

Pengaruh Perbandingan Eceng Gondok dan Air Terhadap pH, Alkalinitas, dan Total Asam Volatil Pada Produksi Biohidrogen Secara Fermentasi Anaerob Tahap Asidogenesis

Devita Ulfa Sari¹, Adrianto Ahmad², Sri Rezeki Muria²

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Jl. HR Soebrantas Kampus Bina Widya Km. 12,5 Panam, Pekanbaru

²Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Jl. HR. Soebrantas Kampus Bina Widya Km. 12,5 Panam, Pekanbaru
Email: adri@unri.ac.id

ABSTRACT

Water hyacinth is one of aquatic weeds that commonly found in water and it grows very fast. Water hyacinth contains fermentable material, named cellulose and hemicellulose and it can be potentially used as a material for bioenergy as biohydrogen. Biohydrogen was produced from water hyacinth using microorganism derived from cow manure by anaerobic batch fermentation. This research was originally purposed to produce biohydrogen and to determine the optimum water hyacinth to water ratio in their impacts on pH, alkalinity, and volatile fatty acid. Biohydrogen production occurred in three steps: seeding, acclimatization, and anaerobic batch fermentation. Water hyacinth to cow manure ratio was 75%: 25%. Anaerobic fermentation was carried out with variations of water hyacinth to water ratio 1:2, 1:3, 1:4 and 1:5 at initial pH 6 and mesophilic temperature. The most optimum water hyacinth to water ratio in this study was 1:2 with 3.45% biohidrogen product of total biogas.

Keywords: anaerobic batch fermentation, biohydrogen, cow manure, water hyacinth

1. Pendahuluan

Didalam perut bumi wilayah Indonesia terkandung berbagai jenis SDA seperti batu bara, tembaga, nikel, pasir besi, biji timah, dan lainnya, tak terkecuali minyak mentah dan gas bumi. Khusus untuk minyak mentah, Indonesia dapat dikatakan sebagai negara produsen minyak. Berdasarkan data dari BP Global [2014], Indonesia pernah berhasil memproduksi minyak mentah di atas 61,6 juta ton per tahun selama periode 1973 hingga 2002 dengan pencapaian tertinggi tahun 1977 dengan produksi 84,9 juta ton. BP Global [2014] mencatat bahwa Indonesia mampu memproduksi minyak mentah sekitar 42,7 juta ton pada tahun 2013 dan menempati posisi kedua sebagai negara produsen minyak mentah terbesar di Asia Pasifik setelah China

yang mencapai 208,1 juta ton. Kini, produksi minyak mentah Indonesia semakin menurun. Dalam beberapa tahun terakhir, dari tahun 2003 hingga 2013, produksi minyak mentah Indonesia di kisaran 50 juta ton per tahun.

Berbeda dengan produksi minyak mentah, seiring dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi dan jumlah penduduk, konsumsi BBM di Indonesia semakin lama semakin meningkat. Penggunaan BBM yang semakin meningkat tentunya tidak bisa diimbangi dengan ketersediaannya di bumi mengingat minyak bumi merupakan salah satu sumber daya yang tidak dapat diperbaharui. Maka, sangat dibutuhkan alternatif lain yang dapat digunakan

sebagai sumber energi baru serta ramah lingkungan.

Salah satu sumber energi alternatif yang belum optimal digunakan adalah biohidrogen [Amelia,2012]. Biohidrogen merupakan energi baru dan terbarukan yang diharapkan dapat menjawab keterbatasan energi fosil. Hidrogen adalah sumber energi yang dikenal sebagai sumber energi ramah lingkungan dan efisien karena dari proses pembakarannya di udara menghasilkan uap air dan energi panas sehingga tidak memberi efek negatif lain dalam penggunaannya, misalnya seperti penipisan lapisan ozon dan hujan asam [Widyastuti, 2011]. Biohidrogen adalah hidrogen yang diproduksi melalui proses biologis atau dari biomassa [Habibi, 2009]. Biohidrogen dapat diproduksi oleh mikroba melalui dua cara, yaitu perubahan secara fotobiologis dan melalui teknik fermentasi [Sirait, 2007]. Metode yang cocok digunakan untuk produksi biohidrogen adalah dengan menggunakan metode fermentasi anaerobik dengan memanfaatkan biomassa atau limbah biomassa cair dan agen mikroba anaerobik [Benneman, 1997].

Pada prinsipnya biomassa gulma berpotensi sebagai bahan untuk pembuatan bioenergi, seperti biogas, dan bioetanol [Trihadiningrum dkk., 2008]. Eceng gondok merupakan salah satu gulma akuatik yang sangat potensial untuk digunakan sebagai bahan organik karena berdasarkan hasil analisis di laboratorium mengandung antara lain: 1,681% N; 0,275% P; 14,286% K; 37,654% C, dengan nisbah C/N 22,399. Disamping itu eceng gondok memiliki banyak kandungan materi yang dapat berfermentasi, yaitu hemiselulosa dan selulosa [Gunnarsson dan Petersen, 2007]. Kandungan lignin, selulosa, dan hemiselulosa eceng gondok dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Eceng Gondok

| Komponen | %berat |
|--------------|---------|
| Selulosa | 17,8-31 |
| Hemiselulosa | 22-43,3 |
| Lignin | 7-26,36 |

Sumber: Gunnarsson dan Petersen [2007]

Sumber mikroorganisme yang digunakan berasal dari kotoran sapi. Kotoran sapi adalah limbah peternakan berupa sisa hasil pencernaan sapi. Kotoran sapi mengandung banyak selulosa dan lignin. Hal tersebut menyebabkan kotoran sapi sangat baik digunakan sebagai bahan dasar pembuatan biohidrogen [Gunawan, 2013]. Selain memiliki kandungan bahan organik, didalam kotoran sapi terdapat bakteri jenis konsorsium yaitu *Clostridium sp*, *C. butyricum* dan *C. sporogenes* [Ahmad, 2001].

Pada penelitian ini dilakukan produksi biohidrogen melalui fermentasi anaerob secara *batch* dengan substrat eceng gondok menggunakan mikroorganisme pada kotoran sapi. Adapun fokus penelitian ini adalah menentukan perbandingan eceng gondok dan air (1:2, 1:3, 1:4, dan 1:5) yang optimum untuk mengkaji banyaknya jumlah biohidrogen yang terbentuk dan pengaruhnya terhadap pH, alkalinitas, dan total asam volatil.

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah eceng gondok dan kotoran sapi. Dan alat yang digunakan adalah digester biohidrogen anaerob tipe *batch feeding*, pH meter, gelas ukur 2 L, selang, dan wadah penampung.

2.2 Prosedur Penelitian

2.2.1 Tahap Pembuatan Substrat Eceng Gondok

Eceng gondok diambil langsung dari Jalan Kubang Raya, Siak Hulu. Eceng gondok (batang dan daun) dicacah hingga berukuran 1-2 cm. Eceng gondok

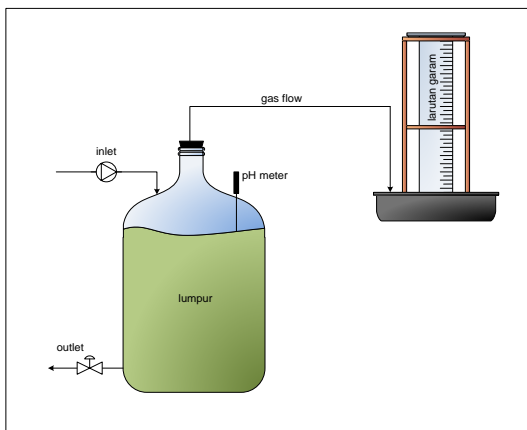
yang sudah dicacah kemudian diblender menggunakan air dengan rasio 1:3.

2.2.2 Tahap Pembuatan Ekstrak Kotoran Sapi

Kotoran sapi diambil dari Jalan Sukakarya, Panam. Kotoran sapi dicampur dengan air dengan rasio 1:1. Selanjutnya campuran tersebut diaduk hingga merata, kemudian disaring dengan menggunakan kain dan diambil filtratnya.

2.2.3 Tahap Perancangan Alat

Digester terbuat dari galon air berkapasitas 19 L. Dilengkapi dengan saluran pengeluaran sampel dan saluran pengeluaran gas berupa selang yang terhubung menuju gelas ukur sebagai tempat penampungan gas, serta terintegrasi dengan pH meter. Saluran inlet digunakan untuk tempat mengalirkan gas nitrogen dan tempat memasukkan substrat eceng gondok. Sedangkan saluran outlet digunakan untuk mengambil sampel. pH meter dimaksudkan untuk mengetahui pH sistem. Rangkaian alat digester biohidrogen anaerob dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Alat Digester Biohidrogen Anaerob

2.2.4 Tahap Pembibitan (*Seeding*)

Ekstrak kotoran sapi hasil penyaringan kemudian dicampur dengan substrat eceng gondok yang masih segar, kemudian dimasukkan kedalam digester biohidrogen anaerob. Perbandingan

substrat eceng gondok dan kotoran sapi yang digunakan, yaitu 75%:25%. Volume digester yang akan digunakan sebanyak 15 L, maka untuk mendapatkan volume tersebut ditambahkan sebanyak 1,125 L substrat eceng gondok setiap hari selama 10 hari kedalam digester yang berisi 3,75 L ekstrak kotoran sapi. Setelah didapat volume lumpur sebanyak 15 L selanjutnya dilakukan tahap aklimatisasi.

2.2.5 Tahap Aklimatisasi

Proses aklimatisasi dilakukan dengan metode buang dan isi (*fill and draw*) yaitu membuang supernatan sebanyak 1,5 L dan mengisi kembali dengan substrat eceng gondok segar sebanyak 1,5 L setiap hari. Proses aklimatisasi dihentikan pada saat produksi biogas dan VSS telah stabil (fluktuasi 10%) karena mikroorganismenya dianggap telah mampu beradaptasi.

2.2.6 Proses Fermentasi Anaerob (*Proses Batch*)

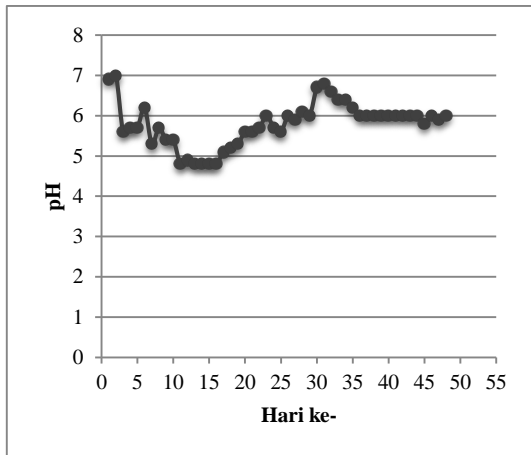
Setelah keadaan tunak pada proses aklimatisasi tercapai, selanjutnya sebanyak 25% dari volume lumpur dimasukkan masing-masing kedalam 4 buah digester. Kemudian digester diisi dengan substrat eceng gondok sesuai dengan variasi perbandingan eceng gondok dan air, yaitu 1:2, 1:3, 1:4 dan 1:5 hingga volume isinya menjadi 15 L. Proses berlangsung pada pH 6 dan anaerob. Pengambilan sampel dilakukan setiap dua hari sekali. Proses dihentikan ketika COD telah stabil (fluktuasi 10%).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Tahap Aklimatisasi

3.1.1 Perubahan pH Selama Tahap Aklimatisasi

Pada tahap aklimatisasi perlu dilakukan pengamatan terhadap pH untuk mengetahui kondisi lingkungan mikroorganismenya didalam digester. Hasil pengukuran pH selama aklimatisasi dapat dilihat pada Gambar 2.

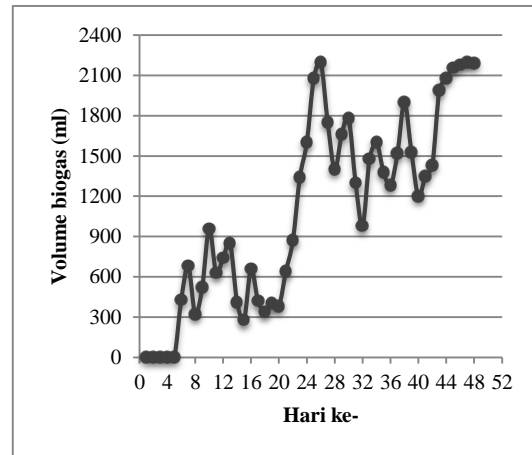


Gambar 2. Perubahan pH Selama Tahap Aklimatisasi

Gambar 2 menunjukkan bahwa proses aklimatisasi berlangsung pada rentang pH 4,8-7. Dari hari pertama hingga hari ke-16 terjadi penurunan pH hingga 4,8. Adegunloye dkk. [2013] menyebutkan bahwa terjadinya kenaikan dan penurunan kondisi pH selama aklimatisasi disebabkan karena adanya aktivitas mikroorganisme dalam memproduksi asam organik. Untuk menjaga pH sistem tetap berada pada rentang pH pembentukan bihidrogen (pH 5,8-6,2), maka dilakukan pengkondisian pH dengan cara menambahkan larutan NaOH 3 N jika pH sistem terlalu asam atau menambahkan larutan HCl 3 N jika pH sistem terlalu basa [Habibi, 2009]. Nilai perubahan pH sistem relatif konstan setelah hari ke-36, yaitu berkisar antara 5,8-6. Pada rentang pH tersebut diperkirakan mikroorganisme anaerob yang terdapat didalam sistem dapat berkembang dengan optimum mengingat kondisi lingkungan optimum bakteri asidogen adalah pH 5,8-6,2 [Ahmad, 2001].

3.1.2 Produksi Biogas Selama Tahap Aklimatisasi

Grafik pembentukan biogas pada tahap aklimatisasi dapat dilihat pada Gambar 3.



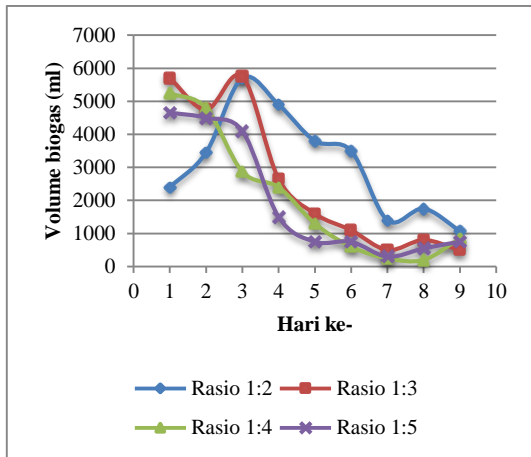
Gambar 3. Produksi Biogas Selama Tahap Aklimatisasi

Gambar 3 menunjukkan bahwa biogas tahap aklimatisasi mulai terbentuk pada hari ke-6, yaitu sebanyak 430 ml, dan produksi biogas hingga hari ke-22 cenderung sedikit. Sedikitnya gas yang terbentuk diakibatkan rendahnya nilai pH didalam digester sehingga dapat menghambat aktivitas mikroorganisme [Ahmad, 1992]. Pada hari ke-23, produksi gas mulai meningkat dan terus berfluktuasi hingga mencapai kondisi stabil pada hari ke-43. Peningkatan ini menunjukkan bahwa proses biodegradasi bahan organik menjadi biogas berlangsung dengan baik [Putra, 2010]. Rata-rata produksi biogas pada tahap aklimatisasi adalah 1106 ml.

3.2 Tahap Fermentasi

3.2.1 Produksi Biogas Selama Tahap Fermentasi

Tahap fermentasi merupakan tahap lanjutan setelah aklimatisasi tercapai. Pengukuran terhadap jumlah biogas yang terbentuk dilakukan pada masing-masing rasio. Produksi biogas pada tahap fermentasi dapat dilihat pada Gambar 4.

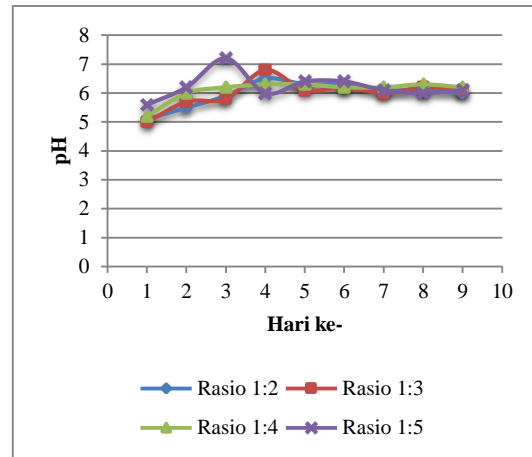


Gambar 4. Produksi Biogas Selama Tahap Fermentasi

Gambar 4 menunjukkan bahwa jumlah biogas yang terbentuk selama tahap fermentasi semakin lama relatif semakin menurun. Penurunan jumlah biogas yang terbentuk disebabkan oleh semakin berkurangnya jumlah substrat. Semakin berkurangnya jumlah substrat maka semakin rendah jumlah gas yang dihasilkan, sehingga hanya sedikit pula senyawa organik yang dapat didegradasi [Ahmad dkk., 2000]. Rata-rata produksi gas pada digester dengan rasio 1:2, 1:3, 1:4, dan 1:5 masing-masing sebanyak 3108,9, 2594,4, 2057,8 dan 1983,3 ml. Produksi gas terbanyak dihasilkan oleh rasio 1:2 karena jumlah substrat yang digunakan pada variabel tersebut lebih banyak diantara variabel lainnya. Volume gas yang dihasilkan akan semakin banyak seiring dengan semakin banyaknya jumlah substrat yang digunakan [Yonathan dkk., 2013].

3.2.2 Perubahan pH Selama Tahap Fermentasi

Perubahan nilai pH selama tahap fermentasi *batch* anaerob berlangsung dapat dilihat pada Gambar 5.

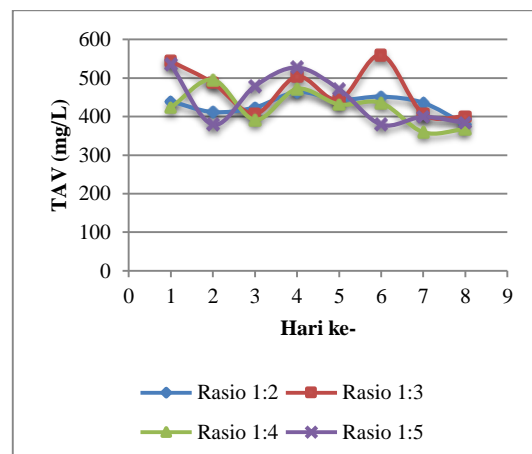


Gambar 5. Perubahan pH Selama Tahap Fermentasi

Gambar 5 memperlihatkan bahwa kondisi pH sistem pada masing-masing rasio relatif konstan. Derajat keasaman yang optimum dalam pembentukan biohidrogen berkisar antara 5,8-6,2 [Ahmad, 2001]. Rata-rata nilai pH selama tahap fermentasi pada digester dengan rasio 1:2, 1:3, 1:4 dan 1:5 adalah 5,9, 5,9, 6,1 dan 6,2. Rata-rata nilai pH yang didapat masih dalam rentang pH optimum pembentukan biohidrogen.

3.2.3 Konsentrasi Total Asam Volatil Selama Tahap Fermentasi

Perubahan konsentrasi asam volatil selama tahap fermentasi *batch* anaerob disajikan dalam Gambar 6.



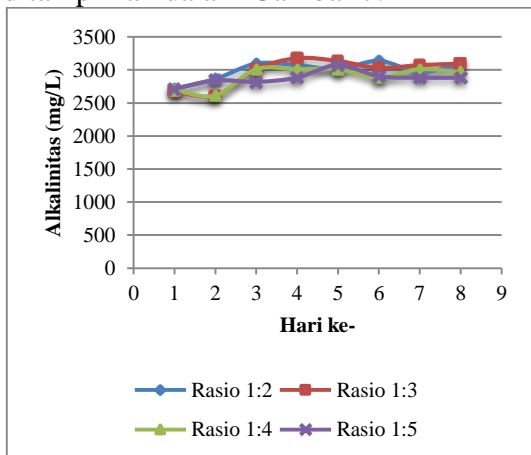
Gambar 6. Konsentrasi Total Asam Volatil Selama Tahap Fermentasi

Gambar 6 menunjukkan bahwa konsentrasi asam volatil pada masing-masing rasio fluktuatif namun relatif

semakin menurun pada akhir proses. Penurunan konsentrasi asam-asam volatil ini terjadi akibat asam-asam volatil yang terbentuk mampu disangga oleh unsur alkali pada sistem, sehingga menjaga kondisi pH tidak terlalu asam [Ahmad, 1992]. Rata-rata konsentrasi asam volatil yang terbentuk pada rasio 1:2, 1:3, 1:4 dan 1:5 masing-masing adalah 431,07, 469,03, 422,08 dan 444,56 mg/L. Menurut Ahmad [1992], kondisi optimum konsentrasi asam-asam volatil pada proses fermentasi berlangsung pada rentang 50-500 mg/L dan ekstrim pada konsentrasi 2000 mg/L. Rata-rata konsentrasi asam volatil yang didapat masih berada pada rentang optimum proses fermentasi.

3.2.4 Konsentrasi Alkalinitas Selama Tahap Fermentasi

Perubahan konsentrasi alkalinitas selama tahap fermentasi *batch* anaerob ditampilkan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Konsentrasi Alkalinitas Selama Tahap Fermentasi

Gambar 7 memperlihatkan bahwa semakin lama konsentrasi alkalinitas pada masing-masing rasio cenderung semakin meningkat. Apabila nilai konsentrasi alkalinitas jauh lebih tinggi dibandingkan nilai konsentrasi asam volatil, maka dapat dikatakan alkalinitas telah mampu menyangga atau menetralsisir asam-asam volatil yang terbentuk, sehingga dapat menjaga kondisi sistem tidak terlalu asam dan

kondisi pH dapat terjaga konstan [Ahmad, 1992]. Rata-rata konsentrasi alkalinitas pada digester dengan rasio 1:2, yaitu sebesar 2994,74 mg/L. Pada rasio 1:3, nilai rata-rata alkalinitas berkisar pada 2976,32 mg/L. Dan pada rasio 1:4 dan 1:5, nilai rata-rata alkalinitas berkisar pada 2900 mg/L dan 2876,32 mg/L. Menurut Ahmad [1992], kondisi optimum konsentrasi alkalinitas pada proses fermentasi berlangsung pada rentang 2000-3000 mg/L dan ekstrim pada konsentrasi 1000-5000 mg/L. Konsentrasi keempat variabel rasio diatas masih berada dalam kisaran kondisi optimum.

3.3 Produksi Biohidrogen

Sampel gas dianalisa menggunakan Kromatografi Gas di Laboratorium Pengujian Bioteknologi, LIPI Pusat Penelitian Bioteknologi, Cibinong, Bogor. Persentase biohidrogen yang terdapat dalam sampel gas dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Persentase Biohidrogen dalam Sampel

| Sampel | Kadar BioH ₂ (%) |
|-----------|-----------------------------|
| Rasio 1:2 | 3,45 |
| Rasio 1:3 | 1,87 |
| Rasio 1:4 | 1,81 |
| Rasio 1:5 | 1,53 |

Dari Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa komposisi gas biohidrogen terbesar terdapat pada sampel gas dengan variasi rasio eceng gondok terhadap air 1:2, yaitu sebanyak 3,45%. Hal ini disebabkan oleh banyaknya jumlah substrat yang digunakan pada rasio 1:2 jika dibandingkan dengan ketiga variabel lainnya. Menurut Yonathan dkk. [2013], volume gas yang dihasilkan akan semakin banyak seiring dengan semakin banyaknya jumlah substrat yang digunakan.

Dengan adanya pengontrolan kondisi pH 6, kadar biohidrogen yang terkandung dalam biogas pada penelitian

ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan kadar biohidrogen dalam biogas secara umum (0-1%).

4. Kesimpulan

1. Eceng gondok dapat digunakan sebagai substrat dalam produksi biohidrogen.
2. Rata-rata produksi biogas selama tahap fermentasi *batch* anaerob pada rasio 1:2, 1:3, 1:4, dan 1:5 masing-masing sebanyak 3108,9, 2594,4, 2057,8 dan 1983,3 ml.
3. Rata-rata nilai pH selama tahap fermentasi pada rasio 1:2, 1:3, 1:4 dan 1:5 adalah 5,9, 5,9, 6,1 dan 6,2.
4. Rata-rata konsentrasi TAV pada rasio 1:2, 1:3, 1:4 dan 1:5 masing-masing adalah 431,07, 469,03, 422,08 dan 444,56 mg/L.
5. Rata-rata konsentrasi alkalinitas pada masing-masing rasio 1:2, 1:3, 1:4 dan 1:5 adalah sebesar 2994,74 2976,32, 2900 dan 2876,32 mg/L.
6. Berdasarkan parameter analisa pada produksi biohidrogen dari eceng gondok dan kotoran sapi, hasil perbandingan eceng gondok terhadap air yang paling optimum diperoleh pada rasio 1:2. Rasio 1:2 sudah memenuhi syarat optimum proses fermentasi anaerob dengan perolehan kadar gas biohidrogen sebanyak 3,45%.

5. Saran

1. Perlu dilakukan variasi perbandingan substrat yang lain mengingat pada penelitian ini menunjukkan jenis substrat yang lebih padat menghasilkan perolehan biohidrogen yang lebih banyak.
2. Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk mengkaji produksi biohidrogen secara fermentasi anaerob sistem kontinu.

6. Ucapan Terima Kasih

Terimakasih penulis sampaikan kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam melakukan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Adegunloye, D.V., S.Y. Olosunde, dan A.B Omokanju. 2013. *Evaluation of Ratio Variation of Water Hyacinth (Eichhornia Crassipes) on the Production of Pig Dung Biogas*. International Research Journal of Biological Sciences, Vol. 2(3), 44-48.
- Ahmad, A. 1992. *Kinerja Bioreaktor Unggun Fluidisasi Anaerobik Dua Tahap Dalam Mengolah Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Sawit*. Laporan Magang, Pusat Antar Universitas-Bioteknologi, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Ahmad, A. 2001. *Biodegradasi Limbah Cair Industri Minyak Sawit Dalam Sistem Bioreaktor Anaerob*. Disertasi Doktor, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Ahmad, A, T. Setiadi, dan I.G. Wenten. 2000. *Bioreaktor Membran Anaerob Untuk Pengolahan Limbah Cair CPO*. Jurnal Natur Indonesia, 7 (1), 9-13.
- Amelia, R. 2012. *Identifikasi Biohidrogen dari Kultur Campuran Menggunakan Variasi Konsentrasi Sukrosa Sebagai Substrat*. Skripsi, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Benneman, J.R. 1997. *The Technology of Biohydrogen*. Proceedings of International Conference on Biological Hydrogen Production, 18-30.
- BP Global. 2014. *Statistical Review of World Energy 2014*.

- <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/statistical-review-of-world-energy-2014/>. Diakses pada 10 November 2014, Pkl.7:24 WIB.
- Gunawan, D. 2013. *Produksi Biogas Sebagai Sumber Energi Alternatif dari Kotoran Sapi*. Scientific Article, Vol. 1, No. 2.
- Gunnarsson, C.C., dan C.M. Petersen. 2007. *Water Hyacinths As A Resource in Agriculture and Energy Production: A Literature Review*. Jurnal Waste Management No.27, 117–129. Elsevier Ltd.
- Habibi, M.S. 2009. *Produksi Biohidrogen Melalui Fermentasi Bakteri Fotosintetik Rhodobium marinum dan Isolat Sanur*. Skripsi, Fakultas MIPA, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Putra, L.P. 2010. *Uji Kestabilan Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Batu dengan Indikator Rasio Asam Lemak Volatil dan Alkalinitas*. Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Riau.
- fSirait, L.R. 2007. *Produksi Gas Hidrogen Dari Limbah Cair Tahu Dengan Bakteri Fotosintetik Rhodobium marinum*. Tesis, Sekolah Pascasarjana, Universitas Indonesia, Depok.
- Trihadiningrum, Y., H. Basri, M. Mukhlisin, D. Listiyanawati, dan N.A.A Jalil. 2008. *Phytotechnology A Nature-Based Approach for Sustainable Water Sanitation and Conservation*. The 3rd WEPA International Forum on Water Environmental, Putra Jaya.
- Widyastuti, E.T. 2011. *Produksi Biohidrogen Menggunakan Sorgum Manis (Sorghum Bicolor (L.) Moench) Oleh Enterobacter Aerogenes ADH-43 Pada Reaktor Packed-Bed*. Tesis, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Yonathan, A., A.R. Prasetya, dan B. Pramudono. 2013. *Produksi Biogas dari Eceng Gondok (Eicchornia crassipes): Kajian Konsistensi dan pH Terhadap Biogas Dhasilkan*. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, Vol. 2, No.2, 211-215.