

## SCALE UP PRODUKSI BIOGAS DARI BIOMASSA LIMBAH PETERNAKAN AYAM DAN ECENG GONDOK (*Eichornia crassipes*) DALAM DIGESTER ANAEROB SISTEM KONTINYU

E. Mahajoeno, Luthfianto .D dan Inpurwanto

Program Pascasarjana Biosain Universitas Sebelas Maret

E-mail : edmasich@yahoo.com

### ABSTRAK

Penelitian bertujuan untuk mengetahui *scale up* produksi biogas dari limbah peternakan ayam dengan penambahan eceng gondok pada perombakan anaerob sistem kontinyu. Kotoran ayam digunakan sebagai sumber inokulum dalam digester anaerob (5 L) dengan substrat campuran limbah peternakan ayam dan eceng gondok dengan pengenceran berbanding 1 : 1, dan 1:3, dan *scale up* dalam volume kerja digester anaerob 1600 L sistem kontinyu. Pada biodigester anaerob sistem kontinyu dan agitasi 8 kali perhari diukur produksi biogas setiap hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses perombakan anaerob limbah peternakan ayam dan eceng gondok terbaik adalah pengenceran 1:1 dan *scale up* produksi biogas secara kontinyu sebesar 490 L/hari

**Kata kunci :** digester anaerob sistem kontinyu, kapasitas 2 m<sup>3</sup>, rasio C/N, biogas

### PENDAHULUAN

Berbagai cara peningkatan daya saing produksi ternak, khususnya peternakan ayam, saat ini semakin berkembang. Salah satu di antaranya adalah peningkatan teknologi dan efisiensi proses produksi serta teknologi pengelolaan limbah yang dihasilkan. Penerapan paradigma *zero waste* pada industry peternakan hewan umumnya dan pengelolaan limbah peternakan ayam khususnya berdampak positif seiring perkembangan Bioteknologi Pencerna Anaerob. Pengembangan teknologi biodigester anaerob dapat dimanfaatkan sebagai teknologi biogas produksi bioenergi atau sumber energy alternative pengganti bahan bakar minyak (fosil)..

Rata-rata kotoran ayam dihasilkan per ekor sebanyak 0,15 kg (Charles dan Hariono, 1991) dalam (Fauziah, 2009). Fontenot *et al.* (1983) melaporkan bahwa rata-rata produksi buangan segar ternak ayam petelur adalah 0,06 kg/hari/ekor, dan kandungan bahan kering sebanyak 26%, sedangkan dari pemeliharaan ayam pedaging kotoran yang dikeluarkan sebanyak 0,1 kg/hari/ekor dan kandungan bahan keringnya 25%. Menurut M. Junus (1985) pemanfaatan lain yang bisa dilakukan dari kotoran ayam dalam pencernaan anaerob (proses biokonversi) selain diperoleh biogas sebagai sumber energi alternatif juga: pupuk padat, pupuk cair dan sisa pupuk cair.

Produk samping usaha peternakan ayam terutama berupa kotoran ayam dan bau serta sisa air buangan. Kotoran ayam terdiri dari sisa-sisa pakan dan serat selulosa yang sulit tercerna, namun mengandung protein, karbohidrat, lemak dan senyawa organik lainnya. Protein pada kotoran ayam merupakan sumber nitrogen bentuk organik dan anorganik. Penumpukan unsur nitrogen dan sulfide yang terkandung dalam kotoran ayam terjadi dalam proses anaerob atau aerob. Dekomposisi oleh mikroorganisme terbentuk gas ammonia, nitrat dan nitrit serta gas sulfide, dan gas-gas inilah yang menyebabkan timbulnya bau (Svensson 1990; Pauzenga, 1991). Nitrogen yang dibebaskan dan dikumpulkan dalam wujud amoniak (NH<sub>4</sub>) menurunkan rasio C/N kotoran ayam, yakni berkisar 5-7,1 (Kaltwasser, 1980), sementara rasio C/N antara 20 - 30 merupakan substrat optimum dalam pencernaan anaerob untuk produksi biogas (Demuyneck *et al.*, 1984).

Produksi biogas tinggi dapat dicapai dari bahan organik rasio C/N rendah dengan penambahan bahan padatan/ selulose yang mengandung karbon (C) berupa sampah organik seperti jerami, eceng gondok atau sisa daun-daun/ serasah, sehingga dapat meningkatkan rasio C/N kotoran ayam. Selain eceng gondok telah lama dimanfaatkan sebagai bahan dasar barang-barang kerajinan bernilai ekonomi tinggi, juga dimanfaatkan sebagai penyerap zat-zat kimia berbahaya perairan maupun pembuatan pupuk kompos. Sebaliknya pertumbuhan eceng gondok yang tidak terkendali menimbulkan permasalahan, eutrofikasi perairan, yang dalam waktu enam bulan pada areal 1 ha dapat dicapai pertumbuhan eceng gondok bobot basah sebesar 125 ton (Heyne 1987).



Tabel 1. Produksi biometan limbah peternakan ayam dari berbagai sumber

substrat	HRT (hari)	Suhu (°C)	Jenis reaktor	Produksi gas metan (m <sup>3</sup> /kg VS)	referensi
Kotoran unggas	22-24	35	Reaktor dengan Pengadukan kontinyu volume 5 m <sup>3</sup>	0,22	Safley <i>et al.</i> , (1987)
	4	50	Reaktor dengan Pengadukan kontinyu volume 5 m <sup>3</sup>	0.29	Steinberger and Shih (1984)
	40	34	Reaktor dengan Pengadukan kontinyu volume 5 L	0.20	Pechan <i>et al.</i> , (1987)
	14-29	35	Reaktor dengan Pengadukan kontinyu volume 5 L	0.24 – 0.26	Webb and Hawkes (1985b)

Biogas diperoleh dari hasil dekomposisi eceng gondok oleh konsorsia bakteri tanpa oksigen dalam digester anaerob. Eceng gondok mengandung kadar air besar sekitar 90 %, yang merupakan suatu keuntungan dalam proses perombakan anaerob sebagai sumber biogas, disamping angka rasio kandungan senyawa karbon dan nitrogen tinggi yakni 30-35 (National Academy of Science di Amerika, 1979). Menurut Abdullah (1997) ratio C/N eceng gondok yang belum difermentasi ialah 35,04 dengan kandungan N sebesar 1,02 %. Dengan nilai rasio C/N (34-35) yang tinggi dicampur dengan kotoran ayam diharapkan mampu meningkatkan produksi biogas optimal. Oleh karenanya dengan potensi limbah eceng gondok dan peternakan ayam yang meningkat di lingkungan, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui produksi biogas dari pengenceran substrat campuran kotoran ayam dan eceng gondok dan *scale up* pada pencerna anaerob (2 m<sup>3</sup>) system kontinyu.

## METODE PENELITIAN

Bahan percobaan digunakan limbah peternakan ayam petelur yang dikoleksi dari peternakan ayam di kecamatan Tambakboyo Kabupaten Tuban Jawa Timur. Sumber inokulum diperoleh dari lumpur aktif substrat kotoran ayam tercerna secara anaerob dalam digester anaerob selama 6 bulan. Substrat digunakan kotoran ayam baru dicampur dengan eceng gondok. Limbah eceng gondok dikoleksi dari genangan air di situ (embung) Ketingan Kampus Universitas Sebelas Maret.

Biodigester anaerob volume 5 kg dengan substrat campuran kotoran ayam dan limbah organik embung kampus berupa eceng gondok. Dengan rasio pengenceran substrat 1 : 1 dan 1 : 3. Volume kerja biodigester anaerob terdiri dari 20% untuk sumber inokulum, 60% substrat, dan 20% ruang gas dilengkapi pengaduk (agitator) 8 x 15 menit sehari (Mahajoeno, 2008).

Pengamatan dilakukan selama 6 minggu, Indikator kinerja digester anaerob yang diukur meliputi: produksi biogas, rasio C/N dan pH. Pengukuran produksi biogas dilakukan setiap hari, pengambilan sampel lumpur digestat dilakukan setiap minggu, sebelum pengadukan biodigester. Desain percobaan RAL (Rancangan Acak Lengkap), meliputi 24 satuan percobaan dengan 4 kali ulangan dan analisis data dengan one way-anova

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh pada percobaan skala laboratorium menunjukkan bahwa perombakan yang terjadi tidak stabil. Parameter yang diamati tiap minggu menunjukkan hasil yang berbeda, pada



minggu tertentu mengalami penurunan dan mengalami kenaikan pada minggu berikutnya. Ketidakstabilan proses perombakan kemungkinan disebabkan karena penengaruh kondisi lingkungan.

Tabel 2. Kondisi kimiawi substrat campuran limbah peternakan ayam dan eceng gondok perminggu

Parameter		COD	TS	VS
pengenceran			( l/g/VS)	
	waktu			
1:1	1 mgg	6846	10005	13880
	2 mgg	2484	9790	12475
	3 mgg	4254	9840	3470
	4 mgg	2999	9200	3490
	5 mgg	3092	9285	3460
	6 mgg	2480	8525	3450
1:3	1 mgg	3625	5300	5735
	2 mgg	1389	4390	1615
	3 mgg	1998	4400	2640
	4 mgg	1332	5080	1145
	5 mgg	2222	4830	1680
	6 mgg	1205	4305	1915

Perbedaan perombakan anaerob inokulum kotoran ayam terhadap substrat campuran limbah peternakan ayam dan eceng gondok dengan pengenceran 1:1 dan 1:3 dapat dilihat pada Tabel 1, Pengenceran 1:1 substrat campuran di atas menunjukkan kondisi kimiawi relative lebih tinggi dibandingkan pengenceran 1:3. Kondisi proses perombakan COD relatif tidak stabil sebagaimana terlihat pada perubahan kondisi sampel yang diukur per minggu. Fluktuasi nilai ini dapat terjadi karena perubahan kondisi struktur dalam substrat selain berupa tumpukan bantalan/lapisan organik juga terdapat flok-flok dalam substrat yang secara keseluruhan kurang homogen. Kondisi heterogenitas hara penyusun substrat yang cukup tinggi dapat disebabkan oleh banyak faktor berpengaruh diantaranya lingkungan digester yang sangat terbatas memungkinkan komponen penyusun lingkungan yang sangat terbatas nilai tiap minggu pengamatan, meskipun secara keseluruhan selama pengamatan terjadi penurunan. Kemungkinan disebabkan kondisi lingkungan yang terbatas, yaitu menggunakan digester ukuran 5 kg, fenomena peningkatan nilai COD disebabkan oleh bebrapa faktor, pertama, pada saat nilai COD turun terjadi proses hidrolisis dan pada saat nilai COD meningkat terjadi penguraian substrat. Kemungkinan. Kedua, karena pada saat pengambilan sampel lumpur digester, pada pengambilan sampel untuk keperluan analisis padatan lumpur digester ikut terbawa yang masih mengandung bahan-bahan kimia yang belum sempat terurai ikut terambil sehingga mempengaruhi nilai konsentrasi COD.

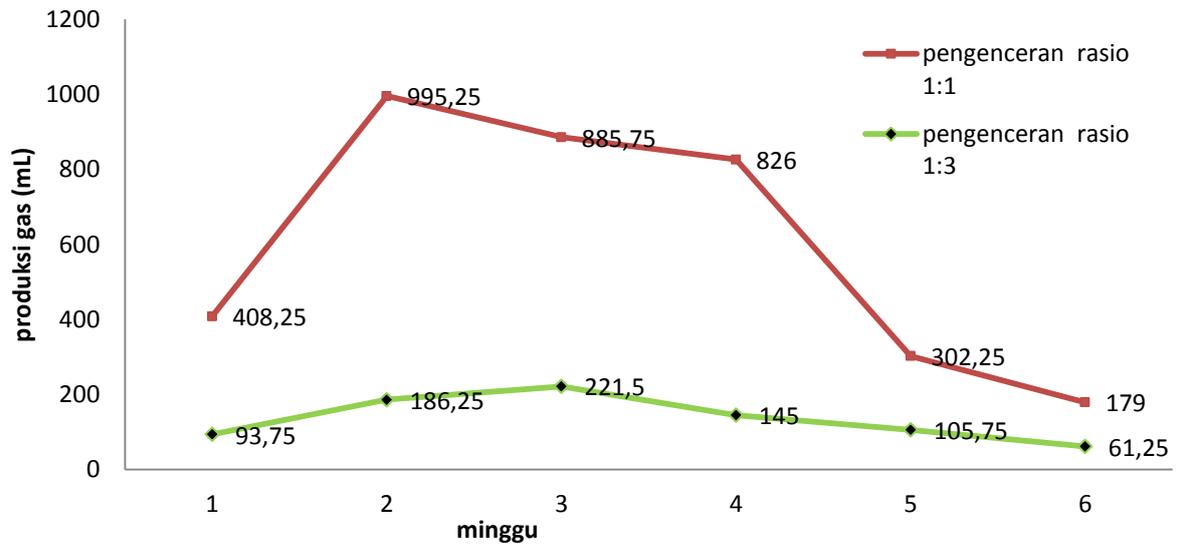
Kepekatan substrat campuran juga menjadi salah satu faktor penyebab nilai kondisi kimiawi diamati seperti COD, TSS, VS dan DO menjadi tidak stabil. Sidik, 2008, menyatakan bahwa agar mikroba beraktivitas normal maka kadar padatan yang diperlukan adalah 8 – 10 % dengan kadar air 90 %. Bila terlalu pekat asam asetat terakumulasi hingga menghambat proses fermentasi, selain itu segera terbentuk lapisan kerak (scum) yang timbul dipermukaan. Pembentukan skum (scum) juga dipercepat bilamana bahan substrat campuran mengandung serat. Pembentukan skum yang tebal berpengaruh pada proses terbentuknya/pelepasan gas ke permukaan substrat.

Mikroba konsorsia dalam kondisi lingkungan ideal dapat mempercepat proses perombakan bahan. Pada perombakan TSS dan VS selama waktu pengamatan mengalami penurunan, pencampuran substart eceng gondok nilai TSS dan VS mengalami penurunan, namun ada beberapa fenomena yang terjadi yaitu terjadi peningkatan nilai TSS dan VS pada minggu tertentu. Hal ini terjadi karena bahan organik mengalami degradasi pada saat reaksi hidrolisis yang akan berubah menjadi senyawa larut dalam air. Pada saat reaksi hidrolisis masih berlangsung, zat terlarut tersebut digunakan untuk reaksi selanjutnya yaitu asidogenesis, sehingga total padatan terlarut turun kembali. (Khashani *et al*, 2009).

Rendahnya nilai efisiensi disebabkan karena kurang lamanya waktu pemeraman Dengan penambahan bahan organik eceng gondok menyebabkan peguraian oleh bakteri menjadi lebih lama



karena mengandung lignin yang tersusun atas selulosa dan hemiselulosa. Lignin merupakan molekul kompleks yang tersusun dari unit phenylpropane yang terikat dalam struktur tiga dimensi yang sangat sulit terurai (Tahezadeh et al, 2008).



Gambar 1. Grafik produksi biogas dengan perbedaan pengenceran (1:1 dan 1:3)

Gambar 1 menunjukkan produksi biogas pada variasi pengenceran 1:1 dan 1:3. Pada grafik hasil terbaik pada pengenceran 1:1 dibandingkan pada pengenceran 1:3. Hasil terbaik pada pengenceran 1:1 adalah 995,25 mL pada minggu ke-2, seiring dengan bertambahnya waktu inkubasi produksi menjadi menurun, yaitu pada minggu ke-6 yaitu 179 mL. Pada pengenceran 1:3 hasil produksi biogas sangat rendah, produksi tertinggi pada minggu ke-3 yaitu 221,5 mL, hasil terendah pada minggu ke-6 yaitu 61,25 mL.

Produksi biogas yang tinggi disebabkan karena pada penambahan substrat eceng gondok dalam keadaan segar. Gupta (1979) menyatakan bahwa produksi biogas dari eceng gondok relatif lebih besar karena kandungan air yang tinggi (91,50%). Produksi biogas pengenceran 1:1 lebih tinggi dibandingkan dengan pengenceran 1:3, hal ini disebabkan perbedaan kandungan air. Pada pengenceran 1:3 memiliki kandungan air lebih tinggi dari pada pengenceran 1:1 sehingga menghambat produksi gas.

Rasio pengenceran berpengaruh terhadap produksi biogas hal ini disebabkan karena banyaknya air yang ada dalam substrat sehingga perkembangan mikroba kurang optimal, sedangkan pada rasio pengenceran 1:1 produksi biogas lebih tinggi karena kandungan bahan padatan yang digunakan sebagai nutrisi bagi mikroba memungkinkan mendukung perkembangan mikroba dengan baik.

Tabel 3. Produksi biogas dari rerata beban organik perhari dengan ulangan 5 x secara bertingkat dan kontinyu

Rerata produksi biogas awal (L/ Hari)	Rerata produksi biogas pada masing-masing beban		Presentase peningkatan produksi gas (%)
	Beban (kg/hari)	Produksi (L/hari)	
276.55	50	293.48	5.8
	70	347.48	20.4
	90	360.49	23.3
	110	492.68	43.9
	130	266.83	- 3.6



Rerata produksi biogas berturut-turut naik dari beban substrat 50 kg/hari sampai 110 kg/hari yaitu 5,8%, 20,4%, 23,3% dan 43,9% akan tetapi setelah itu menurun pada beban 130 kg/hari yaitu menjadi 3,6% jika dibandingkan dengan rerata produksi biogas sebelum pengisian beban (Tabel 3). Penurunan rerata produksi biogas sesudah pengisian beban substrat sebesar 110 kg/hari disebabkan karena menurunnya kondisi substrat dalam digester seperti pH yaitu dari 7,54 menjadi 7,48 selanjutnya menjadi 7,30, namun nilai pH ini masih toleran terhadap aktivitas mikroba baik bakteri asetogen maupun bakteri metanogen. Menurut Kashani (2009) bahwa lingkungan pH yang ideal berada pada kisaran 6,5 sampai dengan 7,5 dan bakteri metanogen tidak toleran pada pH diluar 6,7 sampai dengan di atas 7,4, sedangkan bakteri non metanogen mampu hidup pada kisaran pH 5 sampai dengan 8,5 Sementara laju beban substrat yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan keadaan jenuh, dimana asam lemak *volatil* (VFA) akan meningkat serta produksi biogas akan menurun namun proporsi CO<sub>2</sub> akan meningkat (Subramanian, 1978)

## KESIMPULAN DAN SARAN

Penambahan bahan organik eceng gondok dan kotoran ayam sebagai substrat dengan pengenceran 1:1 dalam digester anaerob dihasilkan biogas tertinggi pada minggu ke dua yaitu sebanyak 995 mL, sedangkan *scale up* produksi biogas pada digester anaerob 2 m<sup>3</sup> sistem kontinyu dihasilkan biogas tertinggi pada minggu ke tiga dengan laju beban organik 110 kg/hari, sebanyak 490 L/hari.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Kami sangat berterimakasih atas pembiayaan penelitian yang diberikan dalam skim penelitian Hibah Tim Pascasarjana oleh Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi dalam no. kontrak: 2341/UN.29.16/PN/2012

## DAFTAR PUSTAKA

- Demuyck.M.,Nyns.E.J. and Naveau,H.P. 1984. A Review of The Effects of Anaerobic Digestion on Odor and Disease Survival. In : Compositng of Agricultural and Other Wastes. Gasser, J.K.R.(ed) Elsevier Applied Science Publisher, London And New York.
- Fauziah, S.H. 2009. Municipal Solid Waste management : A Comprehensive Study In Selangor . Ph.D. Thesis , University of Malaya , Kuala Lumpur , 55 - 27.
- Fontenot, J.P., L.W. Smith and A.L. Sutton, 1983. Alternative utilization of animal wastes. *J. Anim. Sci.*, 57 : 221 - 233
- Gupta, O.P., 1979. Aquatic Weeds Their Menace and Control. A Text book and Manual Today and Tomorrow Printers and Publisher. New Delhi. 1 - 272.
- Junus. M. 1995. Membuat dan Memanfaatkan Unit Gas Bio . UGM : Yogyakarta.
- Kashani,A.K.2009. Application of Various Pretreatment Methods to Enhance Biogas Potential of Waste Chicken Feathers. Tesis. School of Enveronmental Engineering. University of Boras.
- Mahajoeno, E. 2008. Energi Alternatif Pengganti BBM : Potensi Biomassa Limbah Pabrik Minyak Kelapa Sawit Sebagai Sumber Energi Terbarukan. LRPI. Bogor
- Pauzenga. 1991. Animal Production in The 90`s in Harmony with Nature, a Case Study in The Netherlands. In Biotechnology in The Feed Industry . Proc. Alltech`s seventh Annual Symp. Nicholasville . Kentucky.
- Pechan, Z., Knappova, O., Petrovicova, B., Adamec, O., 1987. Anaerobic digestion of poultry manure at high ammonium nitrogen concentrations. *Biol. Wastes* 20, 117–131
- Safley Jr., L.M., Vetter, R.L., Smith, D., 1987. Operating a full-scale poultry manure anaerobic digester. *Biol. Wastes* 19, 79–90.
- Stafford,D.A.,D.L.Hawkes dan R.Horton. 1980 . Methane Production from Water Organic Matter. CRC Press, Florida.
- Steinberger, S.C., Shih, J.C.H., 1984. The construction and operation of a low-cost poultry waste digester. *Biotechnol. Bioeng.* 26, 537–543.



- Subramanian, S.K. 1978. Biogas in Asia: A survey. Di dalam Barnett, A.L., L.Pyle dan S.K. Subramanian. 1978. Biogas technology in The Third World, Ottawa
- Svensson, L. 1990. Puffing the lid on The dung heaps. *Acid . Environment . Magazine . 9* : 13-15.
- Taherzadeh, M.J dan Karimi, K. 2008. Pretreatment of Lignocellulosic Wastes to Improve Ethanol and Biogas Production : A Review. *Int. J. Mol. Sci. 9* : 1621-1651.
- Webb, A.R., Hawkes, F.R., 1985b. The anaerobic digestion of poultry manure: variation of gas yield with influent concentration and ammonium–nitrogen levels. *Agric. Wastes 14*, 135–156.
- Weda S, Mahajoeno E, Sutarno. 2010. Produksi biogas dari biomassa kotoran sapi dalam biodigester *fix dome* dengan pengenceran dan penambahan agitasi. Program Pascasarjana, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

