PERLAKUAN HIDROTHERMAL DENGN KONDISI ALKALIN PADA JERAMI PADI UNTUK MENINGKATKAN PRODUKSI BIOGAS

Abas Sato[1], Yustia Wulandari[2]
[1,2]Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
email:abassato@yahoo.com

ABSTRACT
This research was conducted to produce biogas from rice straw which has been pretreated by hydrothermal process in alkaline conditions. This research was aimed to enhance biogas production from rice straw using the hydrothermal pretreatment. Hydrothermal process will break the chains of organic polysaccharide due to high temperature and accelerated with chemicals. The basic principles of hydrothermal process was physical and chemical degradation of rice straw in an autoclave at a temperature of 120^{o}C and alkaline of 3% NaOH for 1 hour. The product of the hydrothermal process was used as feed for anaerobic digester with hydraulic residence time of 15-25 days. The anaerobic digester had working volume of 10 liters, operated semi-continue and had feed solid concentration of 3-12% The results showed that the hydrothermal pretreated rice straw treatment had significantly increased the biogas production compared to the untreated rice straw. Hydrothermal pretreated process had increased the biogas production is 165% higher than the untreated rice straw. Hydrothermal pretreated rice straw could produce biogas of 76.3 liter of biogas per kilogram of rice straw dry basis, while the hydrothermal pretreated one was able to produce 202 liters of biogas per kg of of rice straw dry basis.

Keyword :-

ABSTRAK
Dalam Penelitian ini dilakukan pembuatan biogas dari jerami yang telah diberikan perlakuan awal, yaitu dengan proses hidrothermal pada kondisi alkaline. Tujuan Penelitian ini adalah untuk meningkatkan produksi biogas dari jerami dengan perlakuan awal tersebut. Proses hidrothermal akan memutus rantai polisakarida karena perlakuan pemanasan dengan dibantu bahan kimia. Prinsip proses hidrothermal adalah degradasi fisik dan kimia dalam autoclave pada suhu 120^{o}C dengan NaOH 3% selama 1 jam. Hasil proses hidrothermal ini sebagai masukan pada digester anaerobik dengan waktu tinggal hidrolik antara 15 – 25 hari. Biogas akan terbentuk dari digester, diukur volumenya dan dihitung potensi pembentukannya setiap kilogram jerami. Digester anaerobik bekerja secara semikontinu, memiliki volume kerja 10 liter dan dengan konsentrasi solid di dalam feed antara 3-12% Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses hidrothermal pada perlakuan awal jerami padi akan meningkatkan produksi biogas dibandingkan produksi biogas dari jerami tanpa perlakuan awal secara signifikan. Perlakuan awal hidrothermal mampu meningkatkan produksi biogas 165% lebih tinggi daripada jerami tanpa perlakukan awal. Jerami padi yang tidak dipretreatment hydrothermal mampu menghasilkan biogas 76.3 liter biogas per kilogram jerami kering, sedangkan jerami padi dengan pretreatment hidrothermal mampu menghasilkan 202 liter biogas per kg jerami kering
Kata Kunci : -

PENDAHULUAN

Pembakaran bahan bakar fosil telah menyumbangkan peningkatan gas karbon dioksida CO_2 di atmosfer, yang kemudian secara langsung berhubungan dengan peningkatan pemanasan global. Disamping itu, masalah keamanan energi masa depan seiring dengan meningkatnya konsentrasi karbon dioksida dan emisi gas rumah kaca metana telah memperkuat minat dalam pengembangan dan pemanfaatan sumber energi terbarukan alternatif, berbasis non-minyak bumi atau bahan bakar fossil secara umum[1,2]. Bahan bakar berbasis nabati yang dihasilkan dari biomassa tanaman akan memiliki potensi mengurangi masalah pemanasan global. Biomassa menyerap CO_2 selama pertumbuhan, dan mengeluarkan selama pembakaran. Produksi bahan bakar berbasis nabati juga akan dapat memberikan peluang pendapatan dan lapangan kerja baru di daerah pedesaan [3]. Salah satu bahan bakar yang dapat dibuat dari biomassa adalah biogas

Biogas merupakan bahan bakar terbarukan yang penting di antara bahan bakar terbarukan dari berbagai biomassa. Bahan bakar ini ramah lingkungan, bersih, murah dan serbaguna. Biogas di seluruh dunia telah banyak digunakan untuk tujuan pemanasan dan / atau pembangkit tenaga listrik. Selain itu, teknologi fermentasi untuk menghasilkan metana merupakan cara produksi yang efisien untuk membentuk energi dari biomassa. Rasio output energi terhadap input sekitar 28,8 MJ/MJ cukup tinggi dibandingkan dengan teknologi lainnya untuk produksi energi melalui rute termokimia [4]. Selain itu produksi metana dari biomassa merupakan pilihan yang lebih baik daripada produksi bio-ethanol, karena kebanyakan bagian dari isi biomassa (karbohidrat, lemak dan protein) dalam proses pencernaan anaerobik, diubah menjadi metana dan karbon dioksida dengan bantuan berbagai jenis bakteri anaerobik dan bakteri metanogen. Tetapi, dalam kasus proses fermentasi untuk menghasilkan alkohol hanya karbohidrat yang diubah menjadi gula dan akhirnya menjadi ethanol. Dengan demikian, hasil produksi etanol lebih rendah dari hasil produksi metana [5].

Sejumlah besar biomassa pertanian dibakar setiap tahun di lapangan / lingkungan terbuka yang melepaskan gas berbahaya dan bukan merupakan cara pembangunan berkelanjutan di masyarakat. Sebagai perhatian utama dari produksi bahan bakar bio adalah dengan menghasilkan bahan bakar terbarukan dari biomassa limbah pertanian dalam rangka mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan dan ekologi planet bumi. Lignoselulosa/biomassa limbah pertanian memiliki potensi besar yang tidak digunakan untuk memenuhi energi / permintaan bahan bakar. Dalam rangka untuk menghasilkan bahan bakar / energi terbarukan secara berkelanjutan yang efisien, fermentasi biomassa pertanian lignoselulosa menjadi ide yang baik untuk dikembangkan. Jerami padi merupakan salah satu limbah tanaman yang paling berlimpah lignoselulosa pertanian di Indonesia, dengan produksi tahunan sekitar 76 juta ton. [6]. Jerami padi mengandung kurang lebih 39% selulosa dan 27,5% hemiselulosa. Kedua bahan polisakarida menyulitkan untuk langsung difermentasi menjadi biogas sehingga perlu dilakukan pretreatment agar kedua bahan tersebut menjadi senyawa yang lebih sederhana. Proses degradasi jerami dapat dilakukan dengan cara fisik atau biologis.

Pretreatment biomassa lignoselulosa menawarkan tingkat biodegradasi lebih tinggi dan hasil produk utama dalam proses konversi energi biologis secara keseluruhan. He et al. [7] melaporkan bahwa pretreatment NaOH padat pada jerami padi (padi Cina) pada 4%, 6%, 8% dan 10% (NaOH basis berat kering) telah meningkatkan hasil produksi biogas 3,2-28,6%, 27,3-64,5 %, 30,6-57,1% dan 15,2-58,1%, masing-masing, dibandingkan dengan jerami padi tidak dipretreatment untuk tingkat pembebanan organik 35, 50, 65 dan 80 g/L dalam digester fermentasi. Juga dilaporkan bahwa produksi biogas tertinggi terjadi pada tingkat pembebanan organik 50 g/L. Pretreatment alkali dari biomassa lignoselulosa telah ditemukan menyebabkan pembengkakan, peningkatan luas permukaan internal penurunan derajat polimerisasi dan kristalinitas, pemisahan hubungan struktural antara lignin dan karbohidrat (selulosa dan hemiselulosa), dan gangguan struktur lignin. Pretreatment alkali juga mengurangi tingkat penghambatan selama fermentasi dan menyediakan biaya produksi yang lebih rendah dibandingkan dengan metode pretreatment lainnya [8]. Suhu reaksi dan waktu tinggal adalah dua parameter yang sangat penting untuk mengganggu struktur lignoselulosa. Suhu reaksi 190 C dan waktu tinggal 5-10 menit cukup tinggi untuk menghancurkan struktur kristal selulosa dan hemiselulosa. Waktu tinggal reaksi yang lebih kecil dapat menghemat energi berbeda dengan waktu tinggal yang lebih lama [8].

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh R. Chandra dkk, 2012 [9], dengan proses fermentasi batch pada skala laboratorium menunjukkan pretreatmen jerami dengan 3% NaOH selama 120 jam pada 37 °C dan hidrotermal pretreatment diberikan selama 10 menit pada 200 °C. Jerami dengan pretreatment NaOH menghasilkan biogas 184,8 L/kg volatile solid dan 74,1 L/kg VS metana. Pretreatment Hidrotermal diikuti penambahan 5% NaOH menghasilkan biogas dan metana tertinggi yaitu 315,9 L/kg VS dan 132,7 L/kg VS. Jerami padi tanpa pretreatment menghasilkan biogas 140.0 L/kg volatile solid dan 59,8 L/kg VS metana. Penelitian yang dilakukan Abas Sato dkk, 2014, menggunakan mikroorganisme efektif menghasilkan produksi biogas tertinggi sebesar 174 liter per kg jerami kering, 47% lebih tinggi daripada jerami tanpa pretreatment

Dalam Penelitian ini akan dilakukan pembuatan biogas dari jerami yang telah diberikan perlakuan awal, yaitu pertama dengan proses hydrothermal dengan kondisi alkalin. Proses hidrothermal akan memutus rantai polisakarida karena perlakuan pemanasan dengan dibantu bahan kimia. Rantai polisakarida yang banyak terputus akan mempercepat proses pencernaan pada pembentukan biogas sehingga volume biogas yang terbentuk diharapkan akan semakin besar. Dengan perlakuan awal tersebut diharapkan proses fermentasi pembentukan biogas akan berjalan lebih cepat dan biogas yang dihasilkan akan menjadi lebih besar. Dalam penelitian ini akan dimodifikasi menggunakan pretreatment hidrothermal dengan penambahan NaOH secara langsung. Penambahan NaOH akan mempercepat proses degradasi lignin di dalam jerami padi sehingga proses hidrothermal dapat dilakukan pada suhu yang lebih rendah dengan kebutuhan energi yang lebih kecil. Dengan cara demikian diharapkan volume biogas yang dihasilkan dari jerami padi akan dapat lebih ditingkatkan lagi

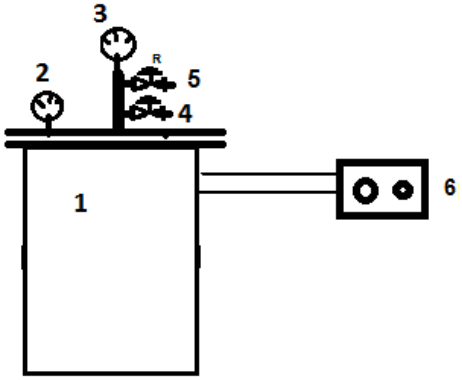
METODE

Karakterisasi biomassa jerami padi

Karakterisasi biomassa jerami padi dilakukan dengan menggunakan metode analisis proksimat, ultimate, dan komposisi standar. Analisis proksimat meliputi penentuan kadar air, total padatan, padatan volatil dan padatan non-volatile (ash) dari jerami padi. analisis ultimate meliputi penentuan karbon, hidrogen, dan nitrogen, dan analisis komposisi meliputi penentuan selulosa, hemiselulosa, dan lignin dalam biomassa jerami padi.

Perlakuan awal jerami padi

Perlakuan awal hidrotermal dengan penambahan NaOH, sehingga kondisi proses akan bersifat basa. Pada penelitian yang dilkukan oleh Chandra et. al. [9] diketahui bahwa hasil proses hidrothermal akan membentuk asam-asam sehingga perlu ditambahkan NaOH untuk menjadikan pH sekitar 7 yang merupakan pH yang tepat untuk fermentasi metana. Perlakuan secara hidrothermal dilakukan di dalam autoklaf yang terbuat dari logam stainless steel dengan diameter 8 in dan memiliki volume 10 liter. Gambar 1 menunjukkan skema peralatan untuk proses hydrothermal. Autoklaf ini dilengkapi peralatan PID controller untuk mengatur suhu, alat ukur tekanan, valve ventilasi atau pembuangan, relief valve dan pemanas listrik. Suhu operasi proses hydrothermal adalah 120 ºC dan waktu tinggal 60 menit. Tekanan pada proses ini adalah sama dengan tekanan uap air jenuh di dalam peralatan hydrothermal yaitu sekitar 200 kPa. Peningkatan suhu operasi akan menyebabkan tekanan uap air jenuh yang lebih tinggi, yang hasilnya menjadikan hidrolisis lebih cepat dari isi materi volatil, tetapi akan meningkatkan kebutuhan energi dalam proses pretreatment. Waktu tinggal yang lebih lama akan menyebabkan pirolisis, yang hasilnya menjadi biomassa hangus dan juga kebutuhan energi akan lebih tinggi.



Keterangan : 1. Tangki autoclave
2. Thermometer
3. Barometer
4. Valve ventilasi
5. Valve relief
6. PID controller

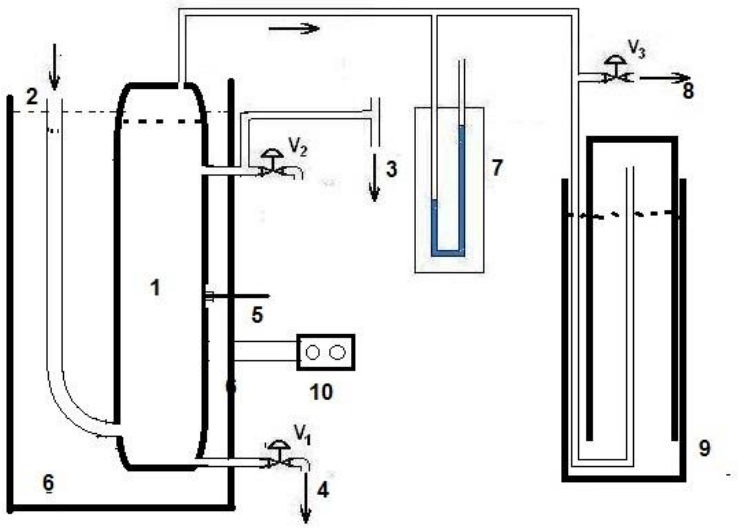
Gambar 1. Autoclave proses hidrothermal

Kisaran yang tepat dari alkalinitas adalah sangat penting bagi bakteri metana yg terbentuk selama proses fermentasi metana. Dengan demikian, penambahan jumlah yang sesuai NaOH membantu untuk memastikan alkalinitas cukup untuk menetralkan asam yang diproduksi dalam digester, karena bakteri yang paling anaerob berkinerja baik dalam kisaran pH 6,8-7,2. Tetapi, meningkatnya konsentrasi kation lebih dari 1500 mg/L mulai menunjukkan toksisitas signifikan [10]. Oleh karena itu, dalam NaOH dengan perlakuan substrat tingkat konsentrasi NaOH dipilih sebesar 3% (basis berat kering biomassa). Pada level tersebut di atas pada penambahan NaOH, konsentrasi kation dalam substrat adalah 1.500 mg/L, konsentrasi ini baik dalam rentang noninhibitor untuk bakteri metanogen.

Larutan NaOH ditambahkan ke dalam 1.2 kg jerami padi kering diikuti penambahan air untuk menjaga 20,0% konsentrasi total padatan. Substrat kemudian dimasukkan autoklaf, ditutup rapat dengan mengncangkan baut penutupnya dan siap untuk dilakukan proses hydrothermal

Pengaturan eksperimen

Digester anaerobik yang memiliki volume 13 liter dengan volume kerja 10 liter beroperasi semi-kontinyu selama 30 hari dengan influent jerami padi hasil pretreatment dan Hydraulic retention time (HRT) 15 - 25 hari dan kadar padatan di dalam digester sebesar 3 - 12%. Gambar 2 manunjukkan skema peralatan digester. Digester ini awalnya diinokulasi dengan kotoran sapi yang diambil dari peternakan sapi. Kotoran sapi sebanyak 5 kg dan diencerkan dengan air dengan perbandingan kotoran sapi:air = 1:2, kemudian dimasukkan dalam digester anaerob melalui lubang pemasukan feed. Proses selanjutnya adalah penggantian bahan organik dalam digester setiap hari dengan memasukkan sejumlah beban jerami yang dibuat pada langkah hidrothermal sebelumnya. Feed jerami hasil pretreatment hidrothermal ditambahkan urea sedemikian rupa sehingga rasio C/N adalah 25. Feed dimasukkan melalui lubang pemasukan feed, sebanyak volume yang sesuai variabel pada hydraulic retention time (HRT) dan konsentrasi solid di dalam umpan. Setiap hari dilakukan pengukuran volume produksi biogas, tekanan gas dan suhu, Kadar methane juga diukur beberapa kali untuk mengetahui kualias biogas. Sampel pengukuran asam dan pH effluent diambil dengan membuka valve V2. Volume produksi biogas diukur dengan menggukur kenaikan gas holder. Tekanan gas di dalam gas holder diukur dengan manometer air. Suhu lingkungan diukur dengan thermometer. Biogas yang tertampung di dalam gas holder dibakar dan dibuang dengan membuka valve V3



Keterangan :
1. Reaktor anaerobik
2. Lubang pemasukan umpan(feed)
3. Aliran overflow
4. Aliran drain
5. Thermometer
6. Water bath
7. Manometer
8. Aliran sampel biogasr
9. Gas holder
10. Temperature controller

Gambar 2. Reaktor Biogas Anaerob

Analisa kualitas dan kuantitas biogas

Volume dari biogas yang dihasilkan diukur menggunakan gas holder untuk setiap digester dan kemudian dinormalisasi oleh jumlah substrat (Volatil solid) yang ditambahkan ke digester. Fraksi metana dari biogas diukur dengan melarutkan bagian karbon dioksida dari 10-ml sampel biogas ke dalam 1% v/v larutan kalium hidroksida dan mengukur volume cairan yang dipindahkan (ASTM D1827). Metana yang dihasilkan untuk setiap digester ditentukan dari konsentrasi metana rata-rata dari biogas dan jumlah biogas yang dihasilkan selama periode pengukuran dua puluh satu hari. volume dihitung kemudian dikoreksi dengan kondisi STP, dengan asumsi tekanan konstan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat biomassa jerami padi

Tabel 1 menyajikan hasil yang diperoleh dari sifat proksimat, ultimate, dan komposisi biomassa jerami padi yang digunakan untuk penelitian fermentasi metana. Analisis proksimat menunjukkan bahwa jerami padi kering yang digunakan mengandung 5,72% kelembaban dan 93,3% total padatan berdasar berat basah biomassa. padatan volatil dan kandungan abu ditemukan sebagai 81,4% dan 1.6%, masing-masing berdasar berat kering biomassa. Analisis akhir (elemental) menghasilkan 41% karbon, 5,36% hidrogen dan nitrogen 0,73% atas dasar berat kering biomassa jerami padi. analisis unsur menunjukkan bahwa jumlah kandungan nitrogen yang ada dalam biomassa jerami padi sangat rendah (C / N ratio = 56), kurang baik untuk mempertahankan kisaran rasio yang tepat C/N (20-30) untuk fermentasi metana yang efektif. Selain itu, analisis komposisi menunjukkan selulosa36,6%, hemiselulosa 24,2% dan lignin 5,6% atas dasar berat kering biomassa jerami padi. Analisis komposisi mengungkapkan bahwa selulosa dan hemiselulosa digabungkan sekitar 60,8% dari berat kering biomassa jerami padi. Jumlah ini adalah besaran yang paling banyak tersedia untuk degradasi.

Tabel 1 Sifat Proksimat, ultimate dan komposisi biomassa jerami padi.

Propertio	Nilai Properti (%)
sifat proksimat	
1. Padatan volatile	81.4
2. Kadar abu	1.6
sifat Ultimate	
3. Carbon	40.90
4. Hidrogen	5.36
5. Nitrogen	0.73
sifat komposisi	
6. Selulosa	36.60
7. hemiselulosa	24.20
8. Lignin	5.61

Semua nilai-nilai yang disajikan berdasar berat kering biomassa.

Feed dan starter

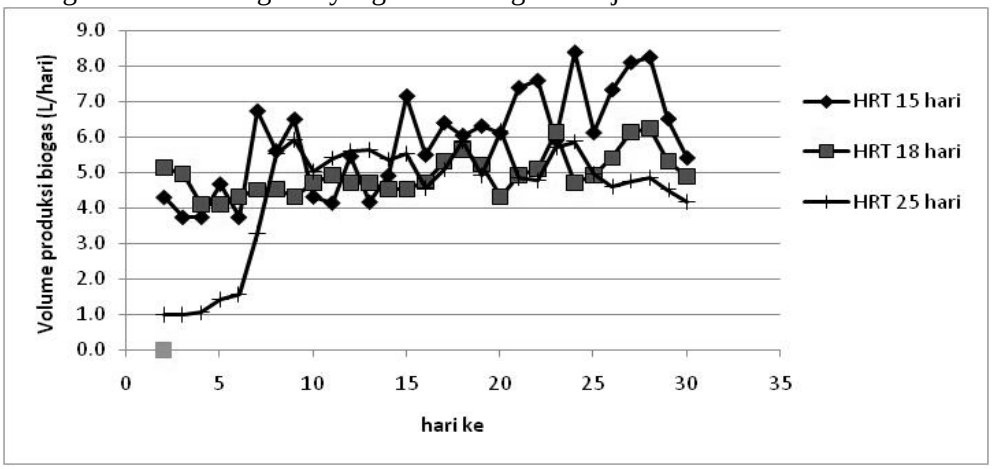
Jerami padi yang digunakan sebagai feed dalam percobaan ini diambil dari sawah bekas penanaman padi yang telah dipanen di sekitar kabupaten Sidoarjo. Jerami yang diambil dari sawah dikeringkan dengan sinar matahari kemudian disimpah di dalam wadah plastik tanpa perlakuan tambahan untuk digunakan sebagai bahan percobaan. Sebelum dilakukan proses hidrothermal jerami dikecilkan ukurannya sekitar 5 mm. Setelah proses hidrothermal jerami akan terurai menjadi kecil-kecil. Jalinan serat jerami menjadi lebih mudah terurai

Untuk menumbuhkan bakteri methanasi dalam percobaan ini digunakan starter yang dibuat dari kotoran sapi. Kotoran sapi yang diambil dari peternakan sapi kemudian diencerkan dengan air. Untuk setiap 1 kg kotoran sapi ditambahkan 2 kg air. Total starter kotoran sapi yang digunakan adalah 3,5 kg.

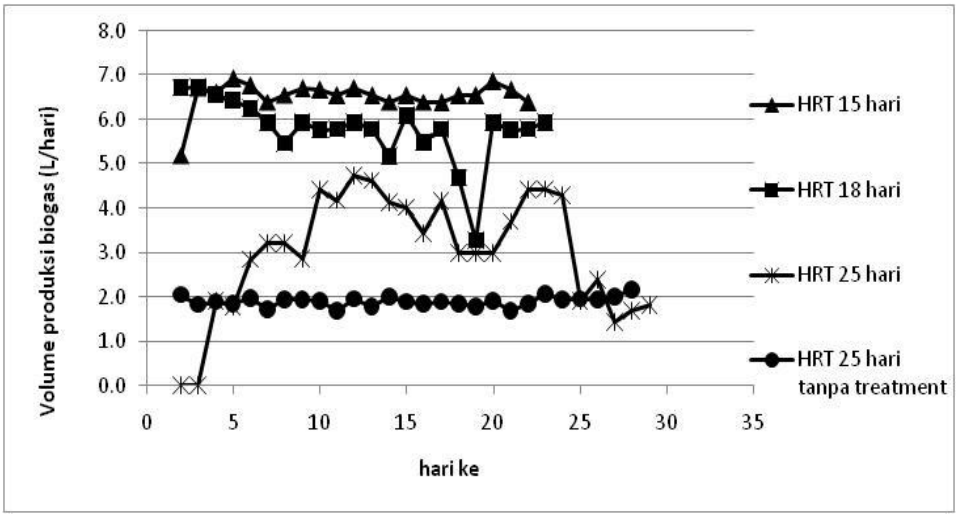
Kinerja digester

Digester anaerobik yang beroperasi semikontinu dalam penelitian ini dimonitor untuk kuantitas biogas yang dihasilkan yang ditunjukkan pada gambar 3-5. Gambar 4 dan 5 menunjukkan hasil produksi biogas yang diperoleh dari substrat jerami padi tidak di pretreatment dan pretreatment. Gambar 4 untuk konsentrasi padatan konstan 12% pada berbagai HRT dan gambar 5 untuk HRT 25 hari pada berbagai konsentrasi padatan. Substrat jerami padi yang tidak di pretreatment telah menghasilkan biogas rata-rata 2.95 L/hari untuk digester dengan kadar solid 12% dan 0.92 L/hari untuk digester dengan kadar solid 3% selama periode waktu percobaan 30 hari. Substrat jerami dengan perlakuan awal hidrotermal dengan penambahan NaOH 3% telah menghasilkan biogas sesuai dengan jumlah feed jerami yang dimasukkan. Untuk percobana dengan HRT yang lebih lama maka jumlah feed jerami yang dimasukkan akan lebih sedikit sehingga volume produksinya juga akan lebih rendah. Dari gambar tersebut tampak bahwa percobaan yang dilakukan menunjukkan hasil produksi biogas yang berfluktuasi setiap harinya. Pada masa awal percobaan produksi biogas masih rendah yang kemungkinan hal ini karena bakteri pembentuk methane masih beradaptasi dengan lingkungan yang baru atau jumlah bakteri methane masih belum cukup banyak. Selajutnya produksi biogas mulai meningkat dan berfluktuasi.

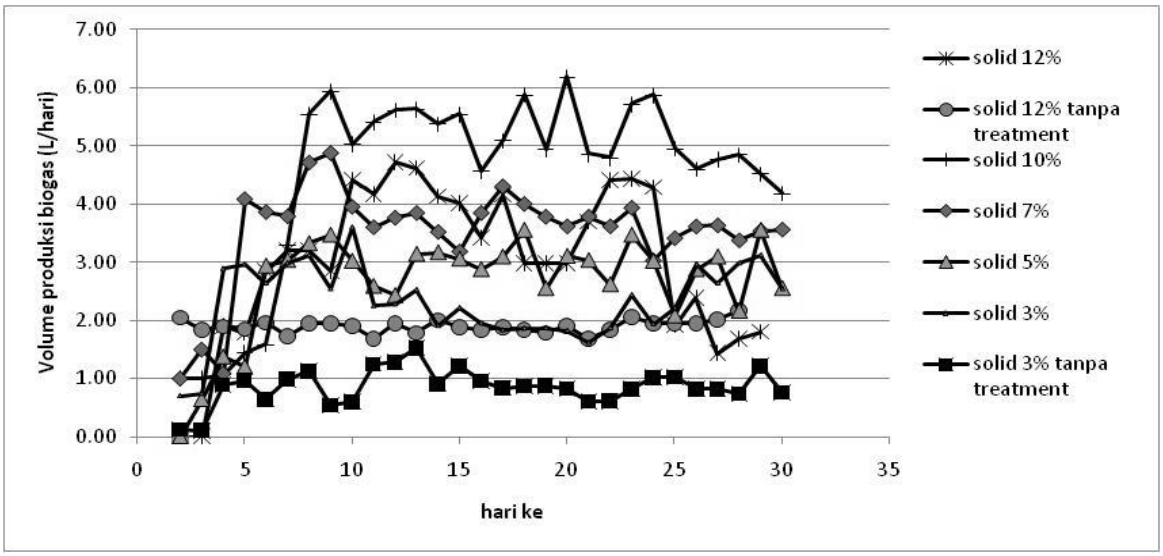
Dari penelitian yang dilakukan diperoleh hasil produksi biogas untuk setiap kilogram jerami seperti yang tercantum dalam Tabel 2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecenderungan produksi semakin tinggi pada feed konsentrasi solid semakin rendah. Seperti yang tercantum dalam tabel 2, semakin tinggi konsentrasi solid, biogas yang dihasilkan per satuan massa jerami semakin kecil, karena semakin tingginya konsentrasi solid maka akan diperlukan waktu yang lebih lama untuk mendegradasi bahan organik yang terkandung dalam jerami.



Gambar 3 Produksi biogas harian pada berbagai HRT untuk kadar solid 10%



Gambar 4 Produksi biogas harian pada berbagai HRT untuk kadar solid 12%

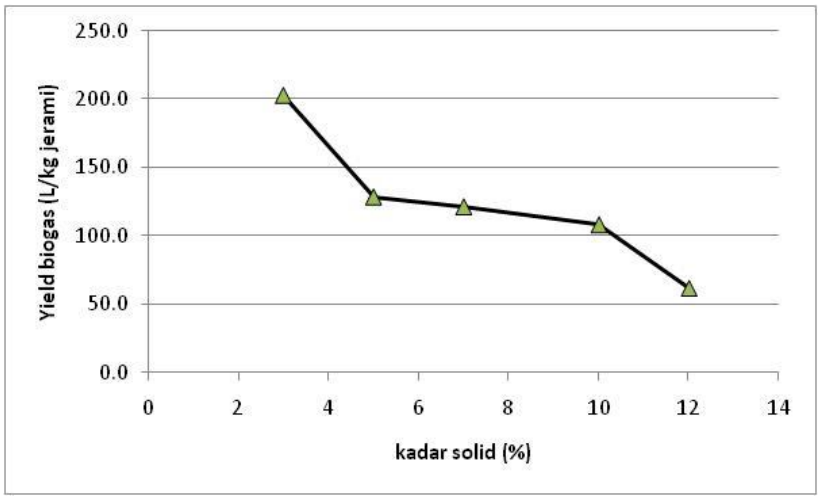


Gambar 5 Produksi biogas harian pada berbagai kadar solid untuk HRT 25 hari

Produksi spesifik biogas dan hasil produksi metana

Gambar 6 menunjukkan variasi spesifik biogas dan hasil produksi metana per unit total padatan dan untuk substrat jerami padi yang dipretreatment hidrotermal. Dari gambar tersebut menunjukkan bahwa kecenderungan produksi semakin tinggi pada feed konsentrasi solid semakin rendah. Untuk feed dengan konsentrasi solid 3% menunjukkan produksi biogas per satuan massa sampah yang tertinggi dibandingkan dengan feed pada konsentrasi solid yang lebih besar. Gambar 6 menunjukkan bahwa dengan meningkatkan konsentrasi padatan di dalam digester maka produksi biogas per satuan massa jerami mengalami penurunan. Pada konsentrasi solid 3% produksi biogas cukup tinggi yaiyu 201 liter per kg jerami kering tetapi pada konsentrasi solid 12 produksinya jatuh menuju 61.6 liter per kg jerami kering.

Spesifik yield produksi biogas dari substrat jerami padi yang tidak di pretreatment dan jerami padi yang di pretreatment hydrothermal dapat dilihat pada Tabel 2. Dengan HRT selama 25 hari ditemukan bahwa yield biogas untuk feed digester dengan konsentrasi padatan 3% dari jerami padi yang tidak dipretreatment adalah sebesar 76.3 liter per kg jerami kering, sedangkan nilai tertinggi diperoleh pada jerami padi yang dipretreatment hydrothermal pada digester dengan konsentrasi solid 3% yaitu sebesar 202.6 liter biogas per kg jerami kering. Peningkatan ini adalah sebesar 165%. Peningkatan ini cukup signifikan dalam produksi biogas



Gambar 6 Yieldi biogas harian pada berbagai kadar solid untuk HRT 25 hari

Tabel 2. Yield biogas untuk setiap kg jerami padi

Kadar solid %	HRT (hari)	Yield biogas (L/kg jerami)
10	15	87.6
12	15	80.6
12	18	87.3
10	18	89.0
12	25	61.6
10	25	108.1
7	25	121.2
5	25	128.4
3	25	202.6
Tanpa pretreatment		
3	25	76.3
12	25	39.4

KESIMPULAN

Hasil studi fermentasi metana dilakukan pada substrat biomassa jerami padi diberi perlakuan awal hidrotermal menghasilkan jumlah yang sangat signifikan pada peningkatan hasil produksi biogas. Hasil panen produksi biogas dari substrat jerami padi yang diberikan pretreatment hidrotermal NaOH ditemukan lebih dari dua kali dari substrat jerami padi tidak dipretreatment tau angka lebih tepatnya sebesar 165%. Selain itu, biomassa limbah pertanian lignoselulosa memiliki potensi besar yang tidak digunakan untuk memenuhi permintaan energi / bahan bakar masa depan. Oleh karena itu, fermentasi biomassa pertanian cukup baik untuk menghasilkan bahan bakar / energi terbarukan secara berkelanjutan..

REFERENSI

[1] Hamelinck CN, van Hooijdonk G, Faaij APC. Ethanol from lignocellulosic biomass: techno-economic performance in short-, middle- and long-term. Journal of Biomass Bioenergy 2005;28:384–410.
[2] Sun Y, Cheng J. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. Journal of Bioresource Technology 2002;83:1–11.
[3] Demirbas MF, Balat M, Balat H. Potential contribution of biomass to the sustainable energy development. Journal of Energy Conversion Management 2009;50:1746–60.

[4] Deublein D, Steinhauser A. Biogas from waste and renewable sources: an introduction. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA; 2008
[5] Chandra R, Takeuchi H, Hasegawa T. Methane production from lignocellulosic agricultural crop wastes: a review in context to second generation of biofuel production. Journal of Renewable and Sustainable Energy Rev 2011. doi:10.1016/j.rser.2011.11.03
[6] http://www.rice-trade.com/articles/rice-production.html; 2014
[7] He Y, Pang Y, Li X, Liu Y, Li R, Zheng M. Investigation on the changes of main compositions and extractives of rice straw pretreated with NaOH for biogas production. Journal of Energy and Fuels 2009;23:2220–4
[8] Kumar P, Barrett DM, Delwiche MJ, Stroeve P. Methods for pretreatment of lignocellulosic biomass for efficient hydrolysis and biofuel production. J Industrial Engineering Chemistry Research 2009;48:3713–29
[9] Chandra, H. Takeuchi, T. Hasegawa, 2012, Hydrothermal pretreatment of rice straw biomass: A potential and promising method for enhanced methane production, Applied Energy, Vol 94, Pages 129-140
[10] Gerardi M.H. (2003), The Microbiology of Anaerobic Digesters, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey

ISBN 978-602-98569-1-0

-halaman ini sengaja dikosngkan-