

**PENGARUH VARIASI CAMPURAN ECENG GONDOK
(*EICHHORNIA CRASSIPES*) DAN ISI RUMEN SAPI TERHADAP PRODUKSI BIOGAS**

Edhi Sarwono¹, Febri Subekti², Budi Nining Widarti³

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman,
Kampus Gunung Kelua, Jl. Sambulung 9, Samarinda, Kalimantan Timur
E-mail: edhirafi@gmail.com

Abstract

Eceng gondok adalah tumbuhan air mengapung, perkembangbiakannya yang sangat pesat pada badan air menyebabkan keberadaannya dianggap sebagai gulma perairan. Selain eceng gondok, isi rumen juga merupakan limbah rumah potong hewan yang belum dimanfaatkan secara optimal. Dalam limbah isi rumen terdapat bakteri metanogenik yang berperan dalam pembentukan biogas. Biogas merupakan gas yang terbentuk dari perombakan bahan organik dalam keadaan anaerob, penelitian ini menggunakan bahan campuran eceng gondok dan isi rumen sapi dengan variasi perbandingan berat masing-masing dengan perlakuan 100% eceng gondok : 0% isi rumen sapi, 50% eceng gondok : 50% isi rumen sapi, dan 75% eceng gondok : 25% isi rumen sapi selama 62 hari penelitian. Produksi gas tertinggi terdapat pada campuran 75% eceng gondok dan 25% isi rumen sapi dengan total Produksi sebesar 10.525,28 mL, dengan penyisihan VS tertinggi sebesar 14,14%, pH akhir terendah pada 100% eceng gondok : 0% isi rumen sapi sebesar 5,1. Rasio C/N akhir *sludge* tertinggi pada 100% eceng gondok : 0% isi rumen sapi sebesar 22,4 dan terendah pada perlakuan 50% eceng gondok : 50% isi rumen sapi sebesar 16,3. Suhu tiap biodigester pada rentan suhu bakteri *mesophilic* yakni pada suhu 29-34°C. Warna nyala api ketiga biodigester rata – rata berwarna biru kemerahan.

Kata Kunci : Biogas, Eceng, Gondok, Rumen, Biodigester

1. Pendahuluan

Salah satu energi alternatif pengganti bahan bakar minyak adalah biogas. Biogas merupakan hasil fermentasi anaerob bahan organik oleh mikroorganisme yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif pengganti bahan bakar minyak. Proses anaerobik tersebut melibatkan berbagai faktor abiotis yang dapat mempengaruhi produksi dan kualitas biogas yang dihasilkan.

Selain dihasilkan biogas, juga dihasilkan endapan lumpur (*slurry*) yang mengandung unsur-unsur hara sehingga dapat dimanfaatkan langsung sebagai pupuk organik yang juga memiliki nilai ekonomi. Kelebihan lain dalam pemanfaatan biogas dibandingkan energi terbarukan lainnya selain ketersediaan bahan dasar yang sangat melimpah, seperti limbah organik padat dan limbah organik cair, penggunaan biogas secara langsung dapat turut mempertahankan kelestarian lingkungan. Secara tidak langsung akan menurunkan praktik-praktik penggundulan hutan (deforestasi), menyebabkan erosi tanah, serta banjir (Dublein dan Steinhauer, 2008).

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) adalah salah satu jenis tumbuhan air mengapung, pertumbuhan dan penyebarannya sudah meluas di wilayah perairan Indonesia. Pertumbuhan yang sangat pesat menyebabkan eceng gondok dianggap sebagai

gulma perairan. Eceng gondok memiliki kandungan selulosa yang relatif besar sehingga berpotensi untuk diolah menjadi biogas melalui proses *anaerobic digestion* (KLH, 2009).

Selain eceng gondok, isi rumen merupakan salah satu limbah rumah potong hewan yang belum dimanfaatkan secara optimal sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan. Menurut Nengsih (2002) dalam Yenni *et al.*, (2012), isi rumen sapi merupakan salah satu limbah terbesar yang dihasilkan dari suatu pemotongan hewan, berupa rumput yang belum terfermentasi dan tercerna sepenuhnya oleh hewan. Salah satu mikroorganisme yang terdapat dalam isi rumen adalah bakteri metanogenik yang berperan dalam pembentukan biogas.

Beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan adalah Ridhuan dan Norvedo, (2012) mengenai pengaruh perbandingan eceng gondok dan kotoran sapi terhadap proses fermentasi untuk mendapatkan energi biogas pada biodigester volume 120 liter selama 70 hari penelitian, yang menunjukkan rasio antara eceng gondok, kotoran sapi, dan air paling optimal menghasilkan biogas adalah sebesar 11 : 14 : 42 (kg) dengan volume biogas sebesar 12.492 liter dan tekanan sebesar 109,3 kN/m³, dengan produksi biogas harian optimal sekitar hari ke-7 hingga hari ke-20. Sedangkan pada limbah isi rumen, berdasarkan hasil penelitian Yenni *et al.*, (2012)

mengenai uji pembentukan biogas dari substrat sampah sayur dan buah dengan ko-substrat limbah isi rumen yang menggunakan biodigester tipe batch volume 50 liter dengan waktu retensi selama 50 hari, menunjukkan bahwa penambahan ko-substrat limbah isi rumen sapi mampu meningkatkan volume biogas yang terbentuk, diketahui dari rata-rata produksi kumulatif biogas digester uji (38,13 liter) yang relatif lebih besar 79,88% daripada rata-rata produksi kumulatif biogas digester kontrol (21,20 liter). Penambahan ko-substrat sekaligus mampu meningkatkan kualitas biogas yang terbentuk, ditinjau dari kandungan gas metan pada digester uji (volume rata-rata 11,74 liter atau 30,78% dari total volume gas) yang relatif lebih besar ± 7 kali lipat dibandingkan terhadap kandungan gas metan pada digester kontrol (volume rata-rata 1,41 liter atau 11,27% dari total volume gas).

Penelitian ini menggunakan variasi perbandingan campuran eceng gondok dan limbah isi rumen sapi dengan tiga perlakuan variasi terhadap produksi biogas setiap hari selama 62 hari, untuk memanfaatkan kedua limbah tersebut secara bersamaan dengan teknologi proses anaerobik yang menghasilkan biogas sebagai alternatif energi.

2. Tinjauan Pustaka

Biogas adalah campuran beberapa gas yang merupakan hasil fermentasi dari bahan organik dalam kondisi anaerob, dengan gas yang dominan adalah gas metana (CH_4) dan gas karbon dioksida (CO_2). Gas metana (CH_4) yang merupakan komponen utama biogas merupakan bahan bakar yang berguna karena mempunyai nilai kalor yang cukup tinggi. Sistem produksi biogas juga mempunyai beberapa keuntungan seperti; mengurangi pengaruh gas rumah kaca, mengurangi polusi bau yang tidak sedap, sebagai pupuk dan produksi daya dan panas.

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Terbentuknya Biogas

a. Temperatur/ Suhu

Semakin tinggi temperatur reaksi juga akan semakin cepat tetapi bakteri akan semakin berkurang. Suhu berpengaruh terhadap proses pencernaan anaerob bahan organik dan produksi gas. Pencernaan berlangsung baik pada suhu 30 - 40 °C untuk kondisi mesofilik dan pada suhu 45 - 55°C, suhu 50 - 60°C untuk kondisi termofilik. Kecepatan fermentasi menurun pada suhu di bawah 20°C. Suhu optimal kebanyakan bakteri mesofilik dicapai pada 35°C, tetapi untuk bakteri termofilik pada suhu 55°C. Suhu optimal untuk berbagai desain tabung pencernaan termasuk

Indonesia adalah 35°C (Sahirman, 1994 dalam Ginting, 2007).

b. Keasaman (pH)

Keasaman (pH) berpengaruh terhadap pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme. Organisme – organisme metan sangat sensitif terhadap perubahan pH dan paling efisien tumbuh dalam batas pH antara 6,5-7,8. Dalam prakteknya pembatasan pH ini tidaklah selalu mungkin, tetapi harus ditekankan bahwa pH 6 dan didatas pH 8 menyebabkan perkembangan organisme merosot dengan sangat pesat (Ginting, 2007).

Pertumbuhan bakteri penghasil gas metana akan baik bila pH bahannya pada keadaan alkali (basa). Bila proses fermentasi berlangsung dalam keadaan normal dan anaerobik, maka pH akan secara otomatis berkisar antara 6,5 – 8. Bila derajat keasaman lebih kecil atau lebih besar dari batas, maka bahan tersebut akan bersifat toksik terhadap bakteri metanogenik dan dapat mengurangi laju pertumbuhannya (Seadi *et al.*, 2012).

c. Substrat atau Bahan Organik

Kandungan air dalam substrat dan homogenitas sistem juga mempengaruhi proses kerja mikroorganisme. Karena kandungan air yang tinggi akan memudahkan proses penguraian, sedangkan homogenitas sistem membuat kontak antar mikroorganisme dengan substrat menjadi lebih intim. Penting diperhatikan bahwa konsentrasi padatan hendaknya dijaga tidak lebih dari 15% karena akan menghambat metabolisme. Pada saat memasukkan material organik ke dalam biodigester wajib ditambahkan sejumlah air yang berfungsi mempertahankan pdatan kurang dari 15%, juga untuk mempermudah proses pencampuran dan proses mengalirnya material organik ke dalam biodigester. Fungsi lainnya adalah untuk mempermudah aliran gas yang terbentuk di bagian bawah dapat mengalir ke bagian atas biodigester (Suyitno *et al.*, 2012).

Kandungan Substrat yang memiliki pengaruh lainnya terhadap produksi biogas adalah *Volatiles Solid* (VS). VS merupakan bagian padatan (Total Solid-TS) yang berubah menjadi fase gas pada tahapan asidifikasi dan metanogenesis sebagaimana dalam proses fermentasi limbah organik. Dalam pengujian skala laboratorium, berat saat bagian padatan bahan organik yang hilang terbakar (menguap dan mengalami proses gasifikasi) dengan pembakaran pada suhu sekitar 538°C, disebut sebagai *volatile solid*. Penurunan *total solid* dan VS berindikasi dengan peningkatan produk biogas/ kadar gas metana yang dihasilkan. Penurunan VS menunjukkan bahwa di dalam biodigester terjadi proses degradasi senyawa organik (Sjafrudin, 2011).

Pengukuran % VS dilakukan dengan cara slurry masing-masing biodigester dimasukkan ke dalam cawan yang sebelumnya sudah ditimbang (berat cawan) lalu masing-masing slurry dioven selama 8 jam hingga kering lalu ditimbang (berat kering), setelah itu dipanaskan dalam tanur dengan suhu 550°C selama satu jam hingga seluruh bahan organik menjadi abu dan dimasukkan ke dalam desikator lalu ditimbang (berat abu). Kemudian data yang dihimpun dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1.

$$\% \text{ Volatile Solid} = \frac{(A-C)}{(A-B)} \times 100\% \dots\dots(2.1)$$

d. Ukuran Bahan

Laju produksi biogas dapat ditingkatkan melalui pemberian pretreatment substrat. Maksudnya yaitu menghancurkan struktur organik kompleks menjadi molekul sederhana sehingga mikroorganisme lebih mudah menyerapnya. Ukuran partikel dengan ukuran lebih kecil akan lebih cepat terdekomposisi daripada bahan dengan ukuran yang lebih besar. Hal tersebut dikarenakan bahan dengan ukuran lebih kecil memiliki luas kontak permukaan yang lebih besar dibandingkan bahan berukuran besar. Menguatkan bahwa degradasi dan potensi produksi biogas dari limbah berserat dapat secara signifikan meningkat dengan perlakuan awal yaitu memperkecil ukuran partikel.

e. Rasio C/N

Rasio C/N menunjukkan perbandingan jumlah dari kedua elemen tersebut. Mikroorganisme membutuhkan nitrogen dan karbon untuk proses asimilasi. Karbon digunakan sebagai energi sedangkan nitrogen digunakan untuk membangun struktur sel. Bakteri penghasil metana menggunakan karbon 30 kali lebih cepat daripada nitrogen. Proses anaerob akan optimal bila diberikan bahan makanan yang mengandung karbon dan nitrogen secara bersamaan. Substrat dengan rasio C/N terlalu rendah menyebabkan peningkatan produksi amonia dan penghambatan produksi metana, jika rasio C/N terlalu tinggi yang berarti kurangnya nitrogen, berdampak pada rendahnya pembentukan protein sehingga menghasilkan energi dan bahan struktural metabolisme mikroorganisme yang rendah (Deublein dan Steinhauser, 2008).

Nilai C diperoleh dari analisa *slurry* masing masing biodigester yang dioven dengan suhu 110°C selama 8 jam. Kemudian dihaluskan, dan ditimbang masing masing sebanyak 0,10 gram. Setelah itu masing-masing dimasukkan ke dalam Labu Erlenmeyer 100 ml dan ditambahkan larutan H₂SO₄ sebanyak 7 ml dan KCr sebanyak 5 ml. Larutan tersebut dimasukkan ke ruang asam selama 30 menit, setelah itu ditambahkan aquadest mencapai 100 ml. Kemudian larutan tersebut

disaring menggunakan paper filter diameter 110 mm, lalu dihitung menggunakan persamaan.

$$\% C = \frac{V_{K_2Cr_2O_7} \times V_{FeSO_4} \times 0,03 \times 1,33}{BKM} 100\% \dots\dots(2.2)$$

Pengukuran nilai N yakni *slurry* masing-masing biodigester dioven dengan suhu 110°C selama 8 jam. Kemudian eceng gondok dan rumen sapi kering dihaluskan, dan ditimbang masing-masing sebanyak 0,10 gram. Setelah itu dimasukkan ke dalam abu Khjedal dan ditambahkan katalis sebanyak 0,50 gram. Setelah itu dibakar, kemudian didestilasi. Kemudian larutan dititrasasi dengan larutan HCl 0,02 sampai berubah warna kemerahan. Kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan.

$$\dots\dots(2.3)$$

f. Waktu Tinggal (*Retention Time*)

Volume digester juga berhubungan dengan waktu retensi yang diukur dalam satuan hari dan tingkat pembebanan, dalam bentuk padatan bahan per satuan volume cairan. Menurut hasil penelitian di Cina, 97% dari total hasil gas dari fermentasi kotoran sapi akan diproduksi dalam jangka waktu 50 hari pada suhu 35 C. Waktu retensi hidrolis (HRT) dalam digester anaerob ditentukan dengan menghitung jumlah hari yang dibutuhkan untuk perpindahan volume bahan. Pada tingkat beban organik yang diberikan,

g. Senyawa Toksik

Senyawa dan ion tertentu dalam substrat dapat bersifat racun bagi pertumbuhan mikroorganisme pembentuk gas metan, misalnya senyawa dengan konsentrasi berlebihan ion Na⁺ dan Ca⁺ > 8000 mg/l; K⁺ > 12000; Mg⁺⁺ dan NH₄⁺ > 3000, sedangkan Cu, Cr, Ni dan Zn dalam konsentrasi rendah dapat menjadi racun bagi kehidupan bakteri anaerob (Bitton, 1999 dalam Suyitno *et al.*, 2012).

3. Metode Penelitian

Persiapan Bahan

Bahan baku yang digunakan adalah eceng gondok yang diambil langsung dari Anak Sungai Karang Mumus, Kompleks Universitas Mulawarman Samarinda. Kemudian eceng gondok dicacah kecil-kecil hingga berukuran sekitar 2 - 4 cm. Proses pencacahan menjadi lebih kecil ini dimaksudkan untuk memudahkan proses degradasi oleh bakteri sehingga proses anaerobik dapat berlangsung lebih cepat dan lebih sempurna. Limbah isi rumen sapi yang digunakan diambil langsung dari

rumah pemotongan hewan yang berada di kelurahan Lempake, Samarinda.

Komposisi isian dalam biodigester sebanyak 30.000 ml yang merupakan campuran dari bahan-bahan yang digunakan. Bahan baku yang digunakan sebelumnya diukur berat per volume sehingga diperoleh berat eceng gondok sebesar 250 gr/L dan Limbah isi rumen 600 gr/L.

Tabel 3.1 Komposisi bahan yang digunakan tiap biodigester

Biodigester	Eceng Gondok	Limbah isi rumen	Air	Volume Total
R1 (100%:0%)	10 L	0	20 L	30 L
R2 (50%:50%)	5 L	5 L	20 L	30 L
R3 (75%:25%)	7,5 L	2,5 L	20 L	30 L

Persiapan Alat

1. Biodigester anaerobik menggunakan biodigester tipe batch dengan kapasitas 30.000 ml, yang pada masing – masing sisinya terdapat pipa berukuran 1,5 inci sebagai inlet dan outlet
2. Biodigester berupa pipa pvc diameter 8 inci panjang 1 meter yang ditutup dan dihubungkan dengan sambungan T dengan selang silikon yang ditempelkan pada papan berukuran 1 x 1,5 m yang sudah dilapisi kertas millimeter block yang berfungsi sebagai indikator dan pengukur produksi biogas setiap harinya, dan kantung penampung gas (*gas holder*) yang terbuat dari bahan plastik dengan panjang 0,5 meter yang berfungsi menampung gas yang dihasilkan setiap harinya setelah dihitung volume produksinya
3. Pada sisi U selang silikon diberi air berwarna agar terlihat produksi gas yang dihasilkan sehingga bisa ditandai di kertas millimeter block
4. Pada sisi lain penampung gas dipasang keran untuk mengontrol keluaran gas.

Pembuatan Biogas

1. Masing-masing substrat yang sudah ditentukan berat dan jumlahnya dicampur dan diaduk sehingga terbentuk campuran yang homogen dan merata
2. Campuran dianalisa sebagai karakteristik awal berupa nilai % VS, rasio C/N, suhu, dan pH

3. Dimasukkan isian ke dalam masing-masing biodigester, sebelumnya lubang yang berada di sisi biodigester ditutup.
4. Setelah beberapa hari, gas mulai terbentuk ditandai dengan berubahnya ketinggian air yang berada di selang U dan dicatat kenaikan ketinggian air setiap harinya sampai pada 62 hari pengoperasian.
5. Produksi biogas yang terbentuk tiap harinya diperoleh dari kenaikan air pada manometer U dan dicatat pada kertas millimeter block yang sudah ditempel pada papan. Dari catatan tersebut dapat dilihat produksi biogas yang dihasilkan tiap biodigester dan hingga menghasilkan angka produksi biogas paling optimum
6. Setiap 7 hari sekali dilakukan pengukuran Suhu, pH, dan nilai volatile solid, pada *slurry* outlet tersebut untuk mengetahui jumlah bahan organik yang sudah didegradasi oleh bakteri.

4. Hasil dan Pembahasan

Proses pembentukan biogas ini dilakukan dengan menggunakan tiga buah digester dengan campuran yang berbeda-beda sesuai dengan variasi yang telah ditentukan, Kondisi suhu penelitian berada pada rentan suhu lingkungan kota Samarinda yaitu sekitar 29 - 35°C. Berikut adalah karakteristik awal tiap campuran.

Tabel 4.1 Karakteristik Awal Campuran

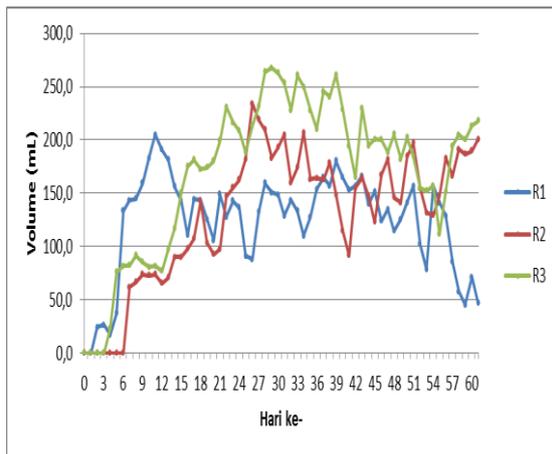
Campuran	pH	Suhu (°C)	C/N (%)
R1 (100% EC: 0% R)	6,72	27,9	35,8
R2 (50% EC: 50% R)	6,05	28,1	26,4
R3 (75% EC: 25% R)	6,43	28,3	29,6

Keterangan :

- EC : Eceng gondok
- R : Rumen sapi

Produksi Biogas

Grafik berikut ini menyajikan jumlah produksi biogas setiap hari pada biodigester.



Gambar 4.1 Grafik Produksi Biogas Harian Tiap Biodigester

Keterangan :

- R1 : 100% Eceng Gondok : 0 % Rumen sapi
- R2 : 50% Eceng Gondok : 50 % Rumen sapi
- R3 : 75% Eceng Gondok : 25 % Rumen sapi

Menurut Suyitno *et al.*, (2012), pada umumnya biogas dapat terbentuk pada 4 – 5 hari setelah biodigester diisi. Perlakuan pada biodigester ke-1 cenderung lebih cepat mengalami penguraian, hal ini disebabkan karena eceng gondok mengandung kadar air yang besar di dalam struktur tubuhnya yaitu sekitar 90%, yang memberikan keuntungan dalam proses fermentasi karena bahan yang memiliki kadar air tinggi lebih mudah untuk dicerna, dan lebih cepat menghasilkan gas (Hambali *et al.*, 2007). Selain itu, perlakuan *pretreatment* dengan memperkecil ukuran pada eceng gondok, sebelum dimasukkan ke dalam biodigester, juga dapat mempercepat terjadinya proses fermentasi oleh bakteri anaerob.

Rendahnya produksi gas yang dihasilkan pada biodigester ke-1 jika dibandingkan dengan dua biodigester lainnya mengindikasikan bahwa produksi gas yang dihasilkan juga cenderung lebih rendah. Kondisi ini terjadi dikarenakan kandungan serat eceng gondok yang terdiri atas 64,51% selulosa, 8% hemiselulosa, dan 7,69% lignin (Astuti, 2010). Selulosa dalam eceng gondok bersifat kristalin, tak mudah larut, dan selulosa pada umumnya memiliki derajat polimerisasi (DP) yaitu 2.000-27.000 glukuan, sehingga tidak mudah didegradasi secara kimia maupun mekanis. Semakin panjang suatu rangkaian selulosa, maka rangkaian selulosa tersebut memiliki serat yang lebih kuat, lebih tahan terhadap pengaruh bahan kimia, cahaya, dan mikroorganisme. Hemiselulosa lebih mudah dihidrolisa oleh asam daripada selulosa, karena hemiselulosa memiliki derajat

polimerisasi yang lebih rendah dibandingkan selulosa (Luthfianto *et al.*, 2012).

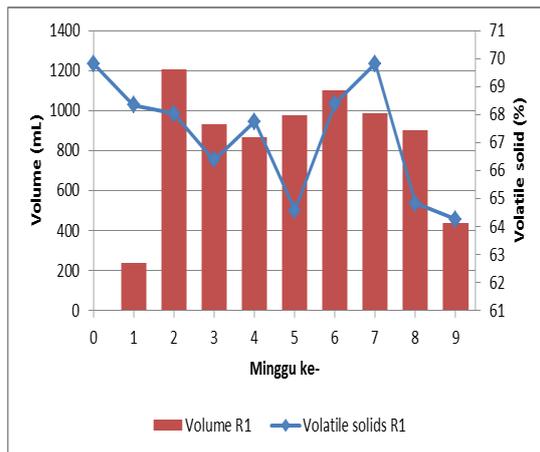
Rasio C/N merupakan salah satu faktor yang turut mempengaruhi produksi biogas. C/N ratio dengan nilai 30 (C/N = 30/1 atau karbon 30 kali dari jumlah nitrogen) akan menciptakan proses pencernaan pada tingkat yang optimum, bila kondisi yang lain juga mendukung. Pada biodigester ke-1 diperoleh data C/N awal sebesar 35,8, dengan kandungan nitrogen sebesar 0,89. Tanpa adanya penambahan substrat lain yang mengandung nitrogen yang lebih banyak, menyebabkan kandungan karbon relatif lebih besar.

Berdasarkan grafik produksi pada tiap biodigester, dibandingkan dengan biodigester ke-3 produksi pada biodigester ke-2 lebih rendah. Faktor penyebabnya dikarenakan kondisi biodigester ke-2 yang asam yaitu memiliki nilai pH dibawah 5,5 yang menyebabkan bakteri metanogenik tidak mampu berkembang, sehingga produksi biogas menjadi terhambat dan rendah. Selain itu pada fermentasi anaerob, tahap awal dalam proses tersebut adalah hidrolisis asetogenesis yang menghasilkan asam asetat sehingga mampu mempengaruhi keasaman dalam biodigester. Nilai pH pada awal perlakuan menunjukkan proses pengasaman dan perubahan bahan organik. Keasaman ini kemungkinan terjadi karena aktivitas bakteri asetogenik. Bakteri metanogenik yang hidup pada rentan pH 6,8 – 8 akan sulit beradaptasi terhadap kondisi lingkungan tersebut hingga sulit berkembang biak bahkan mati.

Pada biodigester ke-3 memiliki jumlah produksi paling tinggi dibandingkan kedua perlakuan sebelumnya, yang mengindikasikan produksi biogas yang dihasilkan juga lebih besar dibanding dua perlakuan sebelumnya. Ini kemungkinan disebabkan pada karakteristik awal yang diperoleh pada biodigester ke-1 merupakan karakteristik biogas yang paling optimum untuk memperoleh hasil produksi terbaik, diantaranya memiliki imbalan rasio C/N yang paling mendekati kondisi ideal sesuai yang dilaporkan dalam Fithry (2010), Rasio C/N yang disyaratkan untuk pembentukan biogas, yaitu sebesar 20-30 : 1. Dalam rumen sapi terdapat bakteri metanogen dan mikrobia penghasil enzim selulosa yang baik untuk eceng gondok yang diketahui mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang merupakan sumber makanan untuk bakteri. Adanya penambahan rumen dapat menambah jumlah mikroorganisme pengurai substrat, sehingga membantu dalam peningkatan produksi biogas.

Hubungan *Volatile Solid* (VS) Terhadap Produksi Biogas

Diperoleh hubungan antara nilai VS dengan volume akumulasi biogas setiap minggu dengan reduksi VS tertinggi ada pada biodigester ke-3 yaitu sebesar 14,14%, selanjutnya adalah biodigester ke-2 dengan nilai penurunan sebesar 9,76%, dan biodigester ke-1 sebesar 7,96%. Rendahnya penurunan VS bisa disebabkan beberapa faktor, antara lain rendahnya komposisi N sebagai nutrisi bagi mikroorganisme perombak substrat, derajat keasaman pada tiap biodigester, suhu, dan komposisi substrat dalam biodigester.

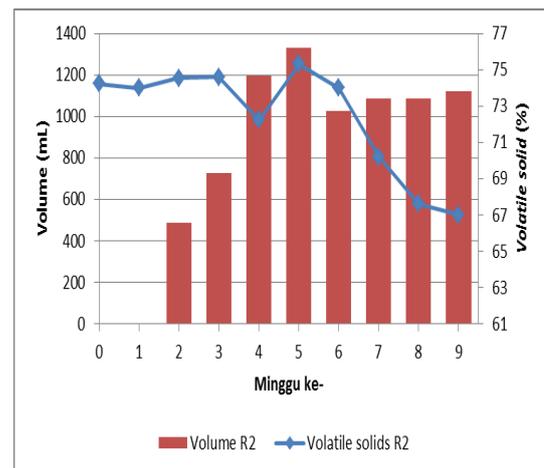


Gambar 4.2 Grafik Nilai VS dan Produksi Akumulatif Biogas per Minggu Pada Biodigester ke-1

Pada biodigester ke-1 (R1), dari minggu ke-1 hingga minggu ke-9 terjadi penurunan nilai VS sebanyak 7,96%. Penurunan pada perlakuan ini merupakan yang terendah bila dibandingkan dengan dua perlakuan lainnya, bila dihubungkan dengan produksi biogas yang dihasilkan biodigester ke-1 juga memiliki jumlah produksi yang paling rendah. Rendahnya penurunan VS tersebut kemungkinan disebabkan jumlah bakteri anaerobik yang mendegradasi zat organik yang menghasilkan biogas cenderung lebih kecil bila dibandingkan dua biodigester lainnya, hal ini dibuktikan dari rasio C/N perlakuan 1 yang besar. Untuk mendegradasi struktur yang kompleks dari eceng gondok menjadi lebih sederhana dibutuhkan waktu yang lebih lama dan dibutuhkan jumlah bakteri anaerobik yang lebih banyak agar proses degradasi zat organik dapat berlangsung lebih cepat dan dapat menghasilkan biogas.

Dalam biodigester ke-2 (R2) karakteristik awal VS adalah sebesar 74,22% dan cenderung mengalami penurunan nilai VS sampai minggu ke-9 dengan

nilai VS sebesar 67,01%. Penurunan nilai VS ini juga diikuti dengan peningkatan akumulasi volume biogas, hingga memasuki minggu ke-7 produksi biogas cenderung turun. Namun pada minggu ke-6 terjadi kenaikan nilai VS menjadi 74,11%. Terjadinya kenaikan tersebut kemungkinan disebabkan adanya penambahan komposisi organik dari sisa jasad mikroorganisme yang telah mati. Setelah minggu ke-6 nilai VS terus mengalami penurunan setiap minggunya hingga mencapai nilai 67,01%, sehingga, penyisihan nilai VS untuk biodigester R2 dari awal hingga minggu ke-11 adalah 9,71%. Hubungan nilai VS dan produksi kumulatif pada biodigester ke-3 dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.

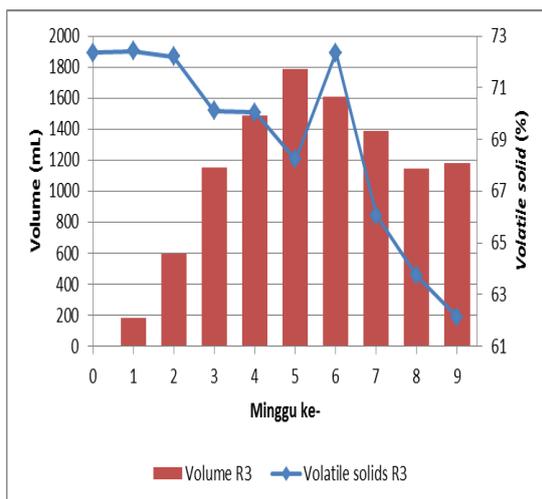


Gambar 4.3 Grafik Nilai VS dan Produksi Akumulatif Biogas per Minggu Pada Biodigester ke-2

Secara umum VS akan mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena bahan-bahan organik mengalami proses degradasi, pada saat reaksi hidrolisis yang akan berubah menjadi senyawa yang larut dalam air. Pada saat reaksi hidrolisis masih berlangsung, zat terlarut tersebut digunakan untuk reaksi selanjutnya yaitu asidogenesis, sehingga total padatan terlarut turun kembali (Kresnawaty *et al.*, 2008 dalam Luthfianto *et al.*, 2012).

Biodigester ke-3 (R3) memiliki nilai VS awal yaitu 72,35% VS hingga minggu ke-9 sebanyak 62,12%. Total reduksi nilai VS pada R3 sebesar 14,14%, total reduksi nilai VS pada biodigester ke-3 merupakan yang tertinggi diantara dua biodigester lainnya. Total volume produksi pada R3 juga memiliki nilai yang sama, kondisi ini terjadi dikarenakan pada R3 memiliki rasio C/N paling ideal untuk bakteri metanogen, selain itu kondisi pH dan suhu dalam biodigester juga turut mempengaruhi produksi biogas. Hubungan nilai VS dan produksi

kumulatif pada biodigester ke-3 dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.

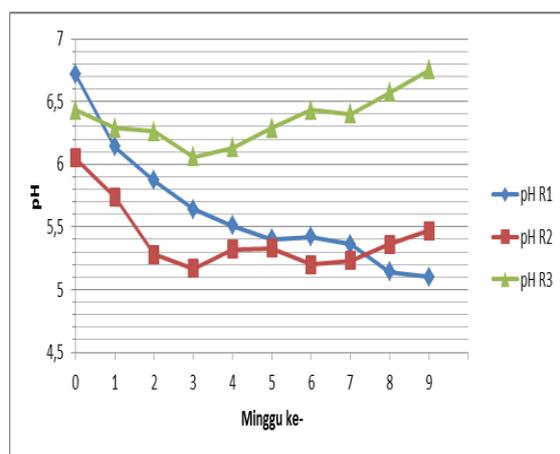


Gambar 4.4 Grafik Nilai VS dan Produksi Akumulatif Biogas per Minggu Pada Biodigester ke-3

Faktor pH, rasio C/N, dan Komposisi substrat eceng gondok yang mengandung bahan kompleks seperti lignin turut mempengaruhi produksi biogas dalam biodigester. pH dan rasio C/N merupakan faktor penting bagi mikroorganisme anaerob khususnya bakteri metanogenik untuk hidup dan berkembang biak. Terbatasnya jumlah bakteri metanogenik menyebabkan proses perombakan substrat cenderung lambat dan kecil. Hal ini bisa menjadi sebab tidak sesuainya hasil produksi dalam biodigester terhadap nilai %VS substrat yang di ambil setiap 7 hari sekali dalam penelitian.

Perubahan Keasaman (pH)

Kenaikan dan penurunan pH masing-masing biodigester dapat dilihat pada Gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 4.5 Grafik Perubahan pH Tiap Biodigester

Keterangan

- R1 : 100 Eceng Gondok : 0 % Rumen sapi
- R2 : 50% ceng Gondok : 50 % Rumen sapi
- R3 : 75% ceng Gondok : 25 % Rumen sapi

Berdasarkan data yang diperoleh pada biodigester ke-1 nilai pH awal berada pada kisaran netral yaitu sebesar 6,72. Selanjutnya pH mengalami penurunan pada minggu pertama hingga minggu ke-9 tercatat nilai pH dalam R1 sebesar 5,1. Seperti yang diketahui, dalam komposisi substrat eceng gondok terdapat lignin. Lignin merupakan molekul kompleks yang tersusun dari unit *phenylpropane* yang terikat dalam struktur tiga dimensi yang sangat sulit terurai (Taherzadeh *et al.*, 2008 dalam Luthfianto *et al.*, 2012). Rendahnya nilai N sebagai sumber nutrisi bagi bakteri anaerob dan tingginya beban substrat dalam biodigester ke-1 menyebabkan degradasi substrat lambat dan terbatas pada tingkat proses hidrolisis dan pengasaman yang menghasilkan asam asetat. Hal inilah yang menyebabkan terjadinya penurunan nilai pH. Menurut Stafford *et al.*, (1980) dalam Suyitno *et al.*, (2012) beban yang terlalu tinggi dapat menghasilkan keadaan jenuh dimana asam lemak volatile (VFA) meningkat yang berakibat produksi gas menurun dan proporsi CO₂ akan meningkat.

Hal yang sama juga terjadi pada biodigester ke-2, pH awal menunjukkan nilai sebesar 6,05 dan terjadi penurunan pada minggu ke-2 hingga minggu ke-9 pH akhir sebesar 5,47. Kondisi asam pada biodigester menyebabkan bakteri metanogenik yang hidup pada rentang pH 5,5 – 8,5 tidak mampu berkembang. Akibatnya produksi biogas yang dihasilkan pada biodigester ke-2 lebih rendah dibanding biodigester ke-3 yang memiliki perlakuan berbeda. Ketidaksihambatan bakteri asam dan metan dapat menyebabkan produksi gas tidak optimal. Hal ini diperkuat oleh Luthfianto, *et al.* (2012) bahwa masalah utama dalam proses konversi anaerobik adalah kemungkinan tidak seimbangnya populasi mikroorganisme dalam reaktor. Bakteri pembentuk metana memiliki laju pertumbuhan yang jauh lebih rendah dibanding bakteri pembentuk asam. Dominasi bakteri pembentuk asam menyebabkan kondisi asam pada reaktor yang dapat menurunkan aktivitas bakteri pembentuk metana atau bahkan menginhibisi.

Lambatnya proses asidogenesis dan metanogenesis dapat disebabkan oleh turunnya tingkat hidrolisis. Tahap hidrolisis merupakan tahap pengendali waktu dalam anaerobik digestion. Tingkat hidrolisis dipengaruhi oleh kondisi substrat, konsentrasi

bakteri serta kondisi lingkungan seperti pH dan suhu.

Dalam biodigester ke-3 (R3), tercatat pH awal sebesar 6,43, merupakan rentan pH untuk bakteri metanogenik hidup. Dalam data yang diperoleh juga pada minggu ke – 2 hingga ke-5, nilai pH mengalami penurunan. Namun pada minggu ke-6 diperoleh nilai pH pada R3 mengalami kenaikan hingga pada minggu ke-9, nilai pH akhir sebesar 6,75. Perubahan pH pada biodigester ke-3 tersebut terjadi dikarenakan adanya tingkatan proses fermentasi anaerob yang terdiri dari tahap hidolisis, pengasaman, hingga proses metanogenesis yang berperan dalam menaikkan nilai pH.

Perubahan Temperatur/ Suhu

Berdasarkan hasil pengamatan, dapat dilihat suhu dari masing-masing biodigester, setiap 7 hari sekali berkisar pada 29 – 34 °C dan tidak terdapat perbedaan signifikan setiap minggunya. Secara umum, suhu pada biodigester cenderung mengalami kenaikan, hal ini disebabkan pada proses asetogenensis dan metanogenesis merupakan kategori eksergonik, yaitu proses metabolisme kimiawi oleh mikroorganisme dalam merombak substrat organik yang disertai pelepasan energi (Deublein dan Steinhauster dan Steinhauster, 2008). Energi hasil metabolisme mikroorganisme tersebut berupa kalor yang mempengaruhi suhu lingkungan pada biodigester. Pada biodigester selain dipengaruhi oleh temperatur lingkungan, juga dipengaruhi oleh aktifitas mikroorganisme dan gas metan yang dihasilkan. Berikut hasil pengamatan suhu tiap biodigester.

Tabel 4.2 Suhu Biodigester Per Minggu

Minggu Ke-	Suhu (°C)		
	R1	R2	R3
0	29,7	30,3	30,5
1	30,2	31,5	29,2
2	31,4	32,1	29,7
3	31,2	32,2	31,3
4	29,5	32,6	32,5
5	30,7	31,4	33,6
6	29,8	29,3	31,8
7	31,3	30,4	32,4
8	29,3	30,5	31,6
9	29,2	29,5	30,1

Keterangan :

- R1 : 100% Eceng Gondok : 0 % Rumen sapi
- R2 : 50% Eceng Gondok : 50 % Rumen sapi
- R3 : 75% Eceng Gondok : 25 % Rumen sapi

Produksi biogas akan menurun secara cepat akibat perubahan temperatur yang mendadak di dalam reaktor (Ginting, 2007). Bakteri metanogenik berkembang lambat dan sensitif terhadap perubahan mendadak pada kondisi-kondisi fisik dan kimiawi. Berdasarkan data temperatur yang terdapat dalam

tiap digester, bakteri yang dominan berpengaruh dalam pembentukan gas metan adalah bakteri dari golongan *mesophilic*. Bakteri *mesophilic* adalah bakteri yang mudah dipertahankan pada kondisi buffer yang mantap dan dapat tetap aktif pada perubahan yang kecil, khususnya bila perubahan berjalan perlahan. Pada temperatur yang rendah 15°C laju aktivitas bakteri setengahnya dari laju aktivitas pada temperatur 35°C. dibawah temperatur 10°C bakteri *mesophilic* akan berhenti beraktivitas. Apabila bakteri bekerja pada temperatur 40°C produksi gas akan berjalan cepat hanya beberapa jam tetapi untuk sisa harinya produksinya akan sedikit (Hambali *et al.*, 2007).

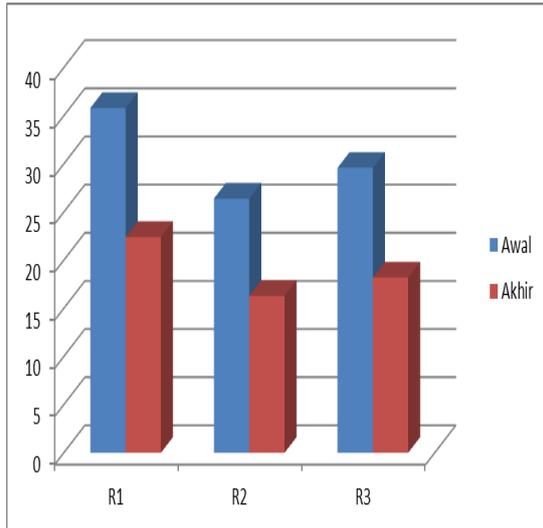
Uji Nyala Api

Uji nyala api bertujuan untuk mengetahui potensi kandungan biogas yang diproduksi dari masing – masing digester. Gas metan adalah komponen penting dan utama dari biogas karena memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, dan jika gas yang dihasilkan dari proses fermentasi anaerob ini dapat terbakar, berarti sedikitnya gas tersebut mengandung 45% gas metan.

Biodigester ke-1 tidak dapat menyala pada saat dilakukan uji nyala api pada minggu ke-1 hingga minggu ke-3. Menurut Deublein dan Steinhauser, (2008) biogas dapat terbakar apabila mengandung metana lebih dari 50% yang menghasilkan api biru. Pengamatan uji nyala api pada biodigester ke-2 dan 3 biogas yang dihasilkan dapat terbakar pada minggu ke-3. Api yang dihasilkan berwarna biru kemerahan, hal tersebut berarti pada biodigester ke-2 maupun 3 biogas yang dihasilkan sudah mengandung gas metana, namun kandungan metananya masih sangat sedikit dibanding komposisi gas lain seperti hidrogen atau karbondioksida. Keberadaan bakteri metanogen di dalam rumen sapi tersebut mempercepat proses fermentasi, sehingga proses pembentukan biogas pada tangki pencerna dapat dilakukan lebih cepat.

Rasio C/N Akhir

Berdasarkan kondisi awal, rasio C/N masing – masing campuran pada biodigester ke-1, 2, dan 3 adalah 35.8, 26.4, dan 29.6. sampai pada hari ke-62 diperoleh rasio C/N akhir substrat dari masing – masing biodigester sebesar 22,4 untuk biodigester ke-1, 16,3 untuk biodigester ke-2, dan sebesar 18,2 untuk biodigester ke-3. Gambar 4.6 menunjukkan perubahan rasio C/N masing – masing digester.



Gambar 4.6 Perubahan Rasio C/N Tiap Digester

Nilai rasio C/N dari masing-masing biodigester mengalami penurunan setelah mengalami proses fermentasi selama 60 hari. Hal ini disebabkan oleh unsur karbon dan bahan organik lainnya telah didekomposisi oleh bakteri. Unsur karbon dan bahan organik merupakan makanan pokok bagi bakteri anaerob. Menurut Siallagan (2010) dalam Yenni *et al.*, (2012), bakteri yang ada selama proses fermentasi telah menggunakan unsur karbon (C) sebagai energinya dan nitrogen (N) untuk membangun struktur sel tubuhnya.

Biodigester ke-1 (R1) memiliki rasio C/N akhir paling tinggi dibandingkan dua biodigester lainnya, disebabkan perombakan pada R1 cenderung lebih lambat dibanding R2 dan R3 karena komposisi eceng gondok yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang merupakan struktur kompleks dan membutuhkan waktu untuk penguraian.

Berdasarkan hasil pengujian kondisi akhir bahan isian, maka sisa dari bahan isian yang digunakan pada pengujian pembentukan biogas ini (residu) relatif dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik baik berbentuk padat maupun cair. Rasio C/N yang diizinkan untuk suatu bahan agar bisa menjadi pupuk padat berkisar 12 - 25 dengan kadar air maksimal 35% (Suriadikarta *et al.*, 2004 dalam Yenni *et al.*, 2012). Menurut standar kualitas kompos SNI : 19-7030-2004, kompos yang baik memiliki kandungan minimum 0,40% untuk unsur nitrogen, nilai rasio C/N pada rentan 10-20 dan Karbon antara 9,80-32%.

5. Penutup

- Produksi gas tertinggi terdapat pada biodigester ke-3 (75% eceng gondok : 25% isi rumen sapi) dengan variasi campuran 75% eceng gondok dan 25% isi rumen sapi, dengan nilai VS awal 72,35% dan rasio C/N awal sebesar 29,6. Total Produksi sebesar 10.525,28 mL.
- Variasi campuran antara eceng gondok dan limbah isi rumen sebagai bahan penghasil biogas memiliki pengaruh terhadap produksi biogas, kualitas gas, pH, dan rasio C/N akhir. Penyisihan % VS tertinggi pada biodigester ke-3 sebesar 14,14%, pH akhir terendah terdapat pada biodigester ke-1 sebesar 5.1, Rasio C/N akhir tertinggi pada biodigester ke-1 sebesar 22,4 dan terendah pada biodigester ke-2 sebesar 16,3. Suhu tiap biodigester pada rentan suhu bakteri *mesophilic* yakni pada suhu 29-34°C.
- Pada uji nyala api, biodigester ke-2 dan 3 merupakan perlakuan yang paling cepat terbakar yaitu pada minggu ke-3, sedangkan pada perlakuan biodigester ke-1 gas yang dihasilkan baru mulai terbakar pada minggu ke-5. Warna nyala api pada ketiga biodigester rata – rata berwarna biru kemerahan.

6. Daftar Pustaka

- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. 2013. *Outlook Energi Indonesia : Pengembangan Energi dalam Mendukung Sektor Transportasi dan Industri Pengolahan Mineral*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta.
- Deublein, D., dan Steinhauser, A. 2008. *Biogas from Waste and Renewable Resources. An Introduction*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA. Weinheim.
- Fithry, Yulia. 2010. *Pengaruh Penambahan Cairan Rumen Sapi Pada Pembentukan Biogas Dari Sampah Buah Mangga Dan Semangka*. Tesis Magister Teknik. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Ginting, Perdana S. 2007. *Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri*. Yrama Widya. Bandung.
- Hambali, E., Mujdalipah, S., Tambunan, A. H., Pattiwiri A. W., Hendroko R. 2007. *Teknologi Bioenergi*. Jakarta. Agromedia Pustaka.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2009. *Penuntun Praktis Pemanfaatan Eceng Gondok Menjadi*

Pupuk Organik dan Biogas untuk Pemulihan Kualitas Danau dan Waduk. Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta.

Kumar, Sunil. 2012. *Biogas*. Intech. Rijeka
Luthfianto D., Mahajoeno E., Sunarto. 2012. *Produksi Biogas dari Limbah Peternakan Ayam*, Jurnal Bioteknologi 9. Program Studi Biosains. Program Pasca Sarjana Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

Putera, R. D. H., 2012. *Ekstraksi Serat Selulosa dari Tanaman Eceng Gondok dengan Variasi Pelarut*. Program Studi Teknik Kimia Universitas Indonesia. Depok.

Ridhuan, Kms., Norvendo, Hindi. 2012. *Pengaruh Perbandingan Eceng Gondok dan Kotoran Sapi Terhadap Proses Fermentasi untuk Mendapatkan Energi Biogas*. Jurnal Mechanical Volume 3 Nomor 2.

Seadi, T. A., Rutz, D., Prassl, H., Köttner, M., Finsterwalder, T., Volk, S., Janssen R. 2008. *Biogas Handbook*. University of Southern Denmark Esbjerg. Denmark.

Sjafruddin, Rahmaniah. 2011. *Produksi Biogas Dari Substrat Campuran Sampah Buah Menggunakan Starter Kotoran Sapi*. Jurnal Teknologi Media Perspektif Vol. 11 No. 2. Hal. 62-67.

Suyitno, Nizam, M., Dharmanto. 2012. *Teknologi Biogas: Pembuatan, Operasional, dan Pemanfaatan*. Graha Ilmu. Yogyakarta.

Yenni, Dewilda, Y., Sari, S. M. 2012. *Uji Pembentukan Biogas Dari Substrat Sampah Sayur dan Buah dengan Ko-Substrat Limbah Isi Rumen*. Jurnal Teknik Lingkungan UNAND 9 (1) Hal. 26 – 36.