

Pengaruh Perbandingan Eceng Gondok dengan Air Terhadap Penyisihan COD dan Padatan pada Produksi Biohidrogen secara Fermentasi Anaerob *Batch* Tahap Asidogenesis

Fikri¹⁾, Adrianto Ahmad²⁾, Sri Rezeki Muria²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia
Laboratorium Teknologi Bioproses
Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Pekanbaru 28293
Email: *adri@unri.ac.id*

ABSTRACT

In the last few years many researchers who made the breakthrough to create new and renewable energy. Sources of raw materials are often used are from organic waste, one of which is waste water hyacinth. Water hyacinth has a hemicellulose content that has the potential to be used as feedstock for the production of biohidrogen. Biohidrogen can be generated from the metabolism of anaerobic bacteria by fermentation. The purpose of this research is to produce biohidrogen with anaerobic batch fermentation process and determine the efficiency of COD and solids content. This study uses a bioreactor with a capacity of 15 L and variations substrate ratio is 1: 2, 1: 3, 1: 4 and 1: 5 at pH 6. The process of fermentation in this study lasted for 18 days. The parameters observed during the process that the efficiency of COD and solids removal efficiency which includes TS, TSS, TVS, and VSS. Results of the study showed that most COD removal efficiency was obtained at a ratio of substrate 1: 2 ie 76.32%, while for most solids removal efficiency is the ratio of 1: 2 to the value TS of 62.10%, amounting to 76.28% TSS, TVS VSS amounted to 54.71% and amounted to 80.62%. The products produced at the largest biohidrogen 1: 2 ratio of 3108.9 ml with biohidrogen content of 3.45%.

Keywords : allowance solids, anaerobic , batch , biohidrogen , COD , water hyacinth

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi di Indonesia pada tahun 2030 diperkirakan sebesar 3×10^9 SBM (setara barel minyak) atau $1,9 \times 10^{19}$ Joule/tahun [Sediawan, 2008]. Saat ini, pemenuhan kebutuhan energi, sebagian besar masih disuplai dari bahan bakar fosil. Penggunaan bahan bakar fosil selalu menghasilkan CO dan/atau CO₂. CO₂ merupakan komponen utama gas rumah kaca sebagai perangkap panas matahari di dekat permukaan bumi, sehingga menyebabkan terjadinya pemanasan global. Sebaliknya, penggunaan hidrogen sebagai bahan bakar tidak dihasilkan zat pencemar udara, tetapi justru menghasilkan air, suatu zat yang sangat dibutuhkan umat manusia [Mulyono, 2009].

Hidrogen merupakan energi alternatif terbarukan yang mendapatkan perhatian untuk dikembangkan sebagai energi pengganti bahan bakar fosil. Energi bahan bakar hidrogen mempunyai keuntungan yaitu lebih ramah lingkungan dan lebih efisien. Suplai energi yang dihasilkan sangat bersih, karena hanya menghasilkan uap air sebagai emisi selama berlangsungnya proses [Gupta, 2009]. Hidrogen dapat dihasilkan dari metabolisme bakteri [Kirtay, 2011]. Produksi hidrogen oleh bakteri biasanya dilakukan dengan cara fermentasi. Bakteri fermentasi mampu menghidrolisis polimer menjadi oligomer dan monomer-monomer dengan bantuan aktifitas enzim ekstraseluler [Angelidaki dkk, 2002]. Fermentasi untuk menghasilkan gas

hidrogen memanfaatkan limbah organik sebagai sumber karbon dan sumber energi. Limbah organik yang banyak mengandung karbohidrat, protein, lipid, lignin dan lemak dapat digunakan sebagai substrat oleh bakteri untuk menghasilkan produk akhir berupa H₂ dan CO₂ [Hawkes, 2002].

Limbah organik yang dapat digunakan sebagai substrat salah satunya adalah eceng gondok. Eceng gondok merupakan gulma yang pertumbuhannya sangat cepat. Pertumbuhan eceng gondok dapat mencapai 1,9% per hari dengan tinggi 0,3-0,5 m. Eceng gondok memiliki kandungan biomassa selulosa dan hemiselulosa yang cukup tinggi terutama pada bagian daunnya, sedangkan untuk kandungan lignin, protein, dan lipid cukup rendah. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 1. yang menunjukkan komposisi kimia dari biomassa eceng gondok.

Tabel 1. Komposisi kimia biomassa eceng gondok

Komposisi*	Daun	Batang	Akar
Selulosa	28,91	28,23	17,07
Hemiselulosa	30,81	26,35	15,25
Lignin	4,59	17,44	14,63
Protein	20,97	6,80	2,60
Lipid	1,79	0,91	0,47
Abu	12,95	20,26	49,97
Nilai Kalori (KJ/g-BK)	14,93	13,52	8,46

*(% Berat Kering)

Sumber : Jun, [2006]

Pemanfaatan biomassa eceng gondok belum sepenuhnya dimaksimalkan untuk bahan baku energi alternatif. Fermentasi anaerob merupakan salah satu proses yang tepat dalam pemanfaatan biomassa eceng gondok dalam produksi biohidrogen.

Cheng dkk. [2010] melakukan fermentasi anaerob dua tahap menggunakan bahan baku eceng gondok dengan bantuan mikroflora. Penelitian ditujukan untuk menghasilkan gas H₂ pada tahap pertama dan CH₄ pada tahap kedua. pH sistem untuk menghasilkan H₂ diatur

pada pH 6, sedangkan untuk menghasilkan gas CH₄ pH diatur menjadi 8. Penelitian dilakukan tanpa ada kontrol temperatur. Variabel berubah yang digunakan adalah konsentrasi NaOH pada proses *pre-treatment*, yaitu 0, 0,5, 1, 3, dan 5 wt%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi NaOH pada proses *pre-treatment* yang paling optimum adalah konsentrasi 3 wt% dengan gas yang terbentuk sebanyak 51,7 ml H₂/g-TVS dan 143,4 ml CH₄/g-TVS.

Chuang dkk [2012] melakukan penelitian fermentasi anaerob sistem *batch* menggunakan *mixed microflora* dengan bahan baku limbah pertanian meliputi eceng gondok, residu dari ekstraksi minyak kedelai dan jamur. Variabel yang digunakan adalah konsentrasi substrat, pH, temperatur dan penambahan nutrisi. Efisiensi penyisihan COD dan TSS masing-masing sebesar (56,55 % ; 78%) pada kondisi pH 6, dengan temperatur mesofilik dan tanpa penambahan nutrisi. Produksi biohidrogen yang didapatkan adalah 15,1 mL H₂/g-1.

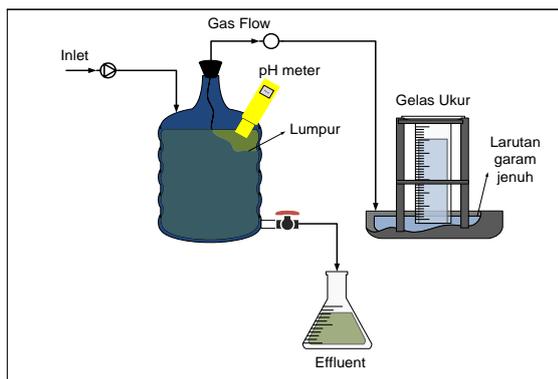
Winarni dkk [2013] melaporkan bahwa rasio optimum eceng gondok dan air yang digunakan sebagai substrat adalah 1:3, sedangkan rasio kotoran sapi dan eceng gondok yang optimum adalah 25%:75%. Proses fermentasi yang dilakukan tanpa pengontrolan pH ini menghasilkan volume rata-rata pembentuk biogas sebanyak 3,19 L/hari.

Pada penelitian ini dilakukan proses fermentasi anaerob sistem *batch* untuk memproduksi biohidrogen dari eceng gondok menggunakan kotoran sapi. Variabel yang digunakan adalah perbandingan eceng gondok dengan air (1:2, 1:3, 1:4, dan 1:5) dengan merujuk efisiensi dari penyisihan COD dan padatan serta produksi biohidrogen dari gas yang diperoleh. Pengaturan pH pada pH 6 berdasarkan penelitian Cheng dkk [2010], dan pada kondisi temperatur ruang berdasarkan penelitian Chuang dkk [2012].

2. Metode Penelitian

2.1 Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah, erlenmeyer, gelas ukur, bioreaktor tipe *batch feeding*, gelas ukur 2 L, selang, dan wadah penampung. Sedangkan alat untuk analisa adalah *blender*, pipet tetes, buret, pH meter, alat gelas untuk analisa COD, cawan porselen untuk analisa padatan. Rangkaian alat pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Alat Bioreaktor *Batch Anaerob*

2.2 Bahan yang Digunakan

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah eceng gondok yang diperoleh dari sungai di Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar, kotoran sapi yang diperoleh di kawasan jalan Suka Karya, Panam, larutan garam jenuh dan gas nitrogen. Sedangkan bahan untuk analisa antara lain larutan kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) 0,05 M, katalis $AgSO_4$, larutan ferroamonium sulfat (FAS) 0,05 M indikator ferroin, aquadest, dan sampel yang akan dianalisa.

2.3 Variabel Penelitian

Variabel tetap pada penelitian ini adalah pH sistem yang dijaga pada kondisi pH 6 berdasarkan penelitian Cheng dkk [2010], temperatur pada suhu mesofilik yaitu suhu ruang berdasarkan penelitian Chuang dkk [2012], kemudian volume digester yang digunakan adalah 15 liter. Variabel bebas pada penelitian ini adalah perbandingan substrat eceng gondok dan air 1:2, 1:3, 1:4, dan 1:5. Masing – masing

substrat volume yang dibutuhkan yaitu 11,25 liter sedangkan untuk mikroorganismenya dari ekstrak kotoran sapi sebanyak 3,75 liter.

2.4 Prosedur Penelitian

2.5.1 Persiapan Bahan Baku

Eceng gondok diambil langsung dari sungai di Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar. Setelah itu eceng gondok (batang dan daun) dicacah hingga berukuran kecil (1 - 2 cm), kemudian ditambahkan air dan di *blending* sesuai dengan variabel yang telah ditentukan. Substrat yang dibutuhkan untuk masing - masing rasio adalah 11,25 liter.

2.5.2 Tahap Pembuatan Ekstrak Kotoran Sapi

Kotoran sapi diambil dari Jalan Sukakarya, Panam. Kotoran sapi dicampur dengan air dengan rasio 1:1 berdasarkan satuan volume [Winarni dkk., 2013]. Misalkan air 1 liter ditambahkan kotoran sapi sebanyak 1 liter, selanjutnya campuran tersebut diaduk hingga merata, kemudian disaring dengan menggunakan kain dan diambil filtratnya sebanyak 3,75 liter. Kotoran sapi digunakan sebagai sumber mikroorganismenya pada produksi biohidrogen dari eceng gondok. Bakteri yang ada dalam kotoran sapi diperoleh dari berbagai konsorsium bakteri yaitu *Clostridium sp*, *C. Butyricum* dan *C. Sporogenes* [Ahmad, 2001].

2.5.3 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. Saluran inlet digunakan untuk tempat mengalirkan gas nitrogen dan tempat memasukkan substrat eceng gondok. Sedangkan saluran outlet digunakan untuk mengambil sampel. Digester ini digunakan pada tahap *seeding*, aklimatisasi, dan proses fermentasi.

2.5.4 Tahap Pembibitan (*Seeding*)

Pembibitan bertujuan untuk menumbuhkan dan mengembangkan mikroba yang digunakan dalam proses produksi biohidrogen dari eceng gondok. Mikroorganisme yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari kotoran sapi dan kemudian dimasukkan kedalam digester anaerob. Perbandingan substrat eceng gondok dan kotoran sapi yang digunakan, yaitu 75%:25% [Winarni dkk, 2013]. 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.

2.5.5 Tahap Aklimatisasi

Proses aklimatisasi bertujuan untuk mengadaptasikan mikroorganisme-mikroorganisme yang terdapat dalam kotoran sapi terhadap substrat eceng gondok. 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 sebanyak 1,5 L setiap hari. Proses aklimatisasi berlangsung pada kondisi operasi suhu ruang dan anaerob. Laju produksi biohidrogen dapat diukur dengan melihat berkurangnya larutan garam pada gelas ukur. Prosedur analisa dapat dilihat pada lampiran D. Proses aklimatisasi dihentikan pada saat produksi biohidrogen telah stabil (fluktuasi 10%) karena mikroorganisme dianggap telah mampu beradaptasi.

2.5.6 Proses Operasional Digester Biohidrogen Anaerob (Proses *Batch*)

Setelah keadaan tunak pada proses aklimatisasi tercapai, selanjutnya sebanyak 25% dari volume cairan yang mengandung mikroorganisme dimasukkan kedalam 4 buah digester. Kemudian masing-masing 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 isian menjadi 15 L. Proses berlangsung pada pH 6 dan anaerob. Selama proses *batch* berlangsung dilakukan analisis COD, penyisihan padatan dan jumlah biohidrogen yang dihasilkan.

2.5.7 Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data pada penelitian ini terbagi atas dua bagian, yaitu pada proses aklimatisasi dan proses fermentasi (proses anaerob *batch*). Pada proses aklimatisasi data sampel akan diambil setiap hari untuk melihat nilai pH, penyisihan padatan VSS dan volume biohidrogen yang dihasilkan sampai nilai fluktuasi penyisihan padatan dan biohidrogen yang didapatkan sebesar 10%. Pada proses fermentasi data yang akan diambil adalah pH, COD, penyisihan padatan, dan volume biohidrogen. Pengumpulan data dilakukan setiap 2 hari sekali. Frekuensi pengambilan sampel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Frekuensi Pengambilan Sampel

Parameter Analisa	Frekuensi
TS	
TVS	
TSS	Setiap dua hari sekali
VSS	
COD	

2.5.8 Analisa Data

Sampel yang telah diambil dianalisa untuk mengetahui nilai COD, penyisihan padatan, dan volume biohidrogen yang dihasilkan. Pada tahap akhir, sejumlah gas biohidrogen yang terbentuk akan dianalisa menggunakan Kromatografi Biogas tipe HP 5890 dengan detektor TCD (*Thermal Conductivity Detector*) dan kolom (HP-Plot/U).

2.5.9 Analisa Data

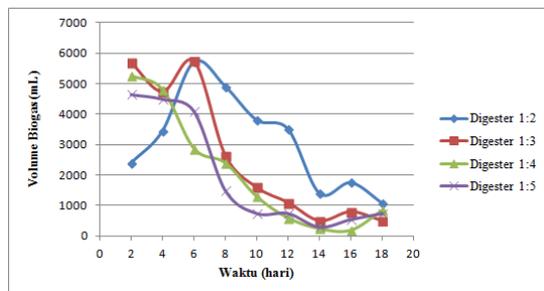
Data hasil analisa sampel diolah dalam bentuk grafik untuk melihat hubungan antara rasio campuran substrat dan air pada proses fermentasi dengan

menghitung penyisihan COD dan padatan serta volume biogas yang didapatkan. Sehingga didapatkan nilai rasio campuran substrat dan air yang maksimum pada proses fermentasi eceng gondok menggunakan kotoran sapi sebagai sumber mikroorganisme secara anaerob *batch*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Produksi Biogas Selama Tahap Fermentasi

Tahap fermentasi merupakan tahap lanjutan setelah aklimatisasi tercapai. Pengukuran terhadap jumlah biogas yang terbentuk dilakukan pada masing-masing digester. Produksi biogas pada tahap fermentasi dapat dilihat pada Gambar 2.



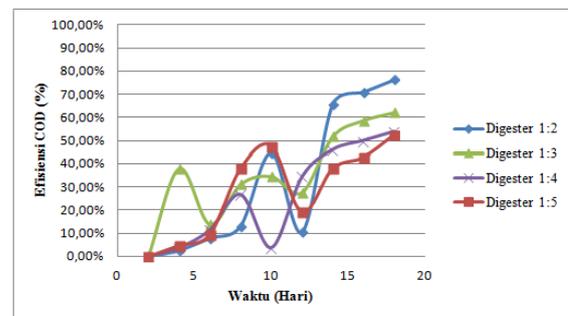
Gambar 2. Produksi Biogas Selama Tahap Fermentasi

Gambar 2 menunjukkan bahwa jumlah biogas yang terbentuk selama tahap fermentasi semakin lama relatif semakin menurun. Seperti terlihat pada Gambar 2, produksi biogas tertinggi pada digester dengan rasio 1:2 adalah pada hari ke-6 tahap fermentasi dengan jumlah biogas yang terbentuk sebanyak 5700 ml, kemudian mengalami penurunan produksi biogas hingga akhir proses. Digester dengan rasio 1:3 mampu mencapai produksi biogas tertinggi sebanyak 5750 ml pada hari ke-6. Digester dengan rasio 1:4 dan 1:5 berhasil memproduksi biogas sebanyak 5250 ml dan 4650 ml pada hari ke-2. Produksi biogas keempat variasi substrat tersebut mengalami penurunan setelah mencapai produksinya tertinggi. Penurunan jumlah biogas yang terbentuk disebabkan oleh semakin berkurangnya jumlah substrat. Semakin berkurangnya

jumlah substrat maka semakin rendah jumlah biogas yang dihasilkan, sehingga hanya sedikit pula senyawa organik yang dapat didegradasi [Ahmad dkk., 2000]. Rata-rata produksi biogas pada digester dengan rasio 1:2, 1:3, 1:4, dan 1:5 masing-masing sebesar 3108,9; 2594,4; 2057,8 dan 1983,3 ml. Produksi biogas terbesar dihasilkan oleh rasio 1:2 karena jumlah substrat yang digunakan pada variabel tersebut lebih besar dengan jumlah mikroorganisme yang digunakan sama pada masing-masing variabel. Volume biogas yang besar seiring dengan aktivitas dan kemampuan mikroorganisme pendegradasi zat organik yang terdapat di dalam substrat yang digunakan [Syamsudin dkk, 2006] dan dapat dilihat dari efisiensi COD yang dijelaskan pada sub bab berikutnya.

3.2 Efisiensi Penyisihan COD Selama Tahap Fermentasi

Dari hasil fermentasi didapatkan efisiensi penyisihan COD untuk masing-masing digester dengan variasi rasio substrat yang ditampilkan pada Gambar 3 sebagai berikut :



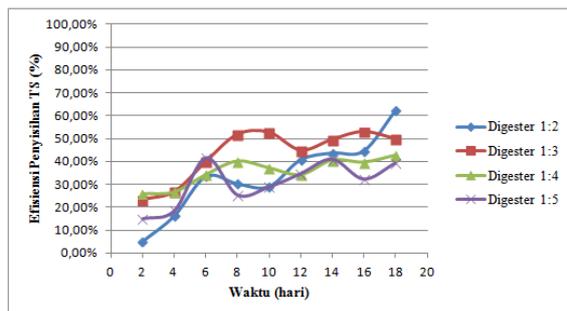
Gambar 3. Efisiensi Penyisihan COD Selama Tahap Fermentasi

Berdasarkan Gambar 3 efisiensi penyisihan COD pada masing-masing digester dengan variasi rasio substrat menunjukkan peningkatan efisiensi secara fluktuatif. Pada digester 1:2 didapatkan nilai efisiensi tertinggi mencapai 76,32%, selain itu terdapat peningkatan efisiensi yang cukup signifikan dari hari ke-12 (10,53%) menuju hari ke-14 (65,79%). Efisiensi terendah ditunjukkan pada digester

1:5 dengan nilai efisiensi sebesar 52,38%. Menurut Suriadi [1997] semakin tinggi konsentrasi COD substrat maka semakin besar jumlah penyisihan COD, dalam penelitian ini konsentrasi substrat yang paling tinggi adalah substrat dengan rasio eceng gondok terhadap air yaitu 1:2, sedangkan konsentrasi yang terkecil terdapat pada digester dengan rasio substrat 1:5. Dari Gambar 3 juga dapat dilihat perbedaan efisiensi masing-masing digester yang berhubungan dengan tingkat kemampuan mendegradasi zat organik, tingkat efisiensi yang dicapai pada digester 1:4 dan 1:5 sekitar 52% - 54%, dan lebih dari 62% zat organik yang terdegradasi pada digester 1:4. Perbedaan tingkat degradasi yang dihitung berdasarkan efisiensi penyisihan COD ini dikarenakan konsentrasi COD sebagai substrat awal yang beragam (1:2; 1:3; 1:4 dan 1:5), sedangkan jumlah mikroorganisme awal sama pada masing-masing digester [Munawar dkk, 2013].

3.3 Efisiensi Penyisihan Padatan TS Selama Tahap Fermentasi

Efisiensi penyisihan padatan TS (*Total Solid*) selama tahap fermentasi *batch* anaerob ditampilkan pada Gambar 4.



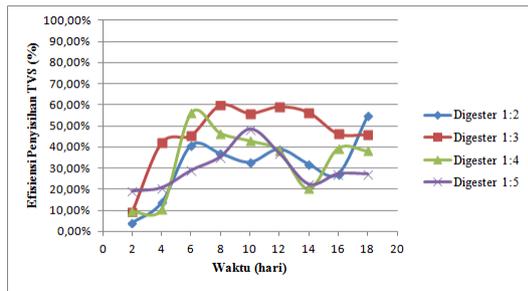
Gambar 4. Efisiensi Penyisihan Padatan TS Selama Tahap Fermentasi

Gambar 4 memperlihatkan bahwa efisiensi penyisihan padatan TS (*Total Solid*) cenderung meningkat secara fluktuatif. Penyisihan *Total Solid* ini disebabkan perombakan oleh mikroorganismenya, dimana kandungan bahan organik pada lumpur kotoran sapi dan

substrat eceng gondok sangat tinggi dan mengandung unsur protein, lemak, dan karbohidrat rantai panjang, karakteristik yang demikian membuat bahan tersebut mudah dicerna oleh mikroorganisme atau mudah diolah secara biologis [Ratnaningsih dkk, 2009]. Efisiensi tertinggi dari keempat digester ini terdapat pada digester 1:2. Pada digester 1:2 efisiensi yang didapatkan adalah 62,10%, sedangkan untuk digester 1:3, 1:4, dan 1:5 masing-masing nilai efisiensinya 49,84% : 42,50% ; dan 39,31%. Efisiensi yang meningkat ditandai dengan penurunan konsentrasi padatan TS, hal ini menunjukkan bahwa mikroorganisme mampu mendegradasi senyawa organik menjadi biogas dengan baik [Sjafruddin, 2011]. Beberapa titik peningkatan TS kemungkinan disebabkan bertambahnya jumlah sel mikrobia yang terbawa dalam sampel dan dihitung sebagai padatan total [Herawati dan Wibawa, 2011]. Pengaruh dari konsentrasi substrat juga dapat dilihat dari Gambar 4 dimana digester dengan rasio substrat 1:2 efisiensi penyisihan padatan TS yang didapatkan lebih besar dibandingkan dengan rasio substrat 1:3; 1:4 dan 1:5. Hal ini dikarenakan bahwa pada proses *batch* dimana umpan sekaligus dimasukkan maka mikroorganisme memiliki waktu yang cukup untuk mendegradasi kandungan padatan yang ada di dalam limbah sehingga bila kandungan padatan semakin tinggi (dalam penelitian ini rasio eceng gondok terhadap air 1:2) maka efisiensi penyisihan juga akan semakin besar [Febriyanti, 2010].

3.4 Efisiensi Penyisihan Padatan TVS Selama Tahap Fermentasi

Efisiensi penyisihan padatan TVS (*Total Volatile Solid*) selama tahap fermentasi *batch* anaerob ditampilkan pada Gambar 5.

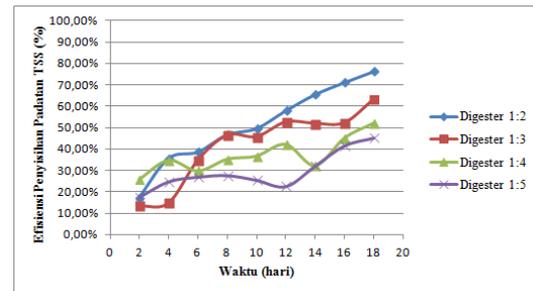


Gambar 5. Efisiensi Penyisihan Padatan TVS Selama Tahap Fermentasi

Gambar 5 menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan padatan TVS cenderung berfluktuasi. *Total Volatile Solid* berupa *slurry* keluaran digester pada tahap awal mengalami penurunan nilai konsentrasi padatan hal ini ditandaid dengan efisiensi penyisihan yang meningkat dikarenakan adanya proses degradasi senyawa organik menjadi biogas [Ni'mah, 2014]. Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat efisiensi *Total Volatile Solid* cenderung meningkat selama berlangsungnya proses produksi biogas. Efisiensi penyisihan padatan TVS yang tertinggi yaitu pada digester 1:2 sebesar 54,71%, sedangkan pada digester 1:3; 1:4 dan 1:5 berturut-turut adalah 45,74%; 38,10%; dan 27,4% pada hari ke-18. Efisiensi penyisihan *Total Volatile Solid* yang semakin meningkat berbanding lurus dengan biogas yang dihasilkan [Ni'mah, 2014]. *Total Volatile Solid* merupakan substrat (sumber makanan) bagi mikroorganisme non metanogen yang bekerja pada tahap awal produksi biogas, peningkatan efisiensi penyisihan *Total Volatile Solid* menunjukkan di dalam digester terjadi proses degradasi senyawa organik oleh mikroorganisme non metanogen [Ni'mah, 2014].

3.5 Efisiensi Penyisihan Padatan TSS Selama Tahap Fermentasi

Efisiensi penyisihan padatan TSS (*Total Suspended Solid*) selama tahap fermentasi *batch* anaerob ditampilkan pada Gambar 6.

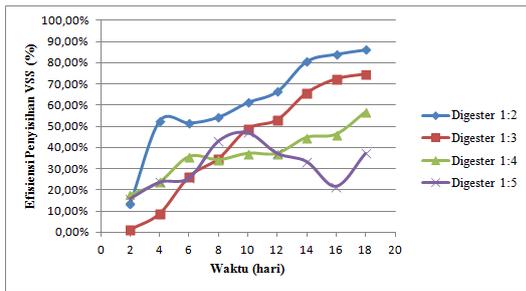


Gambar 6. Efisiensi Penyisihan Padatan TSS Selama Tahap Fermentasi

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa persentase penyisihan TSS (*Total Suspended Solid*) cenderung berfluktuasi, namun memberikan persentase tertinggi pada digester dengan rasio 1:2 yaitu 76,28% dan terendah yaitu pada digester dengan rasio 1:5 dengan persentase 45,26% pada akhir fermentasi yaitu hari ke-18. sedangkan pada digester dengan rasio 1:3 diperoleh persentase penyisihan TSS yaitu 63,23%. Kemudian digester dengan rasio 1:4 diperoleh persentase sebesar 51,96%. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh [Tanata dkk, 2013] bahwa semakin besar konsentrasi dalam penelitian ini terdapat pada rasio eceng gondok terhadap air 1:2 maka semakin besar penyisihan TSS. Konsentrasi padatan TSS yang relatif tinggi dalam umpan akan membutuhkan waktu tinggal cairan *slurry* lebih lama dalam digester agar dapat terlarut (terhidrolisis) dan terurai oleh mikroorganisme anaerob menjadi senyawa-senyawa lebih sederhana [Husin, 2008].

3.6 Efisiensi Penyisihan Padatan VSS Selama Tahap Fermentasi

Efisiensi penyisihan padatan VSS (*Volatile Suspended Solid*) selama tahap fermentasi *batch* anaerob ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Efisiensi Penyisihan Padatan TSS Selama Tahap Fermentasi

Konsentrasi biomassa di dalam sistem digester diukur sebagai padatan volatil tersuspensi (VSS) yang terdapat di dalam bioreaktor dan substrat [Ahmad, 2000]. Pertumbuhan mikroorganisme dapat dilihat dengan menggunakan parameter *Volatile Suspended Solid* (VSS) atau materi volatil tersuspensi sebagai pendekatannya [Wirada dkk, 2011]. Dari Gambar 7 dapat dilihat efisiensi penyisihan padatan VSS pada tahap fermentasi yang semakin meningkat. Efisiensi penyisihan VSS yang tertinggi terdapat pada digester 1:2 dimana efisiensinya sebesar 86,16% pada hari ke-18, sedangkan untuk digester 1:3; 1:4 dan 1:5 pada hari ke-18 masing-masing nilai efisiensinya 74,65%; 56,72% dan 37,25%. Digester dengan rasio 1:2 yang konsentrasi substratnya lebih besar dibandingkan dengan digester lainnya memiliki efisiensi yang tinggi sesuai dengan penelitian yang dilakukan [Winarni dkk, 2013] dimana semakin besar konsentrasi substrat efisiensi penyisihan VSS yang didapatkan juga semakin besar. Jika di dalam suatu sistem memiliki VSS yang rendah dimana efisiensinya kecil maka bisa disimpulkan bahwa mikroorganisme tersebut tidak tumbuh dengan baik akibat kondisi lingkungannya tidak optimal [Wirada dkk, 2011].

3.7 Produksi Biohidrogen

Sampel biogas dianalisa di Laboratorium Pengujian Bioteknologi, LIPI Pusat Penelitian Bioteknologi, Cibinong, Bogor. Persentase biohidrogen

yang terdapat dalam sampel biogas dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. 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

Persentase biohidrogen yang terdapat dalam sampel biogas dianalisa menggunakan Kromatografi Biogas tipe HP 5890 dengan detektor TCD (*Thermal Conductivity Detector*) dan kolom (HP-Plot/U). Temperatur oven, injektor, dan detektor masing-masing adalah 80°C, 150°C, dan 250°C. Biogas pembawa yang digunakan yakni nitrogen UHP (*Ultra High Purity*) dengan laju alir 2 ml/menit. Volume biogas sampel yang diinjeksikan sebanyak 1 ml. Hidrogen murni digunakan sebagai standar perhitungan level hidrogen. Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa komposisi biogas biohidrogen terbesar terdapat pada sampel biogas 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 biogas yang dihasilkan akan semakin banyak seiring dengan semakin banyaknya jumlah substrat yang digunakan.

II. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah :

1. Eceng gondok dapat digunakan sebagai substrat dalam produksi biohidrogen.
2. Rata-rata produksi biogas selama tahap fermentasi *batch* anaerob pada digester 1:2, 1:3, 1:4, dan 1:5 masing-masing sebanyak 3108,9, 2594,4, 2057,8 dan 1983,3 ml.

3. Berdasarkan parameter analisa pada produksi biohidrogen dari eceng gondok dan kotoran sapi, hasil perbandingan eceng gondok terhadap air yang paling maksimum diperoleh pada rasio substrat 1:2 dengan perolehan kadar gas biohidrogen sebesar 3,45%.
4. Efisiensi penyisihan COD (*Chemical Oxygen Demand*) selama tahap fermentasi pada digester 1:2, 1:3, 1:4 dan 1:5 adalah 76,32%; 62,07%; 53,85% dan 52,38%.
5. Efisiensi penyisihan padatan tertinggi didapatkan pada digester dengan rasio substrat 1:2. Masing-masing efisiensi penyisihan padatan yaitu TS, TVS, TSS dan VSS sebesar 62,10%; 54,71%; 76,28% dan 80,62%.

4.2 Saran

Beberapa hal yang disarankan dari hasil penelitian ini adalah:

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. Untuk mendapat perolehan biohidrogen yang lebih maksimal, perlu adanya proses *pre-treatment* seperti penambahan larutan NaOH terhadap substrat yang akan digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., T. Setiadi, M. Syafila dan O.B. Liang, 2000. *Bioreaktor Berpenyekat Anaerob untuk Pengolahan Limbah Industri yang Mengandung Minyak dan Lemak: Kajian Dinamik Bioreaktor dengan Pembebanan Organik Rendah*, Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses, FT-Universitas Diponegoro, Semarang, 26-27 Juli.
- Ahmad, A. 2001. *Biodegradasi Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Sawit Dalam Sistem Pembangkit Biogas Anaerob*, Disertasi, Program Pascasarjana ITB, Bandung.
- Angelidaki, I., L. Ellegaard, A. H. Sorensen, dan J. E. Schmidt. 2002. *Anaerobic Processes*. Copenhagen.
- Cheng, Jun, Binfei Xie, Junhu Zhou, Wenlu Song, dan Kefa Cen. 2010. *Cogeneration of H₂ and CH₄ From Water Hyacinth By Two-Step Anaerobic Fermentation*. Int Journal of Hydrogen Energy 35, 3029-3035.
- Cheng, Jun, Junhu Zhou, Feng Qi, Binfei Xie, dan Kefa Cen. 2006. *Biohydrogen Production From Hyacinth by Anaerobic Fermentation*. WHEC 16, 13-16.
- Chuang, Y. S., C. C. Chen, C. H. Lay, Y. Sung, J. H. Wu, S. C. Lee, B. Sen dan C. H. Lin. 2012. *Optimization of incubation factors for fermentative hydrogen production from agricultural wastes*. Sustain. Environ. Res., 22(2), 99-106
- Febiyanti, A., 2010, *Pengaruh Laju Alir Umpan Terhadap Penyisihan Kandungan Padatan Limbah Cair Industri Minyak Sawit dengan Bioreaktor Hibrid Anaerob Bernedia Batu*, Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Riau.
- Gunnarsson, C. C. dan M. P. Cecilia. 2006. *Water hyacinths as a resource in agriculture and energy production: A literature review*. Waste Management Vol.27 Hal. 117-129 Elsevier Ltd. Huang, C. F., T. H. Lin, G. L. Guo, W. S. Hwang. 2009. Enhanced
- Gupta, Ram B., 2009, *Hydrogen Fuel Production, Transport, and Storage*, CRC press, USA, 17-29.
- Hawkes, F.R., R. Dinsdale, D.L. Hawkes dan I. Hussy. 2002. *Sustainable Fermentative Hydrogen Production: Challenges for Process Optimisation*. International Journal

- of Hydrogen Energy, Vol. 27, pp.1339-1347
- Herawati, D.A., dan A.A., Wibawa, 2011. *Pengaruh Pretreatment Jerami Padi pada Produksi Biogas dari Jerami Padi dan Sampah Sayur Sawi Hijau secara Batch*, Jurnal Rekayasa Proses, Vol. 4 No. 1.
- Husin, Amir. 2008. *Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Biofiltrasi Anaerob dalam Reaktor Fix-Bed*. Tesis. Sekolah Pascasarjana, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Kirtay, Elif., 2011. *Recent Advances In Production of Hydrogen From Biomass*. Energy Conversion And Management 52:1778-1789.
- Mulyono, P., 2009. *Prospek Dan Potensi Hidrogen Sebagai Energi Terbarukan*. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar pada Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Munawar, F., dan R. Laksamono. 2013. *Kinetika Biodegradasi Zat Organik pada Air Limbah Sampah (Lindi)*. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol. 4 No.2.
- Ni'mah, L. 2014. *Biogas From Solid Waste Of Tofu Production and Cow Manure Composition Effect*. Jurnal Chemica Vol.1 No.1 Juni 2014, 1-9.
- Ratnaningsih, H. Widyatmoko, T. Yananto, 2009. *Potensi Pembentukan Biogas Pada Proses Biodegradasi Campuran Sampah Organik Segar Dan Kotoran Sapi Dalam Batch Reaktor Anaerob*. Jurnal Teknik Lingkungan Volume 5 No. 1
- Sediawan, W.B. 2008. *Energi Alternatif dan Bahan Kimia Berbasis Biomassa dengan Teknologi Bersih*, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Oleo dan Petrokimia Indonesia, Fakultas Teknik Universitas Riau, 18 Desember, Halaman 1-14.
- Sjafruddin R., 2011, *Strategi Start-Up Produksi Biogas Dari Campuran Sampah Buah Dengan Menggunakan Starter Kotoran Sapi : Hasil Percobaan Menggunakan Campuran Sampah Buah Sampai Dengan 10 Persen*. Tesis. Program Studi S2 Teknik Kimia, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Suriadi, Endang. 1997, *Pengaruh Konsentrasi COD Terhadap Efektivitas Pengolahan Air Limbah Secara UASB*, Bulletin Penelitian, April 1997, Vol. XIX, No. 1
- Syamsudin, S. Purwati, dan A. Taufick R. 2006. *Efektivitas Aplikasi Enzim Dalam Sistem Lumpur Aktif Pada Pengolahan Air limbah Pulp Dan Kertas*. Balai Besar Pulp dan Kertas: Bandung. Berita Selulosa Vol. 43 (2): 83-92
- Tanata S., M. R. Gunawan, S. Pandia, 2013. *Pengaruh Komposisi Campuran Limbah Padat Dan Cair Industri Tapioka Terhadap Persentase Penyisihan Total Suspended Solid (TSS) Dengan Starter Kotoran Sapi*. Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 2, No. 3
- Winarni, Panggih, Y. Trihadiningrum, dan Soeprijanto. 2013. *Produksi Biogas dari Eceng Gondok*. Jurnal Ilmiah, Vol. 12, 1-16.
- Wirda, F.R., dan M. Handajani, 2011. *Penyisihan Senyawa Organik Pada Biowaste Fasa Cair Dengan Variasi Air Pencuci Pada Rasio 1:2 Dalam Reaktor Batch*. Laporan Penelitian. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Yonathan, Arnold, Avianda Rusba Prasetya, dan Bambang Pramudono. 2013. *Produksi Biogas dari Eceng Gondok (Eicchornia crassipes): Kajian Konsistensi dan pH Terhadap Biogas Dihasilkan*. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, Vol. 2, No.2, 211-215.