

PRODUKSI BIOGAS DARI ECENG GONDOK

BIOGAS PRODUCTION FROM WATER HYACINTH

Yulinah Trihadiningrum*, Deqi Rizkivia Radita, Siti C. Andriati, danFitria Meirina
Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-ITS
*e-mail: yulinah_t@enviro.its.ac.id

Abstract

Water hyacinth (*Eicchornia crassipes*) has high cellulose and hemicellulose contents and low lignin content. Therefore, water hyacinth biomass is very potential to be used as raw material for bioenergy production. This water weed is commonly found in eutrophied rivers and water channels, or harvested from waste water treatment lagoons. This research is aimed to collect data and information on water hyacinth potential in producing bioenergy in the forms of biogas. This research is also aimed to determine the optimum condition for biogas productions, particularly the pretreatment methods and water hyacinth slurry and biostarter ratios. Research on biogas production was initiated by testing two types of biostarters. The intestine of terrestrial snail and cow faeces were applied in different anaerobic reactors, which contained water hyacinth slurry. The best biostarter was selected for biogas production in anaerobic reactors at different water hyacinth slurry and biostarter ratios of 75/25, 50/50, and 25/75. Control reactors, which contained water hyacinth slurry, and other control reactors, which contained biostarter solution, also prepared. Optimum condition which can be recommended for biogas production from water hyacinth is as follows: water hyacinth slurry with COD value of 5000-6000 mg/L is mixed with cow faeces at water hyacinth slurry and biostarter ratio of 75/25, and retention time of 20 days.

Keywords: *Eicchornia crassipes*, biogas, F/M ratio, biostarters

1. PENDAHULUAN

Eceng gondok merupakan salah satu gulma akuatik yang banyak dijumpai pada perairan seperti di sungai-sungai Kota Surabaya (Anonim, 2008), danau, serta waduk yang mengalami eutrofikasi. Eceng gondok juga merupakan tanaman air yang umum digunakan pada *wetland*. *Wetland* merupakan salah satu metoda pengolahan air limbah pertanian, domestik, pertambangan, dan drainase kota yang banyak diterapkan untuk mengurangi penyebab pencemaran air (Davis, 1984; Kivaisi, 2001; Greenway dan Woolley, 1999). Contoh penggunaan eceng gondok untuk *wetland* antara lain pada pengolahan air limbah domestik di Desa Tlogomas, Kota Malang (Trihadiningrum *et al.*, 2008 dan Suwardjie, 2009) dan air limbah industri tekstil di India (Verma, Singh, dan Rai, 2006).

Pada umumnya hasil panen eceng gondok dibuang atau dibakar (Gunnarsson dan

Petersen, 2006). Apabila gulma tersebut dibakar akan dibutuhkan bahan bakar dan emisinya akan membahayakan kesehatan, sedangkan apabila eceng gondok tersebut dibuang ke TPA maka dapat meningkatkan kebutuhan luas lahan TPA.

Pertumbuhan industri dan peningkatan jumlah penduduk berdampak pada peningkatan kebutuhan energi. Sisa cadangan minyak Indonesia pada tahun 2006 sebesar \pm 9 miliar barrel dan diperkirakan akan habis dalam dua dekade (ESDM, 2005). Oleh karena itu, diperlukan sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui untuk menggantikan energi dari minyak bumi. Kreuzig (2007), menyarankan agar gulma yang digunakan dalam pengoperasian *wetland* dimanfaatkan untuk menghasilkan bioenergi.

Pada prinsipnya biomassa gulma berpotensi sebagai bahan untuk pembuatan bioenergi seperti biogas (Trihadiningrum *et al.*, 2008).

Pembentukan biogas terjadi melalui tiga tahap yaitu hidrolisis, pembentukan senyawa-senyawa asam (acidogenesis dan asetogenesis), dan pembentukan metana (metanogenesis) (Verma, 2002 dan Polprasert, 1996). Oleh karena itu, dilakukan penelitian produksi biogas dari eceng gondok dengan teknologi tepat guna, ekonomis, dan mudah diaplikasikan.

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengkaji potensi eceng gondok sebagai bioenergi berupa biogas dengan menentukan kondisi optimum proses pembentukan biogas. Kondisi optimum proses tersebut meliputi rasio eceng gondok dan biostarter yang optimum dan kondisi optimum reaktor biogas. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengkaji karakteristik *sludge* hasil proses pembuatan biogas sebagai *soil conditioner* dan pakan ternak.

2. METODA

Eceng gondok yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari badan air yang tereutrofikasi. *Slurry* eceng gondok dibuat dari hasil perajangan eceng gondok yang dicampur dengan air. Bagian eceng gondok yang digunakan adalah daun dan batang. Daun dan batang eceng gondok yang telah dipotong kecil-kecil lalu diblender dengan ditambahkan air. Perbandingan antara eceng gondok dengan air adalah 1:3 (ditambahkan 150 mL air pada 50 g eceng gondok).

Biostarter yang digunakan pada penelitian ini adalah kotoran sapi segar. Kotoran sapi digunakan karena mengandung bakteri pengurai selulosa yang dapat memulai dan mendukung produksi biogas (Chanakya *et al.*, 1993). Kotoran sapi segar terlebih dahulu diencerkan sebelum dicampurkan dengan *slurry* eceng gondok. Perbandingan antara kotoran sapi dengan air adalah 1:1 (ditambahkan 100 mL air pada 100 g kotoran sapi). Kotoran sapi dan air diaduk sampai tercampur rata.

Slurry eceng gondok (EG) dan kotoran sapi (KS) dicampurkan sesuai variasi yang telah ditetapkan dan dibuat dengan dua kali ulangan. Pencampuran dilakukan berdasarkan % volume (v/v). Variasi *slurry* eceng gondok (EG):kotoran sapi (KS) adalah sebagai berikut, 75% EG:25% KS (reaktor 3 dan 4), 50% EG:50% KS (reaktor 5 dan 6), dan 25% EG:75% KS (reaktor 7 dan 8). Selain variasi tersebut, disiapkan dua buah *slurry* blanko yaitu 100% EG (reaktor 1 dan 2) dan 100% KS (reaktor 9 dan 10).

Reaktor biogas yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari labu erlenmeyer 1 L, labu erlenmeyer 250 mL, gelas ukur 1 L, tutup karet labu erlenmeyer, wadah plastik, dan selang plastik. *Slurry* eceng gondok dimasukkan dalam labu erlenmeyer 1 L. Gelas ukur 1 L diisi penuh dengan air dan diletakkan terbalik pada wadah plastik yang berisi air. Volume biogas yang dihasilkan dapat diamati dari penurunan muka air pada gelas ukur. Tinggi muka air di dalam gelas ukur dicatat setiap hari guna mengetahui volume biogas yang terbentuk. Labu erlenmeyer 250 mL kosong diletakkan diantara labu erlenmeyer 1 L dan gelas ukur 1 L. Labu erlenmeyer tersebut berfungsi sebagai pengaman agar air dalam gelas ukur tidak masuk ke dalam labu erlenmeyer 1 L dan sebaliknya. Udara dialirkan dari labu erlenmeyer menuju ke gelas ukur melalui selang plastik. Mulut labu erlenmeyer ditutup rapat dengan tutup karet yang dilapisi lilin dan lilin mainan untuk menjaga kondisi anaerob dalam labu.

Volume biogas yang terbentuk tiap harinya dicatat dan dibuat grafik. Dari grafik tersebut dapat dilihat volume biogas yang dihasilkan tiap reaktor dan reaktor yang menghasilkan biogas paling optimum. Apabila grafik sudah menunjukkan tidak adanya penambahan volume biogas berarti proses pembentukan biogas telah selesai. *Slurry* awal dan akhir proses biogas diuji karakteristiknya. Karakteristik *slurry* yang diuji meliputi COD, kadar air, *total solids* (TS), dan *volatile solids*

(VS). *Sludge* hasil proses pembentukan biogas diuji nilai COD, kadar air, TS, VS, N, dan P. Karakteristik *sludge* dibandingkan karakteristik pupuk cair untuk mengetahui potensi *sludge* sebagai *soil conditioner*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Awal *Slurry* Biogas Eceng Gondok

Slurry eceng gondok yang telah dicampurkan dengan biostarter sesuai variasi yang ditetapkan diuji karakteristik awalnya. Hasil pengujian karakteristik awal ini digunakan sebagai pembanding terhadap karakteristik akhir *slurry*. Karakteristik yang diuji meliputi nilai COD, kadar air, TS, dan VS. Pengujian dilakukan sebelum *slurry* dimasukkan ke dalam reaktor biogas. Karakteristik awal *slurry* dapat dilihat pada Tabel 1.

Selama penelitian berlangsung, timbul letupan pada beberapa reaktor, yang menyebabkan keluarnya sebagian *slurry* sehingga mengganggu pengamatan. Reaktor 1 sampai 4 tidak mengalami letupan. Letupan tersebut diperkirakan timbul akibat kurang homogenya ukuran partikel dalam *slurry* yang menghalangi biogas keluar menuju unit pengukur volume. Reaktor yang mengalami letupan adalah reaktor dengan komposisi 50% EG:50% KS (reaktor 5 dan 6), 25% EG:75% KS (reaktor 7 dan 8), dan kontrol 100% KS (reaktor 9 dan 10). Besarnya tekanan biogas yang terbentuk dapat disebabkan oleh tingginya kandungan bahan organik dalam *slurry*, yang dinyatakan dengan nilai COD. Oleh karena itu, dilakukan pengulangan pembuatan *slurry* dengan pengenceran. Karakteristik awal *slurry* setelah dilakukan pengenceran dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Karakteristik Awal *Slurry* Biogas Eceng Gondok

Reaktor	Komposisi EG : KS (%)	COD (mg/L)	COD rata-rata (mL)	Kadar Air (%)	Kadar Air rata-rata (%)	TS (%)	TS rata-rata (%)	VS (%)	VS rata-rata (%)
1	100 : 0	6.591	6.442	98,17	98,25	1,83	1,75	80,32	80,10
2		6.292		98,34		1,66		79,87	
3	75 : 25	28.162	27.563	97,08	96,90	2,92	3,10	84,00	84,66
4		26.964		96,72		3,28		85,32	
5	50 : 50	70.706	70.706	95,74	96,15	4,26	3,85	86,67	86,24
6		70.706		96,56		3,44		85,81	
7	25 : 75	119.840	113.848	93,77	93,79	6,23	6,21	87,47	87,46
8		107.856		93,80		6,20		87,46	
9	0 : 100	1.228.442	1.273.385	90,89	90,73	9,11	9,27	86,12	86,21
10		1.318.328		90,56		9,44		86,30	

Keterangan : EG = Eceng Gondok
KS = Kotoran Sapi

Tabel 2. Karakteristik Awal *Slurry* Biogas Eceng Gondok Setelah Dilakukan Pengenceran

Reaktor	Komposisi EG : KS (%)	COD (mg/L)	COD rata-rata (mg/L)	Kadar Air (%)	Kadar Air rata-rata (%)	TS (%)	TS rata-rata (%)	VS (%)	VS rata-rata (%)
1	100 : 0	6.591	6.442	98,17	98,25	1,83	1,75	80,32	80,10
2		6.292		98,34		1,66		79,87	
3	75 : 25	28.162	27.563	97,08	96,90	2,92	3,10	84,00	84,66
4		26.964		96,72		3,28		85,32	
5	50 : 50	14.035	14.035	99,25	99,27	0,75	0,73	79,27	79,79
6		14.035		99,28		0,72		80,30	
7	25 : 75	15.789	16.228	98,81	98,92	1,19	1,08	83,48	82,47
8		16.666		99,04		0,96		81,46	
9	0 : 100	5.263	5.088	99,65	99,68	0,35	0,32	78,44	76,43
10		4.912		99,70		0,30		74,43	

Keterangan : EG = Eceng Gondok
KS = Kotoran Sapi

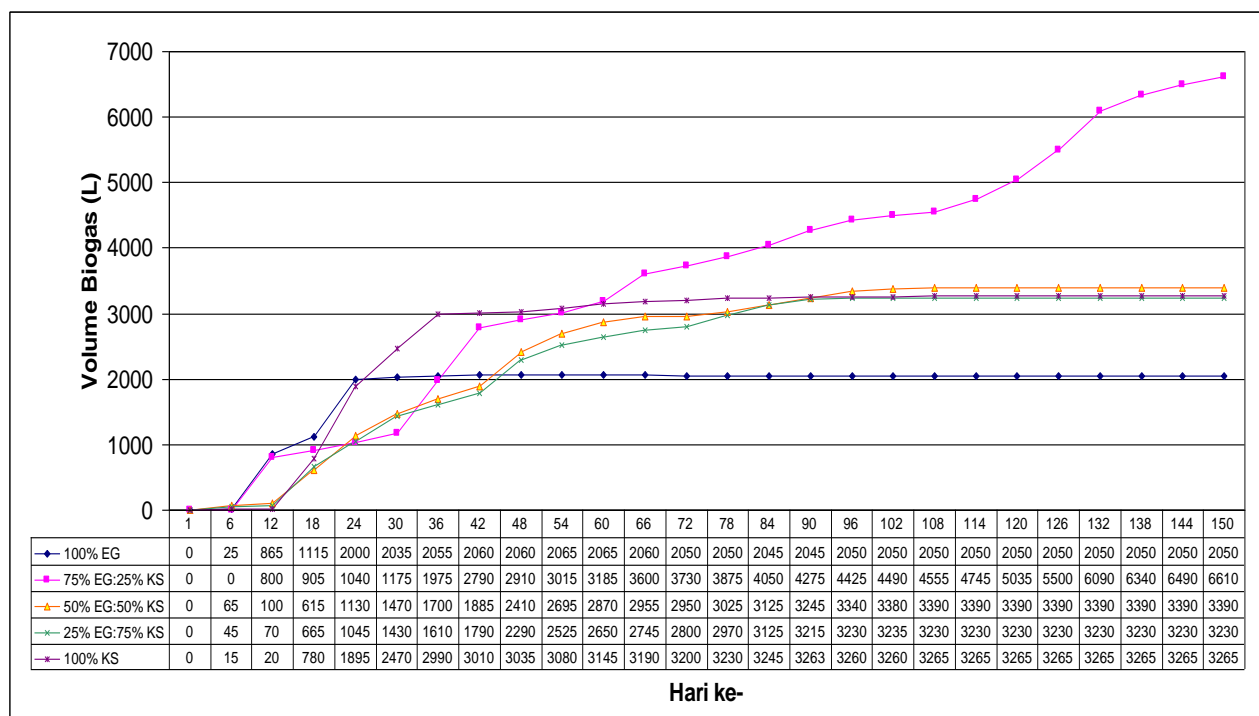
Dapat dilihat pada Tabel 2 bahwa reaktor yang diencerkan mengalami penurunan nilai COD dan peningkatan kadar air. Setelah dilakukan pengenceran tersebut reaktor sudah tidak mengalami letupan lagi. Maka dapat disimpulkan bahwa nilai COD *slurry* eceng gondok dalam reaktor tidak boleh terlalu tinggi agar biogas dapat keluar dari *slurry* dengan mudah. Nilai COD *slurry* eceng gondok yang disarankan berkisar antara 5.000-30.000 mg/L.

Volume Biogas yang Terbentuk

Pengamatan pembentukan biogas dilakukan setiap hari mulai dari reaktor pertama beroperasi sampai tidak dihasilkannya biogas. Dilakukan pencatatan volume pembentukan biogas dalam mL. Penurunan muka air pada tabung reaksi menunjukkan volume biogas yang terbentuk. Kurva hasil pengamatan pembentukan biogas dapat dilihat pada Gambar 1. Volume biogas yang terbentuk pada tiap reaktor dapat dilihat pada Tabel 3.

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa biogas pada tiap reaktor mulai terbentuk mulai hari ke-6. Setelah itu kurva terus menunjukkan

peningkatan volume biogas yang dihasilkan. Reaktor dengan 100% EG (reaktor 1 dan 2) menunjukkan proses pembentukan biogas telah berhenti pada hari ke-24. Hal tersebut dapat dilihat pada kurva yang menunjukkan garis konstan setelah hari ke-24. Pada reaktor dengan 50% EG:50% KS (reaktor 5 dan 6), 25% EG:75% KS (reaktor 7 dan 8), dan 100% KS (reaktor 9 dan 10) masing-masing menunjukkan proses pembentukan biogas telah terhenti pada hari ke-120, 96, dan 90. Sedangkan pada reaktor dengan 75% EG:25% KS (reaktor 3 dan 4) biogas masih terus terbentuk hingga hari ke-150. Reaktor 3 dan 4 juga menghasilkan volume biogas tertinggi, yaitu sebesar 6.610 mL. Hal tersebut terjadi karena nilai COD pada reaktor 3 dan 4 lebih tinggi dibandingkan dengan reaktor lainnya. Semakin tinggi kandungan bahan organik dalam *slurry* yang ditunjukkan oleh tingginya nilai COD, semakin banyak volume biogas yang dihasilkan. Demikian pula waktu pembentukan biogas menjadi semakin panjang. Data pada Tabel 3 dan Gambar 1 membuktikan bahwa eceng gondok memiliki potensi yang tinggi sebagai bahan baku dalam proses pembuatan biogas.



Gambar 1. Kurva Pembentukan Biogas

Tabel 3. Volume Biogas yang Terbentuk Pada Tiap Reaktor

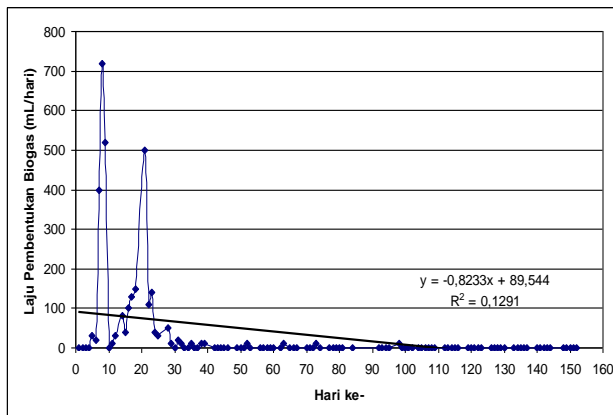
Reaktor	Komposisi EG:KS	COD awal (mg/L)	COD awal rata-rata (mg/L)	Volume Biogas (mL)	Volume Biogas rata-rata (mL)
1	100 : 0	6.591	6.442	3.120	2.050
2		6.292		980	
3	75 : 25	28.162	27.563	7.420	6.610
4		26.964		5.800	
5	50 : 50	14.035	14.035	3.690	3.390
6		14.035		3.090	
7	25 : 75	15.789	16.228	3.260	3.230
8		16.666		3.200	
9	0 : 100	5.263	5.088	6.130	3.265
10		4.912		400	

Keterangan : EG = Eceng Gondok
KS = Kotoran Sapi

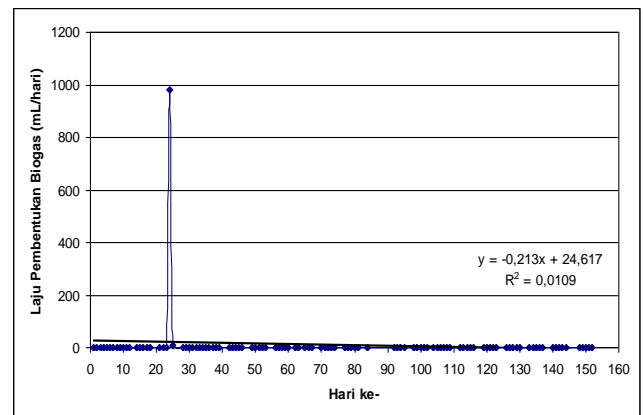
Laju Pembentukan Biogas

Laju pembentukan biogas per hari dapat dilihat pada Gambar 2. a-j. Data laju pembentukan biogas dapat menunjukkan

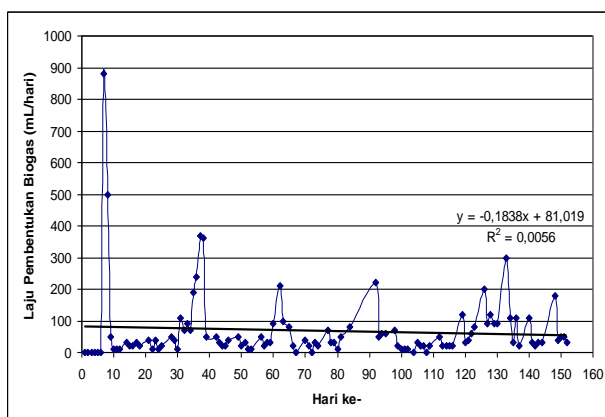
waktu puncak pembentukan biogas. Data waktu puncak pembentukan biogas tersebut dapat dijadikan acuan untuk mendesain reaktor biogas.



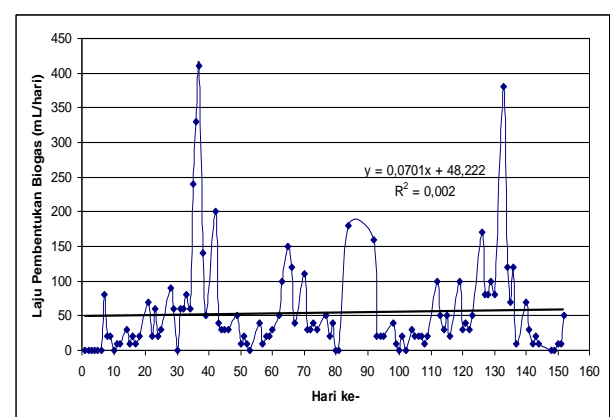
(a) Laju pembentukan biogas pada Reaktor 1 (kontrol, *slurry* eceng gondok 100%)



(b) Laju pembentukan biogas pada Reaktor 2 (kontrol, *slurry* eceng gondok 100%)

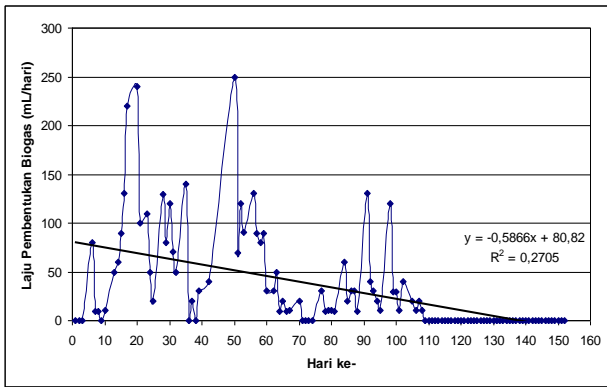


(c) Laju pembentukan biogas pada Reaktor 3 (*slurry* eceng gondok : kotoran sapi = 75:25)

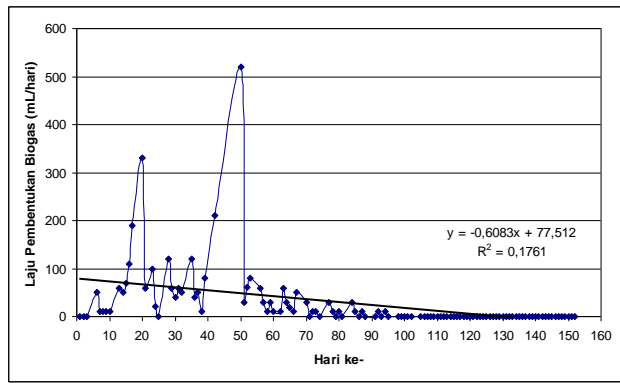


(d) Laju pembentukan biogas pada Reaktor 4 (*slurry* eceng gondok : kotoran sapi = 75:25)

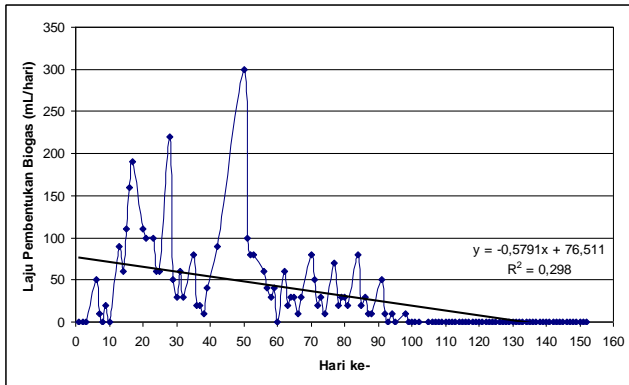
Gambar 2. Laju Pembentukan Biogas



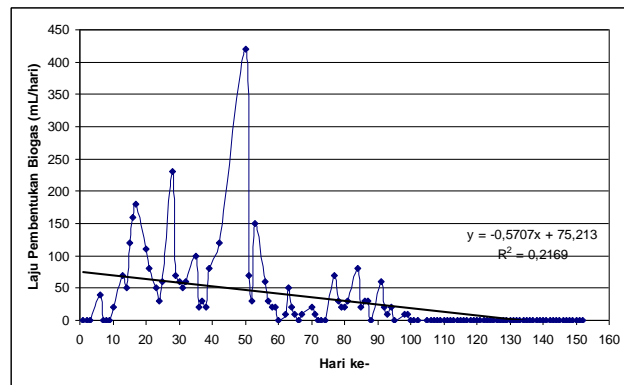
(e) Laju pembentukan biogas pada Reaktor 5 (*slurry* eceng gondok : kotoran sapi = 50:50)



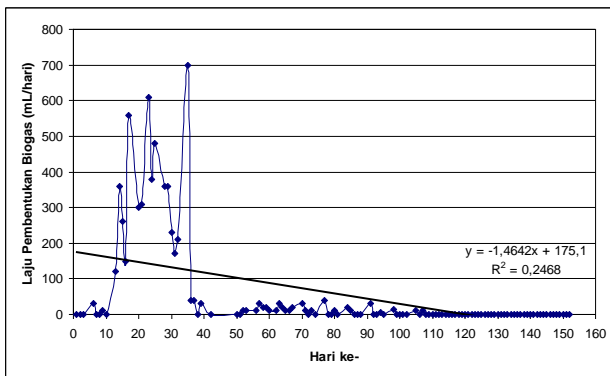
(f) Laju pembentukan biogas pada Reaktor 6 (*slurry* eceng gondok : kotoran sapi = 50:50)



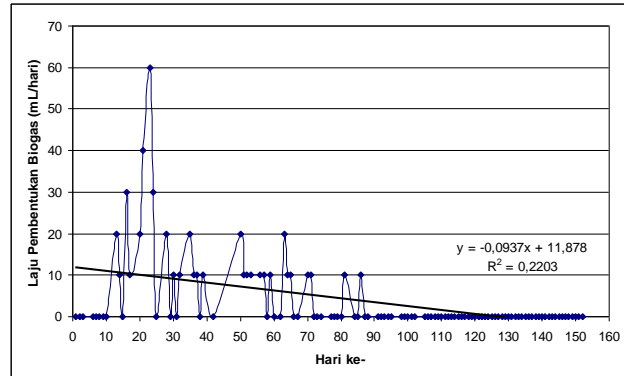
(g) Laju pembentukan biogas pada Reaktor 7 (*slurry* eceng gondok : kotoran sapi = 25:75)



(h) Laju pembentukan biogas pada Reaktor 8 (*slurry* eceng gondok : kotoran sapi = 25:75)



(i) Laju pembentukan biogas pada Reaktor 9 (kontrol, *slurry* kotoran sapi 100%)



(j) Laju pembentukan biogas pada Reaktor 10 (kontrol, *slurry* kotoran sapi 100%)

Gambar 2. Laju Pembentukan Biogas (lanjutan)

Reaktor 1 yang berisi *slurry* eceng gondok 100% (Gambar 2. a) menunjukkan bahwa biogas mulai terbentuk pada hari ke-5 dan

mencapai laju pembentukan biogas tertinggi pada hari ke-8 (720 mL/hari). Setelah hari ke-8, produksi biogas mulai menurun, tetapi

terjadi lagi produksi biogas dengan laju 500 mL/hari pada hari ke-21. Kurva laju pembentukan biogas mengalami penurunan setelah hari ke-21 dan berhenti pada hari ke-39. Berbeda dengan reaktor 1 yang mengalami fluktuasi produksi biogas, pada reaktor kontrol kedua (Gambar 2. b) puncak laju pembentukan biogas terjadi pada hari ke-24 (980 mL/hari). Produksi biogas pada reaktor kontrol kedua berhenti pada hari ke-28.

Puncak laju pembentukan biogas pada reaktor 3 yang berisi *slurry* eceng gondok dan kotoran sapi 75:25 (Gambar 2. c) terjadi pada hari ke-7 (880 mL/hari). Sedangkan pada reaktor 4 (Gambar 2. d) puncak laju pembentukan biogas terjadi pada waktu yang lebih lama, yaitu pada hari ke-37 sebesar 410 mL/hari. Namun, sebetulnya terbentuknya biogas pada reaktor 4 telah terjadi pada hari ke-7. Kurva laju pembentukan biogas pada reaktor 3 dan 4 yang berisi substrat sama menunjukkan fluktuasi produksi biogas yang berbeda. Lama waktu pembentukan biogas pada kedua reaktor tersebut masih berlangsung hingga hari ke-150. Lamanya waktu pembentukan biogas pada reaktor 3 dan 4 disebabkan nilai COD *slurry* yang tinggi, yaitu di atas 20.000 mg/L.

Pada reaktor 5 (Gambar 2. e) yang berisi *slurry* eceng gondok dan kotoran sapi 50:50 terjadi dua puncak laju pembentukan biogas, yaitu pada hari ke-20 dan 50 dengan nilai masing-masing sebesar 240 mL/hari dan 250 mL/hari. Biogas pada reaktor 5 sudah mulai terbentuk pada hari ke-6 dan berhenti pada hari ke-108. Pada reaktor 6 (Gambar 2.f) puncak laju pembentukan biogas terjadi pada hari ke-50 sebesar 520 mL/hari. Biogas pada reaktor 6 mulai terbentuk seperti pada reaktor 5, yaitu pada hari ke-6. Tetapi produksi biogas pada reaktor 6 berhenti lebih awal, yaitu pada hari ke-94. Laju produksi biogas juga berbeda pada reaktor 5 dan 6 yang berisi *slurry* eceng gondok dan kotoran sapi sama (50:50).

Puncak laju pembentukan biogas pada reaktor 7 (Gambar 2. g) dan 8 (Gambar 2. h) yang berisi *slurry* eceng gondok dan kotoran sapi 25:75 terjadi pada hari yang sama, yaitu pada hari ke-50 dengan volume biogas masing-masing sebesar 300 dan 420 mL/hari. Biogas pada kedua reaktor tersebut juga mulai terbentuk pada hari yang sama, yaitu pada hari ke-6. Proses pembentukan biogas pada reaktor 5 dan 6 masing-masing berhenti pada hari ke-98 dan 99.

Biogas pada reaktor 9 (Gambar 2. i) dan 10 (Gambar 2. j) yang berisi *slurry* kotoran sapi 100% masing-masing mulai terbentuk pada hari ke-6 dan 13. Puncak laju pembentukan biogas pada reaktor 9 terjadi pada hari ke-35 dengan volume sebesar 700 mL/hari. Sedangkan puncak pembentukan biogas pada reaktor 10 terjadi lebih awal, yaitu pada hari ke-23 dengan volume sebesar 60 mL. Proses pembentukan biogas pada reaktor 5 dan 6 berhenti pada hari ke-71.

Karakteristik Akhir *Slurry* Biogas Eceng Gondok

Setelah proses pembentukan biogas selesai, selanjutnya dilakukan uji karakteristik akhir *slurry* eceng gondok. Karakteristik akhir *slurry* yang diuji meliputi nilai COD, kadar air, TS, VS, dan rasio C/N. Hasil karakteristik akhir digunakan sebagai pembandingan terhadap karakteristik awal *slurry*. Dari perbandingan tersebut di atas dapat diketahui perubahan parameter yang terjadi pada *slurry* eceng gondok. Karakteristik akhir *slurry* tiap reaktor seperti yang disajikan pada Tabel 4.

Penyisihan Komponen Organik, Total Solids, dan Volatile Solids

Penyisihan komponen organik pada *slurry* eceng gondok dan kotoran sapi dalam proses pembuatan biogas dapat diketahui dari perubahan nilai COD pada Tabel 5 dan kadar VS pada Tabel 6. Sedangkan besarnya penyisihan nilai TS dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 4. Karakteristik Akhir *Slurry* Biogas Eceng Gondok

Reaktor	Komposisi EG:KS (%)	COD (mg/L)	COD rata-rata (mg/L)	Kadar Air (%)	Kadar Air rata-rata (%)	TS (%)	TS rata-rata (%)	VS (%)	VS rata-rata (%)
1	100 : 0	5.658	5.491	98,99	98,98	1,01	1,02	68,19	69,03
2		5.325		98,97		1,03		69,88	
3	75 : 25	25.384	20.577	96,02	96,39	3,99	3,61	88,61	87,13
4		15.769		96,76		3,24		85,65	
5	50 : 50	10.769	10.577	98,30	98,16	1,70	1,84	73,25	80,99
6		10.384		98,02		1,98		88,72	
7	25 : 75	14.230	12.115	98,10	98,36	1,90	1,64	90,26	86,10
8		9.999		98,62		1,39		81,95	
9	0 : 100	2.885	4.231	99,74	99,73	0,26	0,27	68,44	72,21
10		5.577		99,72		0,28		75,97	

Keterangan : EG = Eceng Gondok
KS = Kotoran Sapi

Tabel 5. Perubahan Nilai COD *Slurry* Eceng Gondok

Reaktor	Komposisi EG : KS (%)	COD Awal (mg/L)	COD Akhir (mg/L)	Removal COD (mg/L)	Removal COD (%)	Rata-rata Removal COD (%)
1	100 : 0	6.591	5.658	933	14,16	14,75
2		6.292	5.325	967	15,37	
3	75 : 25	28.162	25.384	2.778	9,86	25,69
4		26.964	15.769	11.195	41,52	
5	50 : 50	14.035	10.769	3.266	23,27	24,64
6		14.035	10.384	3.651	26,01	
7	25 : 75	15.789	14.230	1.559	9,87	24,94
8		16.666	9.999	6.667	40,00	
9	0 : 100	5.263	2.885	2.378	45,18	45,18
10		4.912	5.577	-	-	

Keterangan : EG = Eceng Gondok
KS = Kotoran Sapi

Tabel 6. Perubahan Nilai VS *Slurry* Eceng Gondok

Reaktor	Komposisi EG : KS (%)	VS Awal (%)	VS Awal (g)	VS Akhir (%)	VS Akhir (g)	Removal VS (g)	Removal VS (%)	Rata-rata Removal VS (%)
1	100 : 0	80,35	15,57	68,19	6,91	8,66	55,60	54,87
2		79,89	15,71	69,88	7,20	8,50	54,14	
3	75 : 25	84,18	35,86	88,61	35,31	0,55	1,52	14,63
4		85,40	38,40	85,65	27,75	10,65	27,74	
5	50 : 50	79,27	21,72	73,25	12,46	9,26	42,63	16,71
6		80,30	16,06	88,72	17,54	-1,48	-9,22	
7	25 : 75	83,48	17,97	90,26	17,14	0,83	4,63	16,44
8		81,46	15,82	81,95	11,35	4,47	28,26	
9	0 : 100	78,44	2,91	68,44	1,80	1,11	38,14	27,57
10		74,43	2,59	75,97	2,15	0,44	16,99	

Keterangan : EG = Eceng Gondok
KS = Kotoran Sapi

Tabel 7. Perubahan Nilai TS *Slurry* Eceng Gondok

Reaktor	Komposisi EG : KS (%)	TS Awal (%)	TS Awal (g)	TS Akhir (%)	TS Akhir (g)	Removal TS (g)	Removal TS (%)	Rata-rata Removal TS (%)
1	100 : 0	1,83	19,38	1,01	10,14	9,24	47,69	47,63
2		1,66	19,66	1,03	10,31	9,35	47,56	
3	75 : 25	2,92	42,60	3,99	39,85	2,75	6,45	17,20
4		3,28	44,97	3,24	32,40	12,57	27,95	
5	50 : 50	0,75	27,40	1,70	17,01	10,39	37,92	19,53
6		0,72	20,00	1,98	19,77	0,23	1,15	
7	25 : 75	1,19	21,53	1,90	18,99	2,54	11,79	20,24
8		0,96	19,42	1,39	13,85	5,57	28,68	
9	0 : 100	0,35	3,71	0,26	2,63	1,08	29,11	23,89
10		0,30	3,48	0,28	2,83	0,65	18,68	

Keterangan : EG = Eceng Gondok
KS = Kotoran Sapi

Tabel 8. Karakteristik Sisa Hasil Proses Pembuatan Biogas

Reaktor	Komposisi EG : KS (%)	Kadar Air (%)	Kadar Air rata-rata (%)	TS (%)	TS rata-rata (%)	VS (%)	VS rata-rata (%)	N (%)	N Rata-rata (%)	P (%)	P Rata-rata (%)
1	100 : 0	98,99	98,98	1,01	1,02	68,19	69,03	1,05	1,11	0,44	0,41
2		98,97		1,03		69,88		1,17		0,38	
3	75 : 25	96,40	95,32	3,60	4,68	84,63	84,87	13,14	13,25	0,69	0,67
4		94,24		5,76		85,10		13,37		0,65	
5	50 : 50	95,31	95,64	4,69	4,37	81,84	83,45	11,70	11,64	0,74	0,55
6		95,96		4,04		85,05		11,58		0,35	
7	25 : 75	92,75	91,76	7,25	8,25	86,24	86,02	10,26	12,66	0,54	0,45
8		90,76		9,24		85,81		15,05		0,35	
9	0 : 100	95,71	95,68	4,29	4,33	87,19	87,35	9,47	9,07	0,39	0,55
10		95,64		4,36		87,52		8,66		0,71	

Keterangan : EG = Eceng Gondok
KS = Kotoran Sapi

Data Tabel 5 menunjukkan bahwa penurunan nilai COD tertinggi terjadi pada reaktor yang berisi *slurry* kotoran sapi sebesar 45%, sedangkan penyisihan COD terendah terjadi pada reaktor yang berisi *slurry* eceng gondok sebesar 14,8%. Pada reaktor yang berisi campuran eceng gondok dan kotoran sapi penyisihan COD mencapai 25%.

Penurunan kandungan VS tertinggi terjadi pada reaktor yang berisi *slurry* eceng gondok, yaitu 55%. Hal ini ditunjukkan oleh sangat berkurangnya jumlah padatan yang dapat dilihat secara visual dan memiliki nilai penyisihan TS tertinggi, yaitu 48% sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 7. Penurunan nilai TS pada reaktor yang berisi *slurry* kotoran sapi mencapai 24%, diikuti reaktor yang berisi campuran *slurry* eceng gondok dan kotoran sapi sebesar 17-20%.

Karakteristik Sisa Hasil Proses Pembuatan Biogas

Sisa hasil proses pembuatan biogas yang bersifat cair lebih tepat dimanfaatkan sebagai pupuk cair dibandingkan kompos. Karakteristik sisa proses pembuatan biogas perlu diuji untuk mengetahui potensinya sebagai pupuk cair. Karakteristik sisa proses pembuatan biogas yang diuji meliputi nilai COD, kadar air, TS, VS, N, dan P (Tabel 8).

Data pada Tabel 8 menunjukkan kandungan bahan organik (dinyatakan sebagai VS) yang cukup tinggi, yaitu rata-rata 69% pada sisa

reaktor kontrol *slurry* eceng gondok, hingga di atas 80% pada reaktor kontrol *slurry* kotoran sapi dan variasi antara *slurry* eceng gondok dan kotoran sapi. Kandungan N terendah terdapat pada sisa dari reaktor kontrol *slurry* eceng gondok, yaitu rata-rata 1,11%. Sedangkan sisa proses dari reaktor yang berisi *slurry* kotoran sapi menunjukkan kadar N yang jauh lebih tinggi (rata-rata 9%). Sisa dari reaktor campuran *slurry* eceng gondok dan kotoran sapi menunjukkan kadar N yang tertinggi (rata-rata 11,64-13,25%).

Tabel 9. Standar Kualitas Pupuk Cair (SNI 02-4958-1999)

No.	Parameter	Nilai
1	Total Nitrogen	Min 4,0%
2	Bahan organik	Min 8,0%

Jika dibandingkan dengan standar pupuk cair (SNI 02-4958-1999) (Tabel 9), sisa proses pembuatan biogas dari reaktor yang menggunakan *slurry* kotoran sapi dan reaktor dengan bahan baku *slurry* eceng gondok dan kotoran sapi pada berbagai perbandingan memenuhi baku mutu pupuk cair, yaitu kadar N lebih dari 4,0%, serta kadar bahan organik (VS) lebih dari 8,0%. Kadar P pada sisa proses dari semua reaktor berada pada kisaran 0,41-0,67%. Nilai ini melampaui baku mutu nilai P kompos sebesar minimum 0,4%. Dengan demikian sisa proses pembuatan biogas dari bahan baku eceng gondok dan kotoran sapi dapat dimanfaatkan sebagai pupuk cair. Apabila dikeringkan hingga kadar

air 50%, maka sisa proses biogas tersebut dapat menjadi kompos, dengan kandungan N dan P yang tinggi. (Kadar N minimum 0,4% dan kadar P minimum 0,1% menurut baku mutu kompos SNI 19-7030-2004)

4. KESIMPULAN

Eceng gondok memiliki potensi yang tinggi sebagai bahan baku dalam proses pembuatan biogas. Reaktor yang berisi *slurry* eceng gondok dengan nilai COD sekitar 6.000 mg/L dapat menghasilkan biogas sebesar \pm 2.000 mL. Penambahan biostarter dilakukan untuk menambahkan mikroorganisme ke dalam *slurry* biogas sehingga biogas yang dihasilkan lebih banyak. Penambahan biostarter kotoran sapi pada *slurry* eceng gondok dapat menaikkan nilai COD sebesar 2-4 kali. Variasi *slurry* eceng gondok (EG):kotoran sapi (KS) yang paling optimum adalah 75% EG:25% KS. Variasi tersebut menghasilkan biogas 3 kali lebih besar dibandingkan dengan reaktor yang hanya berisi *slurry* eceng gondok.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (2008). Eceng Gondok dan Sampah Kuasai Sungai. <http://deteksi.info>.
- Davis, L. (1984). Handbook of Constructed Wetland: A Guide to Creating Wetlands for Agricultural Wastewater, Domestic Wastewater, Coal Mine Drainage, Stormwater in The Mid Atlantic Region, Vol. 1, General Consideration. U.S. Environmental Protection Agency.
- ESDM (Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral) (2005). Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025. www.esdm.go.id.
- Greenway, M. Dan Woolley, A. (1999). Constructed Wetlands in Queensland: Performance Efficiency and Nutrient Bioaccumulation. *Journal Ecological Engineering*. 12. 39-55.
- Gunnarsson, C.C. dan Petersen, C.M. (2006). Water Hyacinth as a Resource in Agriculture and Energy Production: A Literature Review. *Journal Waste Management*. 27. 117-129.
- Kivaisi, A.K. (2001). The Potential for Constructed Wetlands for Wastewater Treatment and Reuse in Developing Countries: A Review. *Journal Ecological Engineering*. 16. 545-560.
- Kreuzig, R. (2007). Phytoremediation: Potential of Plants to Clean up Polluted Soils. Braunschweig University of Technology, Institute of Ecological Chemistry and Waste Analysis.
- Polprasert, C. (1996). Organic Waste Management: Technology and Management. John Wiley & Sons, Chichester, England.
- Suwardjie (2009). Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Eceng Gondok. <http://suwardjie.wordpress.com>.
- Trihadiningrum, Y., Basri, H., Mukhlisin, M., Listiyanawati, D., dan Jalil, N.A.A. (2008). Phytotechnology a Nature-Based Approach for Sustainable Water Sanitation and Conservation. *The 3rd WEPA International Forum on Water Environmental*, Putra Jaya, Malaysia. 23-24 Oktober 2008.
- Verma, V.K., Singh, Y.P., dan Rai, J.P.N. (2006). Biogas Production From Plant Biomass Used for Phytoremediation of Industrial Waste. *Journal Bioresource Technology*. 98. 1664-1669.