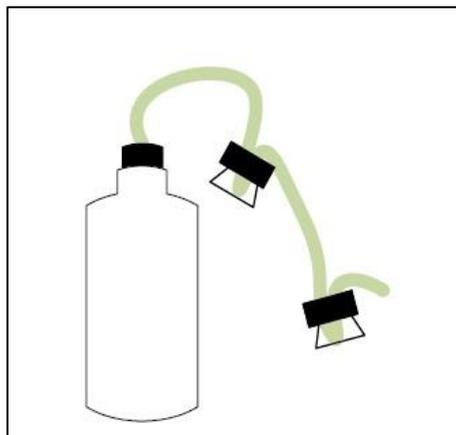
yang tinggi, terdiri dari bahan yang dapat difermentasikan dan berpotensi sangat besar dalam menghasilkan produksi gas (Malik, 2006).

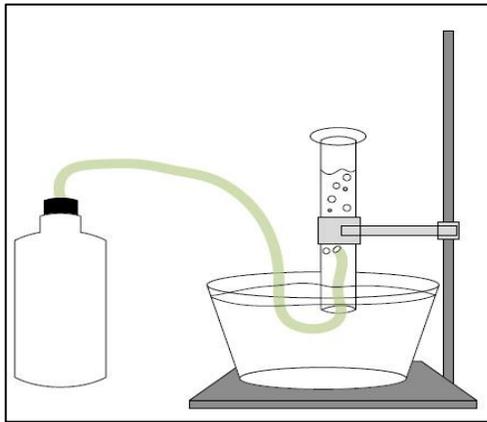
Teknologi produksi biogas, termasuk di dalamnya SS-AD (Solid-State Anaerobic Digestion) dari biomassa limbah sekam padi harus memperhatikan beberapa parameter agar dapat dihasilkan biogas yang optimal, yaitu terdiri dari: temperatur, pH, rasio F/M (Food to Microorganisms), rasio C/N, alkalinitas dan kandungan total solid. Mikrobial merupakan salah satu faktor kunci yang ikut menentukan berhasil atau tidaknya suatu proses penanganan limbah organik secara biologis. Dalam produksi biologis secara anaerobik, nilai F/M menunjukkan perbandingan jumlah substrat yang terdapat dalam limbah dan jumlah mikroorganisme yang digunakan (Agus et al., 2015). Mikroorganisme menguraikan bahan-bahan organik berupa Chemical Oxygen Demand (COD) sebagai substrat makanan yang digunakan dalam reaksi metabolik untuk menghasilkan senyawa lebih sederhana. Oleh karena itu, saya tertarik meneliti pengaruh rasio F/M pada produksi biogas dari limbah sekam padi dengan metode SS-AD.

BAHENDAN PENELITIAN

Sebuah uji laboratorium seri 1000 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; Budiyono et al, 2014;. Iqbal Syaichurrozi et al, 2013;.. Budiyono et al, 2013; Budiyono et al, 2015). Diagram skematik laboratorium eksperimental diatur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Total padat (TS)

ditetapkan 21%. pretreatment enzimatik dilakukan dengan menggunakan enzim lignase. Rasio F / M yang ditetapkan sebesar 25%. Makanan untuk Mikroorganisme (F / M) bervariasi dari 25, 50, 75, dan 100%. 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 F/M dan persiapan reaktor batch anaerob dilakukan. Selanjutnya, substrat dicampur dengan inokulum dan urea teknis untuk menyesuaikan variasi rasio F/M. 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.





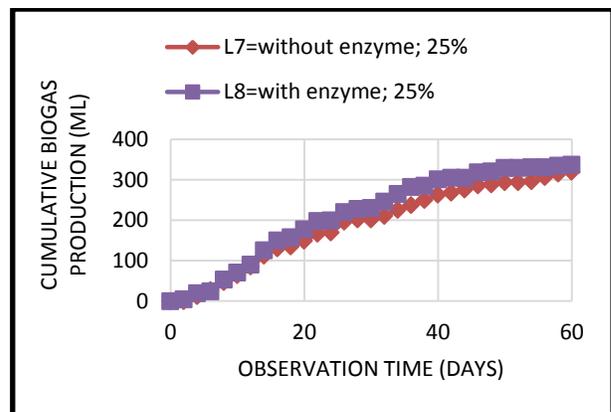
Gambar 1. Rangkaian Alat Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

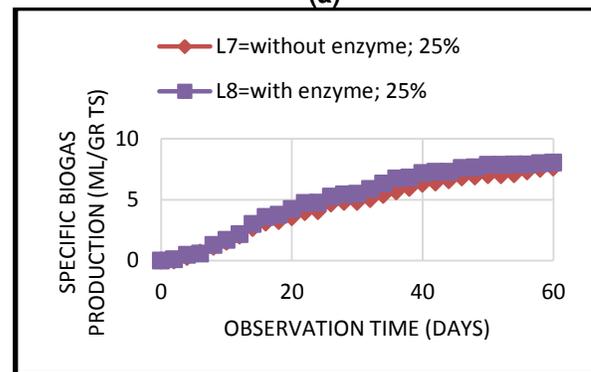
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pretreatment pada produksi biogas dengan SS-AD. Pengaruh Pretreatment pada produksi biogas diamati dalam penelitian ini dengan penambahan enzim sebanyak Volume 5% dari solusi untuk semua variabel, penambahan NaOH sebanyak 3% dari volume larutan. Hasil 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 F / M dan disajikan pada Gambar 2 sampai 6.

Dalam Gambar 2 (a) di bawah kondisi rasio F / M 25% menunjukkan bahwa produksi biogas mulai muncul pada hari ketiga dari 12 ml untuk variabel tanpa penambahan enzim. Kemudian, variabel dengan penambahan enzim biogas hasil mulai bangkit pada hari 2 dan mencapai nilai puncak pada hari ke-14 dengan nilai maksimum 35 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 F/M 25%, pretreatment dengan penambahan enzim secara signifikan mempengaruhi produksi

biogas dibandingkan dengan pretreatment tanpa menggunakan enzim, dapat dilihat pada Gambar 2 (b). Angka ini menunjukkan bahwa kumulatif hasil biogas harian per unit TS variasi F / M 25% tanpa enzim cenderung lebih rendah dibandingkan dengan variasi rasio F / M 25% dengan enzim. Jumlah kumulatif biogas hasil pada L7 reaktor lebih tinggi dari total biogas kumulatif menghasilkan pada L8 reaktor dengan perolehan data masing-masing sebesar 8,04 ml / g TS dan 7.62 ml / g TS.



(a)



(b)

Gambar2. Pengaruh Enzimatik Pretreatment untuk Biogas pada F/M Ratio 25%

Pada Gambar 3 (a) dalam kondisi rasio F / M 50% menunjukkan bahwa produksi biogas mulai muncul pada hari ke-8 dari 43 ml untuk variabel dengan penambahan enzim, sedangkan produksi biogas untuk variabel

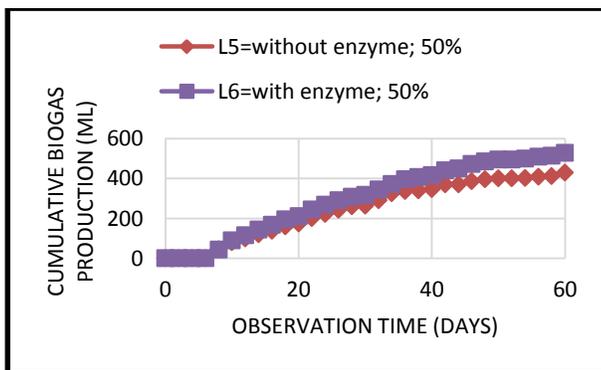
tanpa penambahan enzim terbentuk pada hari ke-8 dari 45,4 ml. Selanjutnya, hasil biogas menurun secara bertahap setelah adalah pada puncaknya tertinggi. Meskipun hasil biogas yang dihasilkan berfluktuasi, tetapi hasilnya cenderung menurun.

Biogas hasil menunjukkan bahwa rasio F/M50%, pretreatment dengan penambahan enzim secara signifikan mempengaruhi produksi biogas dibandingkan dengan pretreatment tanpa menggunakan enzim, dapat dilihat pada Gambar 3 (b). Ini menunjukkan bahwa kumulatif hasil biogas harian per unit TS variasi F / M 50% tanpa enzim cenderung lebih rendah dibandingkan dengan variasi rasio / M F dari 50% dengan enzim. Jumlah kumulatif biogas hasil pada L5 reaktor lebih tinggi dari total biogas kumulatif menghasilkan pada L6 reaktor dengan perolehan data masing-masing sebesar 12,62 ml / g TS dan 10,25 ml / g TS.

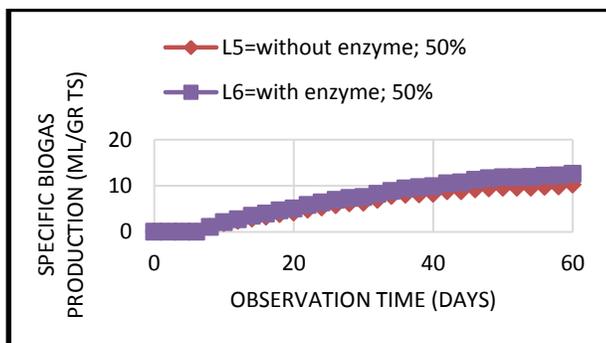
Gambar 3. Pengaruh Enzimatik Pretreatment untuk Biogas pada F/M Ratio 50%

Pada Gambar 4 (a) dalam kondisi rasio F / M 75% menunjukkan bahwa produksi biogas mulai muncul pada hari ke-4 dari 11 ml untuk variabel dengan penambahan enzim, sedangkan produksi biogas untuk variabel tanpa penambahan enzim terbentuk pada hari ke-2 dari 5 ml. Selanjutnya, hasil biogas menurun secara bertahap setelah adalah pada puncaknya tertinggi. Meskipun hasil biogas yang dihasilkan berfluktuasi, tetapi hasilnya cenderung menurun.

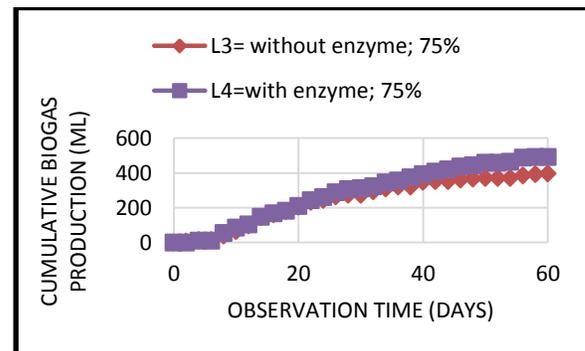
Hasil biogas menunjukkan bahwa rasio F / M 30, pretreatment dengan penambahan enzim memiliki biogas lebih tinggi menghasilkan daripada tanpa pretreatment menggunakan enzim tapi tidak terlalu signifikan, dapat dilihat pada Gambar 4 (b). Ini menunjukkan bahwa kumulatif hasil biogas harian per unit TS variasi F / M 75% tanpa enzim cenderung lebih rendah dibandingkan dengan variasi rasio F / M 75% dengan enzim. Jumlah kumulatif biogas hasil pada L4 reaktor lebih tinggi dari hasil total biogas kumulatif di L3 reaktor dengan perolehan data masing-masing sebesar 11,71 ml / g TS dan 9,46 ml / g TS.



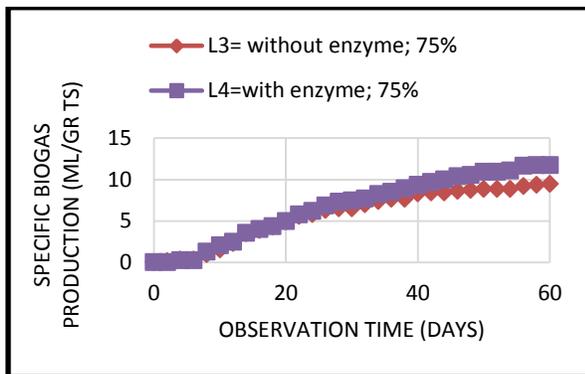
(a)



(b)



(a)

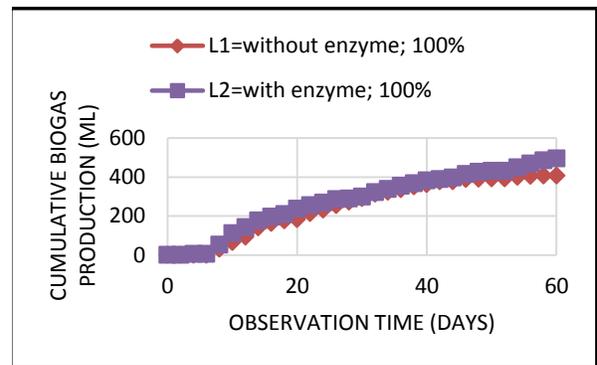


(b)

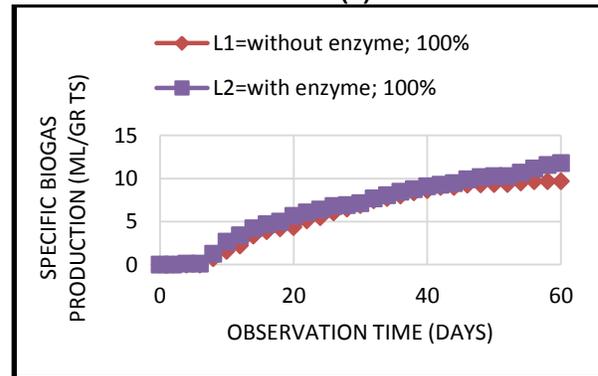
Gambar 4. Pengaruh Enzimatis Pretreatment untuk Biogas pada F/M Ratio 75%

Pada Gambar 5 (a) dalam kondisi rasio F / M 100% menunjukkan bahwa produksi biogas mulai muncul pada hari ke-4 dari 5 ml untuk variabel dengan penambahan enzim, sedangkan produksi biogas untuk variabel tanpa penambahan enzim terbentuk pada hari ke-8 dari 31 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 rasio F/M 100%, 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 F / M ratio 100% 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.



(a)

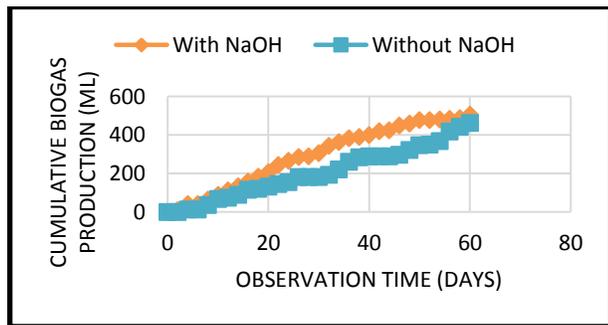


(b)

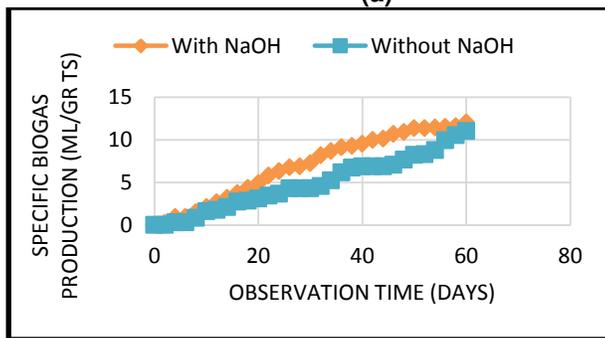
Gambar 5. Pengaruh Enzimatis Pretreatment untuk Biogas pada F/M 100%

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.



(a)



(b)

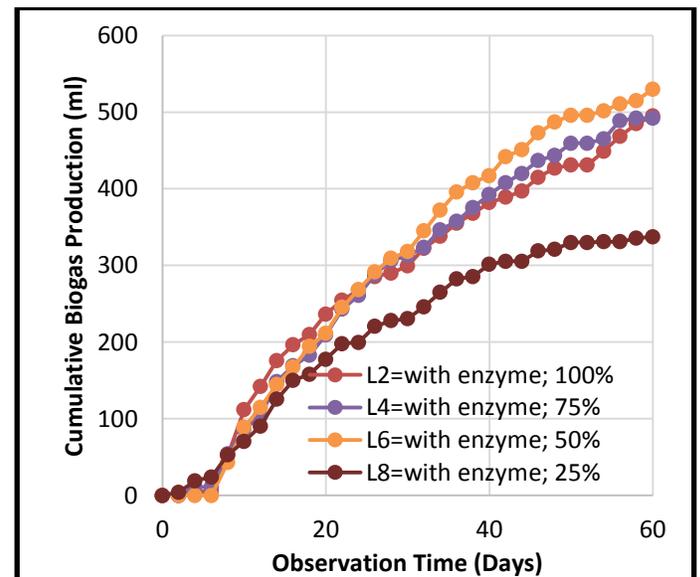
Gambar 6. Pengaruh NaOH Pretreatment untuk Biogas pada C/N Ratio 25

Dalam penelitian lanjutan, pengaruh rasio F / M dari produksi biogas diamati dengan rasio variasi 100%, 75%, 50% dan 25%. Data disajikan sebagai volume biogas harian dan hasil biogas kumulatif selama 60 hari masa

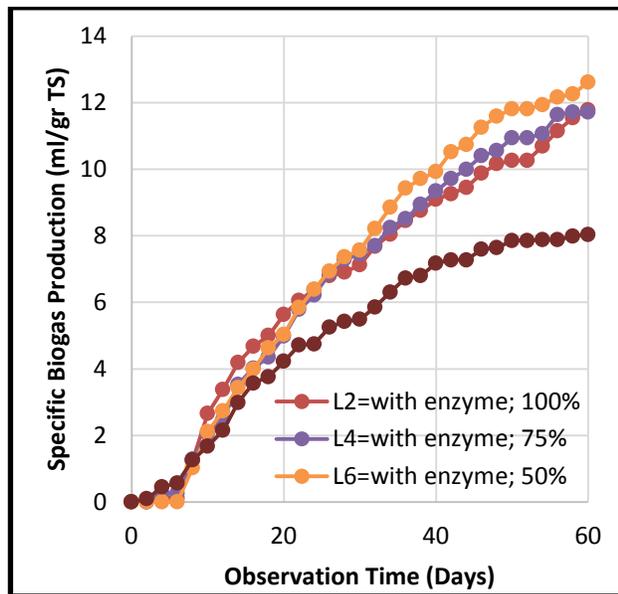
studi SS-AD, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7 dan 8.

Pada Gambar 7 (a) menunjukkan pengaruh rasio F / M untuk produksi biogas kumulatif dengan F ratio / M 25%, 50%, 75% dan 100. Hal ini dapat dilihat dalam perbandingan produksi biogas dari sekam padi tanpa penambahan NaOH dengan enzim yang berbeda dan rasio F / M. produksi biogas dalam sekam padi dengan perbandingan AF / M 50% memiliki hasil tertinggi. Total hasil biogas di F / M 25%, 50%, 75% dan 100% masing-masing untuk sekam padi adalah 337,5 ml, 530 ml, 492 ml dan 495 ml.

Gambar 8 (b) menunjukkan pengaruh rasio F / M untuk produksi biogas kumulatif. Dalam sekam F padi / M 25% total hasil biogas adalah 8.03 ml / grTS. Dalam sekam F padi / M 75% biogas Volume kumulatif 11,71 ml / grTS. Dalam sekam F padi / M 100% biogas Volume kumulatif 11,78 ml / grTS, dan sekam padi F / M 50% Volume biogas kumulatif sampai dengan hari ke-60, yaitu sebesar 12,62 ml / grTS yang merupakan biogas tertinggi menghasilkan.



(a)

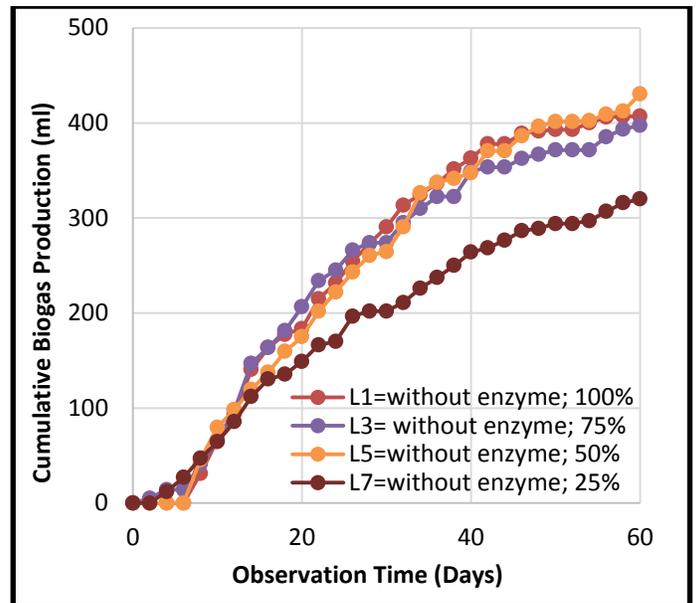


Gambar 7. Pengaruh C/N Ratio untuk Produksi Biogas dengan Enzimatik Pretreatment

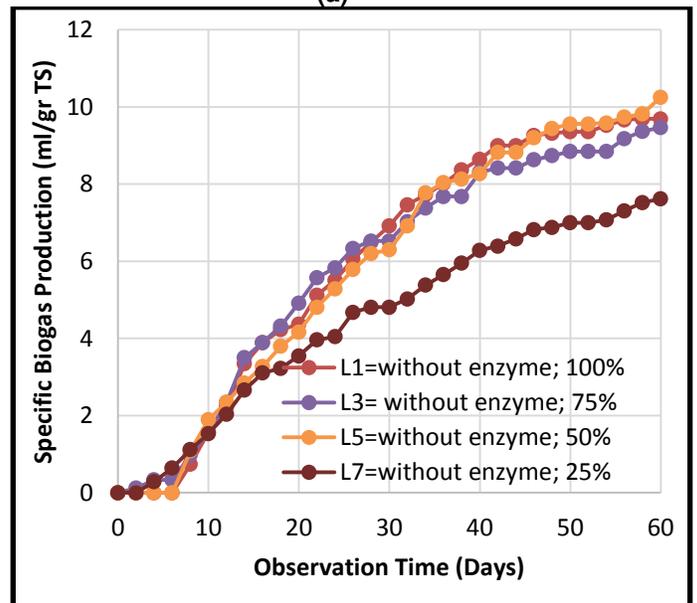
Pada Gambar 8 (a) menunjukkan hasil biogas sekam padi sehari-hari tanpa penambahan enzim untuk sekam variasi dengan rasio F / M 25%, 50%, 75% dan 100. Hal ini dapat dilihat dalam perbandingan produksi biogas dari sekam padi tanpa penambahan NaOH dengan enzim yang berbeda dan rasio F / M. produksi biogas dalam sekam padi dengan perbandingan AF / M 50% memiliki hasil tertinggi. Total hasil biogas di F / M 25%, 50%, 75% dan 100% masing-masing untuk sekam padi adalah 320 ml, 430,5 ml, 397,5 ml dan 407 ml.

Gambar 8 (b) menunjukkan volume kumulatif biogas per unit TS pada sekam padi tanpa penambahan enzim. Dalam sekam F padi / M 25% total hasil biogas adalah 7.62 ml / grTS. Dalam sekam F padi / M 75% biogas Volume kumulatif 9,46 ml / grTS. Dalam sekam F padi / M 100% biogas Volume kumulatif 9,69 ml / grTS, dan sekam padi F / M 50% Volume biogas kumulatif sampai dengan hari ke-60, yaitu sebesar

10,25 ml / grTS yang merupakan hasil biogas tertinggi.



(a)



(b)

Gambar 8. Pengaruh C/N Ratio untuk Produksi Biogas tanpa Enzimatik 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 rasio F / M 50%. produksi biogas tertentu pada rasio F / M dari 25%, 50%, 75%, dan 100% adalah 8.03, 12.62, 11.71 dan 11.78 ml / gr (TS), masing-masing. SS-AD memiliki volumetrik pemuatan produksi biogas lebih tinggi dari pencernaan anaerobik cair (L-AD). Penelitian lebih lanjut perlu dipelajari adalah optimasi konsentrasi enzim dan rasio F / M.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Al Saedi, Rutz, D., Prassl, H., Kottner, M., Finsterwalder, T., Volk, S., et al. Biogas. (Denmark, 2008)
- [2] Apriyanti, Retno Putri. 2011. Peninjauan Lapangan Minyak Dan Gas PT. Medco E & P Indonesia, Blok Rimau, Sumatera Selatan berdasarkan Aspek Well Completion, Well Problem, & Treatment Problem. Universitas Trisakti : Jakarta
- [3] Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2006-2025. 2006. Blueprint Pengelolaan Energi Nasional. Jakarta.
- [4] Brown, D., Li, Y. *Solid State Anaerobic Co-Digestion Of Yard Waste And Food Waste For Biogas Production* (Bioresource Technology, 2013), 127, 275–280.
- [5] Budiyono., Putri, D, A., Saputro, R, R. *Biogas Production From Cow Manure* (International Journal Of Renewable Energi Development, 2012), 61-64.
- [6] Chandra, R., Takeuchi, H., Hasegawa, T., & Kumar, R. *Hydrothermal Pretreatment Of Rice Straw Biomass: A Potential And Promising Method For Enhanced Methane Production* (J Appl Energi, 2012), 94:129-40.
- [7] Chen, X., Yan, W., Sheng, K., Sanati, M. *Comparison Of High-Solids To Liquid Anaerobic Co-Digestion Of Food Waste And Green Waste* (Bioresource Technology, 2014), 154, 215–221.
- [8] Gu, Y., Chen, X., Liu, Z., Zhou, X., Zhang, Y. *Effect Of Inoculum Sources On The Anaerobic Digestion Of Rice Straw* (Bioresource Technology, 2014), 158, 149–155.
- [9] Budiyono, Syaichurrozi, I., & Sumardiono, S. *Biogas Production From Bioethanol Waste: The Effect of pH And Urea Addition To Biogas Production Rate* (Waste Tech, 2013), 1-5.
- [10] Budiyono., Putri, D, A., Saputro, R, R. *Biogas Production From Cow Manure* (International Journal Of Renewable Energy Development, 2012) 61-64
- [11] Budiyono, Widiassa I.N., Johari S., Sunarso. *The Kinetic Of Biogas Rate from Cattle Manure in Batch Mode* (World Academy of Science, Engineering and Technology, 2010), 37:983-988
- [12] Budiyono, I. Syaichurrozi, S. Sumardiono. *Biogas Production Kinetic from Vinasse Waste in Batch Mode Anaerobic Digestion* (World Applied Sciences Journal, 2013), 26 (11): 1464-1472.
- [13] Budiyono, Iqbal S., Siswo S. *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, 2014a), 7(3):2798-2805.
- [14] Budiyono, I. Syaichurrozi and S. Sumardiono. *Effect of Total Solid Content to Biogas Production Rate from*

- Vinasse. (International Journal of Engineering, 2014b), Vol. 27(2):177-184.
- [15] Budiyono, S. Sumardiono and D. Tri Mardiani. *Microwave Pretreatment of Fresh Water Hyacinth (Eichhornia Crassipes) in Batch Anaerobic Digestion Tank*(International Journal of Engineering, 2015), Vol. 28(2): 921-928.
- [16] Budiyono, I N. Widiyasa, S. Johari, and Sunarso. *Influence of Inoculum Content on Performance of Anaerobic Reactors for Treating Cattle Manure using Rumen Fluid Inoculum* (International Journal of Engineering and Technology, 2009), 1(3):109-116, ISSN : 0975-4024
- [17] Budiyono, Syaichurrozi, I., & Sumardiono, S. *Kinetic Model of Biogas Yield Production from Vinasse at various initial pH: Comparison between Modified Gompertz Model and First Order Kinetic Model* (Research Journal Applied Science, 2014) 7(13), 2798-2805.
- [18] Chandra, R., Takeuchi, H., Hasegawa, T., & Kumar, R. *Hydrothermal Pretreatment of Rice Straw Biomass: A Potential And Promising Method For Enhanced Methane Production*(J Appl Energy, 2012), 94:129-40.
- [19] Chen, X., Yan, W., Sheng, K., Sanati, M. *Comparison Of High-Solids To Liquid Anaerobic Co-Digestion Of Food Waste And Green Waste* (Bioresource Technology, 2014), 154, 215–221.
- [20] Gu, Y., Chen, X., Liu, Z., Zhou, X., Zhang, Y. *Effect of Inoculum Sources on The Anaerobic Digestion Of Rice Straw*(Bioresource Technology, 2014) 158, 149–155.
- [21] Hendriks, A.T.W.M., Zeeman, G. *Pretreatments To Enhance The Digestibility Of Lignocellulosic Biomass*. (Bioresource Technology, 2009), 100, 10–18.
- [22] Krátký et, L., Jirout, T., Nalezenc, J. *Lab-Scale Technology For Biogas Production From Lignocellulose Wastes Biomass Size Reduction* (Acta Polytechnica, 2012), 52(3), 54–59.
- [23] Li, Y., Park, S., Zhu, J. *Solid-State Anaerobic Digestion For Methane Production From Organic Waste* (Renew Sustain Energy, 2011), Vol. 15:821-6.
- [24] Li, Y., Zhu, J., Wan, C., Park, S.Y. *Solid-State Anaerobic Digestion Of Corn Stover For Biogas Production* (American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2011b), 54(4), 1415–1421.
- [25] Priyanto. 2014. Gas Alam Bakal Jadi Energi Utama Industri Nasional. Retrieved 2015, from kemenperin.go.id
- [26] Sari, F. and Budiyono, B. *Enhanced Biogas Production From Rice Straw With Various Pretreatment: A Review* (Waste Technology, 2014), 2(1), 17-25.
- [27] Schimpf, U., Hanreich, A., Mähnert, P., Unmack, T., Junne, S., Renpenning, J., Lopez-ulibarri, R. *Improving The Efficiency Of Large-Scale Biogas Processes : Pectinolytic Enzymes Accelerate The Lignocellulose Degradation* (Journal of Sustainable Energi & Environment, 2013), 4, 53–60.
- [28] Teghammar, A., Forgacs, G., Sarvari Horvath, I., & Taherzadeh, M. J. *Techno-Economic Study Of Nmmo Pretreatment And Biogasproduction From Forest Residues* (Applied Energi, 2014), 116,125–133.