



PENGEMBANGAN PRODUKSI BIOGAS DARI LIMBAH PEMBUATAN BIODIESEL JARAK PAGAR (*Jatropha curcas* seed cake)

Yufidani, Bakti Jos, Siswo Sumardiono ^{*)}

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058

Abstrak

Biogas merupakan proses fermentasi dengan bantuan bakteri anaerobic untuk mengubah komponen organik menjadi gas dengan komposisi metana yang tinggi. Penggunaan tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas*) sebagai bahan baku biodiesel menyisakan masalah berupa ampas jarak pagar yang mengandung phorbol esters yang bersifat toksik. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji proses produksi biogas dari ampas jarak pagar dengan menambahkan bahan additive untuk mendapatkan rasio C/N optimum sehingga didapatkan yield biogas yang tinggi. Rasio C/N optimum dalam produksi biogas berkisar 20-30, tetapi ampas jarak pagar hanya memiliki angka C/N 9/1, sehingga perlu ditambahkan sumber karbon agar mencapai rasio C/N optimum. Sumber karbon yang ditambahkan yaitu sekam padi dan limbah tapioka. Proses produksi biogas dari ampas jarak pagar ini menggunakan 3 variabel berubah, yaitu: jumlah padatan ampas jarak pagar, penambahan sekam padi, dan penggunaan limbah tapioka sebagai solvent. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa komposisi biodigester optimum yakni ampas jarak pagar 6% w/v, sekam padi 3% w/v, bakteri rumen 10%v/v, dan air. Yield biogas yang dihasilkan mencapai 0,163 m³/kg total padatan.

Kata kunci: biogas; ampas jarak pagar; rasio C/N; sekam padi; limbah tapioka

Abstract

Biogas is a fermentation process using anaerobic bacteria to convert organic compounds into gas with high composition of methane. Use of *jatropha curcas* as a biodiesel's resources remains a problems, seed cake of *jatropha curcas* contains phorbol esters that is toxic. This research focused on getting an optimum yield of biogas production from *jatropha curcas* seed cake using additive material to reach optimum C/N ratio. Optimum C/N ratio on biogas production was range 20-30, but *jatropha curcas* seed cake had C/N ratio about 9/1, so it needs to be added carbon source in order to achieve optimum C/N ratio. Carbon sources that added were paddy straw and tapioca wastewater as a solvent. Process of biogas production in this research use 3 variables, that are the number of *jatropha* seed cake total solid, the addition of paddy straw, and using tapioca wastewater as solvent. The result showed that the optimum composition in biodigester was *jatropha* seed cake 6% w/v, paddy straw 3% w/v, ruminant bacteria 10% v/v, and water as solvent. The yield of biogas reached 0,163 m³/kg total solid.

Keywords: biogas; *jatropha curcas* seed cake; C/N ratio; paddy straw; tapioca wastewater

1. Pendahuluan

Energi merupakan komponen yang sangat penting dan krusial bagi hidup manusia sehingga penggunaannya pun selalu mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan penduduk dan meningkatnya kesejahteraan (Makkar dkk, 2008). Indonesia sebagai negara dengan jumlah penduduk terbanyak keempat dunia tergolong negara yang tergantung pada sumber energi fosil, terutama minyak bumi dan gas bumi yang merupakan jenis energi tidak terbarukan. Penggunaan energi dari minyak dan gas bumi yang terus mengalami peningkatan 2,9% dari tahun ke tahun menimbulkan kekhawatiran cadangan minyak dan gas bumi akan habis dalam jangka waktu 12 tahun (Silitonga dkk, 2009). Usaha-usaha penghematan dan penganeekaragaman pemakaian energi yang ditunjang dengan regulasi dan partisipasi dari semua elemen bangsa diharapkan mampu menjawab tantangan kelangkaan energi di masa yang akan datang.

Biodiesel yang diproduksi dari sumber alami menjadi salah satu sumber energi alternatif yang diminati (Chen dkk, 2009). *Jatropha curcas* L. menjadi bahan baku biodiesel yang paling ideal karena merupakan



tanaman tropis yang mudah didapat, memiliki kandungan minyak nabati yang tinggi, dan tidak berkompetisi sebagai bahan pangan (Xiao dkk, 2011). Hal yang patut disayangkan adalah penggunaan *Jatropha curcas* L sebagai bahan baku biodiesel menyisakan masalah, yakni ampas dari *Jatropha curcas* L. mengandung phorbol esters yang bersifat toksik. Ampas pada jarak pagar yang dibuang tersebut menumpuk dan mencemari lingkungan ini bisa diolah sebagai bahan baku biogas.

Kandungan karbohidrat dan protein yang ada di dalam ampas jarak pagar bisa menjadi sumber utama dari produksi biogas (Jingura, 2010). Permasalahan yang dihadapi pada proses pembuatan biogas dari ampas jarak pagar adalah kandungan nitrogen yang tinggi sehingga rasio perbandingan C/N kecil, yaitu 9:1. Rasio perbandingan C/N optimum proses pembuatan biogas berkisar 20:1 sampai 30:1. Untuk meningkatkan nilai C/N perlu ditambahkan sumber karbon. Oleh karena itu, diperlukan suatu penelitian untuk menentukan komposisi campuran biodigester yang optimum dari proses produksi biogas dari ampas jarak pagar sehingga didapatkan yield biogas yang tinggi. Penelitian ini mengkaji beberapa pengaruh variasi variabel berupa jumlah total padatan ampas jarak pagar, penambahan sekam padi sebagai sumber karbon, dan penggunaan limbah tapioka sebagai solvent.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Material:

Bahan yang digunakan adalah ampas jarak pagar, bakteri rumen, sekam padi, limbah tapioka, air, dan NaOH.

Metode penelitian:

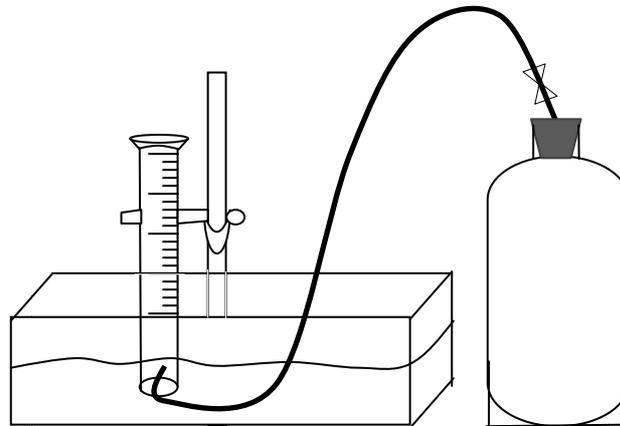
Proses pembuatan biogas dimulai dengan menumbuk ampas jarak pagar hingga halus, kemudian mencampurkan komposisi substrat, bakteri rumen dan solvent sesuai variabel biodigester masing-masing pada tabel 1, sehingga akan terbentuk slury dengan volume 1000 ml. Atur pH slury tersebut pada pH netral (pH 7) dengan menambahkan NaOH 1 N pada slury. Setelah netral, maka masukan slury ke dalam biodigester. Proses anaerobic digestion dilakukan hingga biogas telah berhenti diproduksi biodigester. penelitian akan diukur volume

| Variabel | Jarak pagar | Bakteri Rumen | Sekam Padi | Limbah Tapioka | Air |
|------------|-------------|---------------|------------|----------------|-----|
| TANGKI I | 60 gr | 100 ml | - | - | √ |
| TANGKI II | 90 gr | 100 ml | - | - | √ |
| TANGKI III | 60 gr | 100 ml | - | √ | - |
| TANGKI IV | 60 gr | 100 ml | 20 gr | - | √ |
| TANGKI V | 60 gr | 100 ml | 30 gr | - | √ |
| TANGKI VI | 60 gr | 100 ml | 20 gr | √ | - |

dalam Pada ini laju

pembentukan biogas pada tiap tangki secara harian. Metode pengukuran volume biogas yang digunakan adalah dengan metode water displacement seperti pada gambar 1, kemudian pH juga akan diukur secara harian dengan pH meter.

Tabel 1. Variasi Komposisi Campuran Biodigester Tiap Tangki

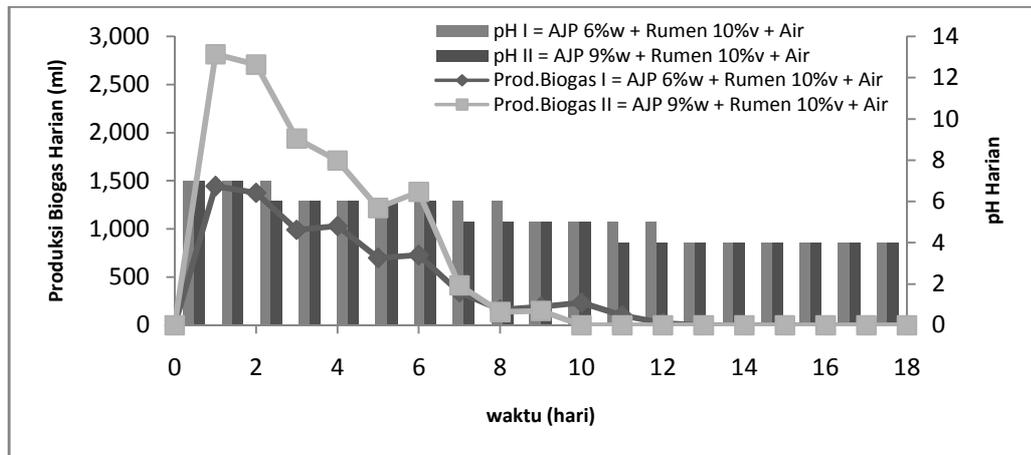


Gambar 1 Rangkaian Alat Anaerobik Biodigester dengan Water Displacement Technique

3. Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Total Padatan Ampas Jarak Pagar

Dalam hal ini akan dibandingkan antara tangki I dan II, keduanya mendapatkan perlakuan yang sama kecuali jumlah ampas jarak pagar yang berbeda, dimana tangki I memiliki ampas jarak pagar sebanyak 6% w/v atau 60 gram, sedangkan tangki II 9% w/v atau 90 gram. Perbedaan karakteristik kedua tangki akan ditampilkan pada Gambar 2 berikut

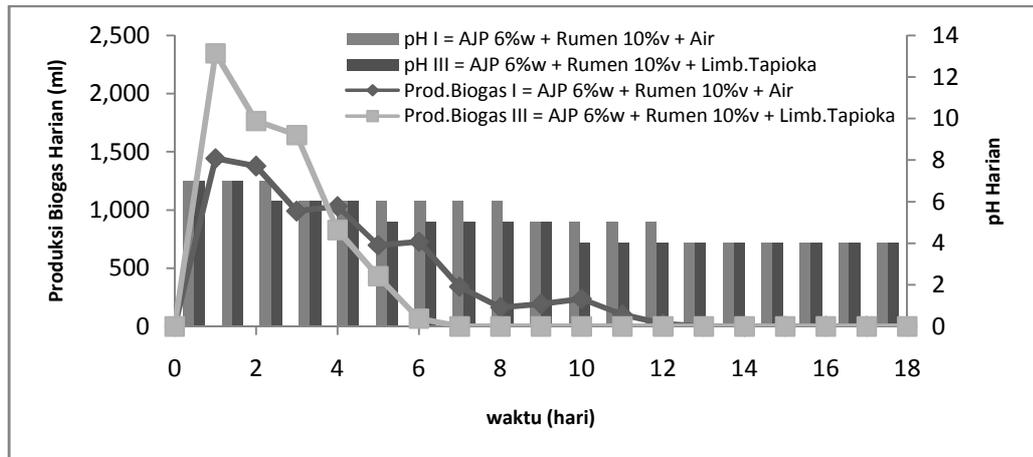


Gambar 2. Perbandingan Karakteristik Hasil Percobaan Tangki I dan Tangki II

Dari gambar 2. dapat dilihat bahwa tangki I mampu menghasilkan biogas hingga hari kesebelas, sedangkan tangki II hanya mampu menghasilkan biogas hingga hari kesembilan. Hal ini erat kaitannya dengan pH harian dimana tangki II mengalami kecenderungan penurunan pH yang lebih cepat daripada tangki I. Pada tangki II diberikan *initial feed* yang lebih berat yang menyebabkan bakteri pembentuk asam akan dengan cepat membentuk asam. Suasana pH yang rendah mengakibatkan mikroorganisme cenderung *inactive*, termasuk bakteri methanogenic (Vicenta dkk, 1984). Namun total kumulatif produksi biogas tangki II lebih tinggi daripada tangki I dimana masing-masing mencapai volume gas 12474 ml dan 7320 ml. Semakin banyak total padatan ampas jarak pagar menunjukkan semakin banyak material organik yang akan dikonversi oleh bakteri menjadi biogas, sehingga akan memberikan laju produksi biogas yang lebih tinggi (Raheman dkk, 2012).

Pengaruh Penggunaan Limbah Tapioka Sebagai Solvent

Penggunaan limbah tapioka dalam campuran biodigester dimaksudkan sebagai substitusi air yang juga dimaksudkan pemanfaatan limbah tapioka *from waste to product*. Selain itu, limbah tapioka juga mempunyai C/N yang cukup tinggi yakni sekitar 86/1. Pada Gambar 3 akan dibandingkan karakteristik hasil percobaan tangki I dan III untuk mengetahui pengaruh limbah tapioka sebagai solvent dalam biodigester.

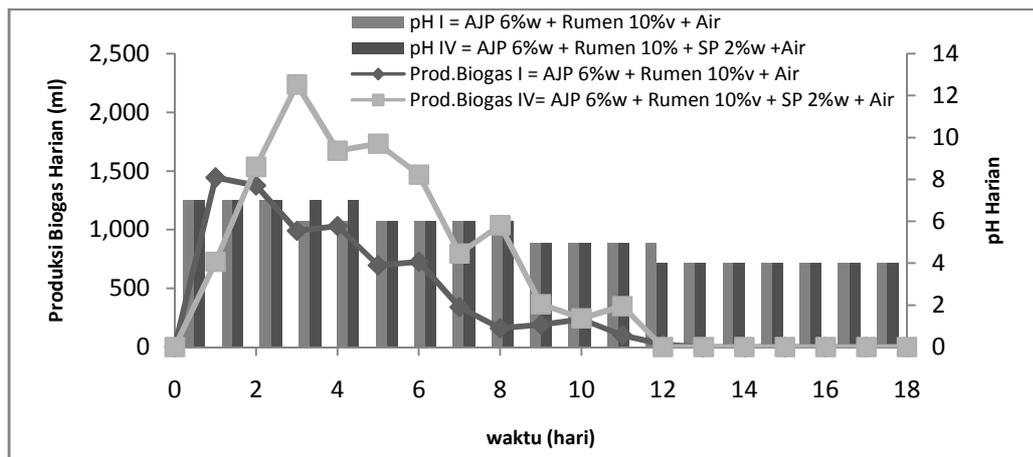


Gambar 3. Perbandingan Karakteristik Hasil Percobaan Tangki I dan Tangki III

Secara overall, laju produksi biogas yang dihasilkan tangki III justru lebih rendah daripada tangki I, hal ini bisa dilihat jumlah kumulatif volume biogas yang dihasilkan tangki III hanya mencapai 7080 ml sedangkan tangki I mampu menghasilkan biogas hingga 7320 ml. Dari pengamatan pH harian, terlihat bahwa campuran biodigester tangki III memiliki kecenderungan penurunan angka pH yang lebih cepat dari tangki I. Hal ini disebabkan karena dalam limbah tapioka mengandung komponen berupa *volatil fatty acid* dan *organic acid* yang relatif cukup tinggi yang berpengaruh signifikan terhadap penurunan pH yang drastis dalam biodigester (Heo dkk, 2003). Penurunan pH drastis dalam biodigester tangki III mengindikasikan bahwa terjadi proses pengasaman dalam limbah tapioka disebabkan karena adanya produksi asam laktat (Gijzen dkk, 2000). Penurunan pH yang cukup cepat menyebabkan bakteri methanogenesis tidak dapat bekerja secara optimal, sebab bakteri tersebut mampu bekerja optimum pada pH netral.

Pengaruh Penambahan Sekam Padi Sebagai Sumber Karbon

Pada tangki IV ditambahkan sekam padi 2% w/v (20 gram) untuk membuat kondisi campuran biodigester memiliki nilai C/N sekitar 20/1, sedangkan pada tangki I tidak ditambahkan sekam padi sehingga kondisi campuran biodigester memiliki angka C/N pada kisaran 9/1. Perbedaan karakteristik percobaan tangki I dan IV akan ditampilkan pada Gambar 4 berikut



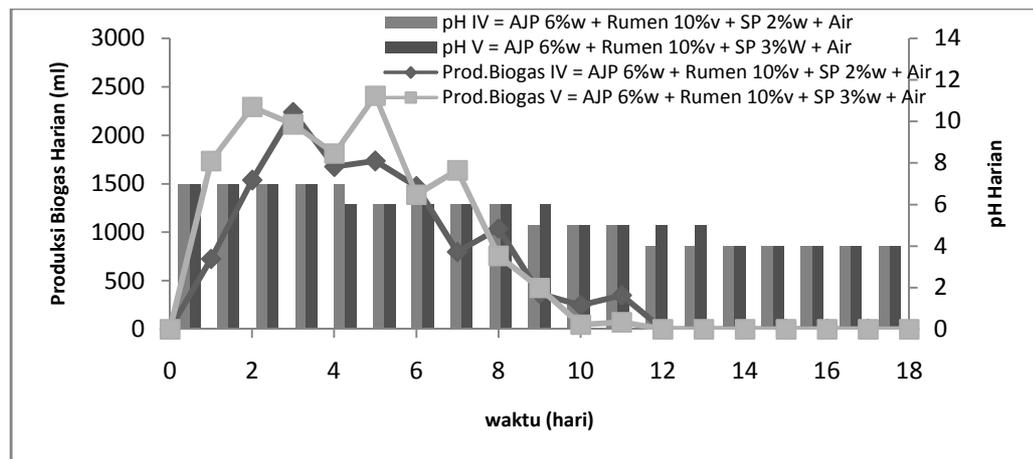
Gambar 4. Perbandingan Karakteristik Hasil Percobaan Tangki I dan tangki IV

Rasio C/N (carbon to nitrogen) merupakan salah satu parameter yang penting dalam proses optimalisasi laju pembentukan biogas. Rasio C/N dalam umpan biodigester memiliki pengaruh cukup signifikan, hal ini dikarenakan berkaitan dengan produktifitas bakteri yang bekerja dalam pembentukan biogas. Ketika jumlah nitrogen yang terlalu tinggi (C/N rendah) dapat menyebabkan toksisitas, tetapi jumlah nitrogen yang terlalu kecil (C/N) dapat mengganggu kecepatan penguraian molekul kompleks (Yadav dkk, 2004). Dari gambar 4 dapat dilihat laju produksi biogas tangki IV lebih tinggi dari tangki I dimana jumlah kumulatif biogas masing-

masing 12174 ml dan 7320 ml. Pada tangki IV dilakukan penambahan sekam padi 20 gram untuk mencapai rasio C/N campuran sekitar 20/1 dimana rasio C/N optimum dalam pembentukan biogas berkisar 20-30.

Pengaruh Perbedaan Jumlah Penambahan Sekam Padi

Perbedaan pada tangki IV dan V yakni pada jumlah sekam padi yang ditambahkan pada campuran awal biodigester. Hal ini berakibat pada perbedaan rasio C/N pada kedua tangki. Pada tangki IV yang ditambahkan 2% w (20 gram) sekam padi memiliki rasio C/N sekitar 20, sedangkan pada tangki V yang ditambahkan 3% w (30 gram) sekam padi memiliki angka rasio C/N sekitar 25.

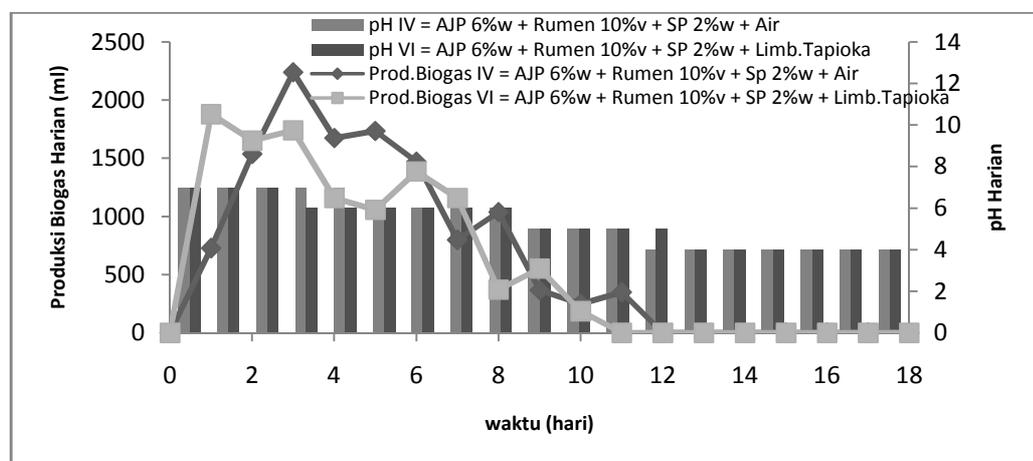


Gambar 5 Perbandingan Karakteristik Hasil Percobaan Tangki IV dan Tangki V

Kedua tangki ini sebenarnya memiliki rasio C/N yang berada pada range C/N yang optimum, yakni pada range 20-30 (Weiland, 2006). Tetapi tetap terjadi perbedaan produktifitas pada kedua tangki. Dari gambar 5 dapat dilihat bahwa tangki V berhenti menghasilkan biogas pada hari ke-11 sedangkan pada tangki IV pada hari ke-12, namun jumlah kumulatif produksi biogas yang dihasilkan tangki V lebih tinggi daripada tangki IV, yakni masing-masing 14682 ml dan 12174 ml. Ratio C/N lebih spesifik yakni sekitar 22-25 dianggap rasio optimum yang terbaik dalam proses digestion anaerobik karena dianggap rasio yang menunjukkan ratio keseimbangan nutrient yang terbaik (Guermod dkk, 2009).

Pengaruh Kombinasi Penambahan Sekam Padi dan Penggunaan Limbah Tapioka

Kedua tangki memiliki campuran komposisi biodigester berupa ampas jarak pagar 6%w, bakteri rumen 10%v, dan sekam padi 2%w, tetapi perbedaannya pada solvent yang digunakan, yakni pada tangki VI menggunakan limbah tapioka, sedangkan pada tangki IV menggunakan air.

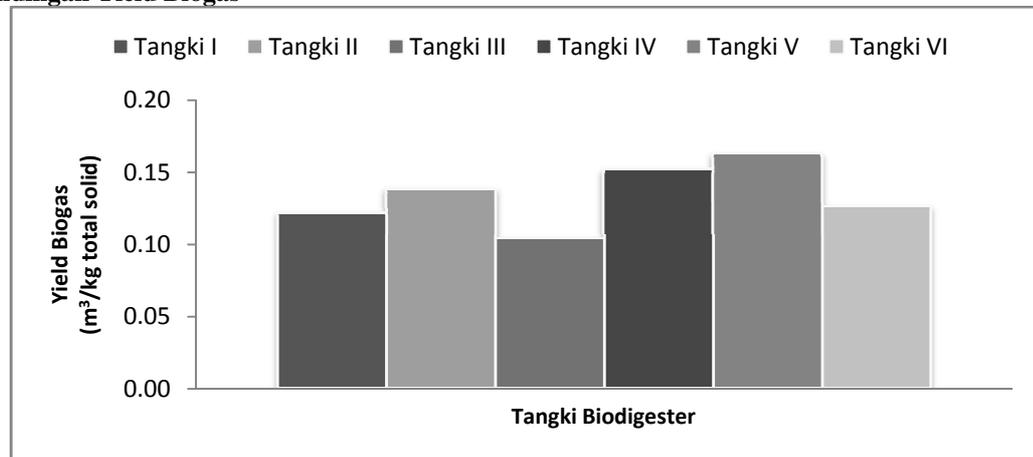


Gambar 6. Perbandingan Karakteristik Hasil Percobaan Tangki IV dan Tangki VI

Dari Gambar 6 dapat terlihat laju produksi biogas kedua tangki fluktuatif yang cenderung berimbang namun tangki IV memiliki jumlah kumulatif biogas yang lebih banyak dari tangki VI. Tangki IV berhenti menghasilkan biogas pada hari ke-12 sedangkan tangki VI pada hari ke-11. Volume kumulatif biogas tangki

IV dan VI masing-masing 12174 ml dan 11136 ml. Penggunaan limbah tapioka sebagai solvent dalam campuran biodigester tangki VI justru menunjukkan dampak negatif terhadap laju produksi biogas yang dihasilkan. Hal ini erat kaitannya dengan besarnya pengaruh limbah tapioka terhadap angka pH harian biodigester yang cenderung mudah menjadi asam.

Perbandingan Yield Biogas



Gambar 7 Perbandingan Yield Produksi Biogas Semua Tangki

Dari Gambar 7 terlihat bahwa tangki V memiliki yield biogas tertinggi dibandingkan tangki-tangki lain, yakni 0,163 m³/kg total solid. Sedangkan tangki III memiliki yield paling rendah yakni sekitar 0,104 m³/kg total solid. Hal ini menunjukkan bahwa faktor rasio C/N memiliki peran yang besar dalam produksi biogas. Penambahan sekam pada tangki V memberi tambahan sumber karbon untuk dikonversi menjadi biogas dan cenderung menstabilkan pH harian dalam tangki, sehingga bakteri dapat bekerja secara aktif.

Tangki III memiliki yield biogas paling rendah karena proses hidrolisis yang terhambat. Perbedaan perlakuan yang berbeda dari tangki III yang menggunakan limbah tapioka sebagai pelarut dibandingkan dengan tangki I yang menggunakan air sebagai pelarut. Limbah tapioka sebagai pelarut memiliki komposisi 65% air disertai dengan tambahan komponen organik seperti pati, protein dan lemak (Potter, 1990). Dalam kasus ini, limbah tapioka sebagai pelarut dinilai tidak maksimal dalam memecah komponen-komponen organik menjadi monomer-monomernya karena komposisi air yang kurang (Deublin, 2008). Akibatnya, proses pembentukan biogas sendiri tidak maksimal dan yield biogas yang dihasilkan rendah.

4. Kesimpulan

Jumlah ampas jarak pagar yang semakin banyak akan menghasilkan laju produksi yang tinggi tetapi akan lebih cepat berhenti menghasilkan biogas karena kecenderungan penurunan pH yang lebih cepat. Pada penggunaan limbah tapioka sebagai solvent berpengaruh negatif terhadap laju produksi biogas disebabkan proses hidrolisis senyawa kompleks menjadi lebih lambat dan memicu terbentuknya asam laktat yang mengakibatkan pH biodigester menurun signifikan. Penambahan sekam padi pada biodigester memberi tambahan sumber karbon untuk mencapai range C/N biodigester 20-30 dan cenderung menstabilkan pH harian dalam tangki, sehingga bakteri dapat bekerja secara aktif untuk menghasilkan biogas. Komposisi biodigester optimum dalam produksi biogas yakni ampas jarak pagar 6% w/v, sekam padi 3% w/v, bakteri rumen 10% v/v, dan air. Yield biogas yang dihasilkan mencapai 0,163 m³/kg total padatan.

Daftar Pustaka

Chen, C.H.; Chen, W.H.; Chang, C.J.; Lai, S. and Tu, C. 2009. "Biodiesel Production from Supercritical Carbon Dioxide Extracted Jatropha Oil Using Subcritical Hydrolysis and Supercritical Methylation". Taichung : National Chung Hsing University, National Yunlin University, Providence University.

Deublein, D. and Steinhauser, A. 2008. Biogas from Waste and Renewable Resources. New York : John Wiley & Sons, Inc.

Gijzen, H.J.; Bernal, E.; dan Ferrer, H. 2000. "Cyanide Toxicity and Cyanide Degradation in Anaerobic Wastewater Treatment". Water res. 34 (9), 2447, 2545.



Guermoud, N.; Ouaginia, F.; Avdelmalek, F.; Taleb, F.; dan Addou, A. 2009. "Municipal Solid Waste in Mostagnem City (Western Algeria)". *Waste Manage.* 29, 896-902.

Heo, N.H.; Park, S.C.; Lee, J.S.; dan Kang, H. 2003. "Solubilization of waste activated sludge by alkaline pretreatment and biochemical methane potential (bmp) test for anaerobic co-digestion of municipal organic waste". *Water Sci. Technol* 48(8):211-9.

Jingura, R.M.; Musademba, D. and Matengaifa, R. 2010. "An Evaluation of Utility of *Jatropha curcas* L. as A Source of Multiple Energy Carriers". Chinhoyi : Chinhoyi University of Technology, Research Directorate

Makkar, H.P.S. and Becker, K. 2008. "Jatropha curcas, A Promising Crop for The Generation of Biodiesel and Value-added Coproducts". Stuttgart : University of Hohenheim.

Potter, C., diterjemahkan oleh Kartikasari, S.W. 1990. *Limbah Cair Berbagai Industri di Indonesia, Sumber Pengendalian dan Baku Mutu*, Project of Ministry of State for Environment. Canada : Republic Indonesia and Danchovsie University

Raheman, H. dan Mondal, S. 2012. "Biogas Production Potential of *Jatropha* Seed Cake". Kharagpur : Agricultural and Food Engineering Department, Indian Institute of Technology.

Silitonga, A.S.; Atabani, A.E.; Mahlia, T.M.I.; Masjuki, H.H.; Badruddin, I.A. dan Mekhilef, S. 2011. "A Review on Prospect of *Jatropha curcas* for Biodiesel in Indonesia". Kuala Lumpur : Universiti Malaya.

Vicenta, M.; Pacheco, G.; Alamis, M. L. A.; Anglo, P. G.; Tan, B. V.; dan Silverio, C. M. 1984. "A Study of Some Factors Affecting Biogas Production from Pineapple Peelings", In Bidin R., Chong C.N. and Wang C. W. (eds), *Proceeding of the Second ASEAN Workshop on Biogas Technology Applied in the Management and Utilization of Food Waste Materials* (pp. 189-202), Kuala Terengganu, Malaysia.

Weiland, P. 2006. State of The Art of Solid-State Digestion- Recent Developments. In: Roshtoffe, F.N. (Ed). *Solid-State Digestion-State of The Art and Further R&D Requirements*, Vol. 24, *Gulzowerr Fachgesprache*, pp. 22-38

Xiao, J.; Zhang, H.; Niu, L.; Wang, X. and Lu, X. 2011. "Evaluation of Detoxification Methods on Toxic and Antinutritional Composition and Nutrition Quality of Proteins in *Jatropha curcas* Meal". Tianjin : Laboratory of Food Science and Technology in Jiangnan University.

Yadav, Y.; Santose, S.; Sreekrishnan, T.R.; Kohli, S.; dan Rana, V. 2004. " Enhancement of biogas production from solids substrat using different technique – a review". *Bioresour Technol* ;95;1-10.