

Biogas yang dihasilkan dari dekomposisi Eceng Gondok (*Eicchornia crassipes*) dengan penambahan kotoran sapi sebagai *Starter*

SINTANI NOVITA SARI¹, MUMU SUTISNA², YULIANTI PRATAMA³

Jurusan Teknik Lingkungan (Institut Teknologi Nasional Bandung)
Email: Sintani.novita@yahoo.co.id

ABSTRAK

Eceng gondok (Eicchornia crassipes) merupakan jenis gulma yang pertumbuhannya sangat cepat. Akan tetapi eceng gondok dapat dimanfaatkan dalam produksi biogas karena mempunyai kandungan hemiselulosa yang cukup besar. Pemanfaatan eceng gondok dan penambahan kotoran sapi diharapkan mampu menghasilkan gas Metan. Proses pembuatan biogas dimulai dengan merajang eceng gondok, kemudian di haluskan dan di beri penambahan kotoran sapi sebagai starter. Variasi bahan isian terdiri dari empat variasi (P1) Eceng gondok (dirajang) 8 kg penambahan air 2 Liter, (P2). Kotoran sapi 8 kg dan penambahan air 2 Liter, (P3). Eceng gondok (dirajang) 8 kg penambahan air 2 Liter dan penambahan kotoran sapi 2 kg, (P4). Eceng gondok (dirajang) 8 kg penambahan air 2 Liter dan penambahan kotoran sapi 2 kg. Hasil penelitian menunjukkan produksi gas yang optimum pada perlakuan II. 1,90 kg/hari, (P3) 1,84 kg/hari, dan (P4) 1,86 kg/hari. Tekanan gas yang optimum pada perlakuan II. 17,8 mbar dan perlakuan III. 12,3 mbar. Perlakuan IV. 15,5 mbar. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan gas ialah pH, suhu, keadaan anaerob, starter, proses pengadukan.

Kata kunci: *Eceng gondok , Kotoran sapi, Biogas.*

ABSTRACT

Water hyacinth (Eicchornia crassipes) is one of the weeds type which has fastest growht among others, bt can be used in the biogas production because it contains large number of hemiselulosa. Processing Water hyacinth with the addition of cow manure is expected to produce methane gas. Varitions stuffing material consists of four variations (P1) water hyacinth (chopped) 8 kg increase 2 Liters of water, (P2). 8 kg of cow dung and increase 2 Liters of water, (P3). water hyacinth (chopped) 8 kg increase water and increase 2 Liters cow dung 2 kg (P4). Water hyacinth (chopped) 8 kg increase 2 Liters water and increase 2 kg of cow dung. The results showed that the optimum gas production in the treatment II, as much as 1.90 grams/day, and the treatment of III, IV, 1.84 grams/day, 1.86 grams/day, and optimum gas pressure the second (II) treatment. 17.8 mbar and treatment III. 12.3 mbar. Treatment IV. 15.5 mbar. Factor affecting the formation of gas production, pH, temperatur, statet of anaerobic, mixing process.

Keywords: *Water hyacinth, Cow Manure, Biogas.*

1. PENDAHULUAN

Tumbuhan Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan tumbuhan yang hidup dipermukaan perairan. Eceng gondok dikenal sebagai tumbuhan gulma air, dan dengan mudah menyebar melalui saluran air ke badan air lainnya. Menurut Malik (2006) Eceng gondok mengandung 95% air yang menjadikannya terdiri dari jaringan yang berongga, mempunyai energi yang tinggi, terdiri dari bahan yang dapat difermentasikan dan berpotensi sangat besar menghasilkan biogas (Chanakya et al, 1993 dalam Gunnarsson dan Cecilia 2006). Populasi Eceng gondok yang tinggi merupakan sumber biomassa yang potensial untuk dimanfaatkan sebagai biogas.

Biogas merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat menjawab kebutuhan energi alternatif. Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik. (Simamora, dan Wahyuni, 2006). Biogas solusi yang tepat dalam membantu permasalahan kebutuhan energi dunia yang semakin berkurang, untuk dapat menghasilkan suatu gas yang sebagian besar berupa gas Metan (yang memiliki sifat mudah terbakar) dan karbondioksida, gas yang terbentuk disebut dengan gas bio (CH_4) yaitu komponen utama dari gas bio karena memiliki nilai kalor yang cukup tinggi dan memiliki sifat tidak berbau dan tidak berwarna (Harahap, 1978).

Penelitian dengan menggunakan reaktor sistem *Batch*, bahan isian yang di gunakan yaitu eceng gondok yang sudah di rajang dan di haluskan dengan penambahan kotoran sapi sebagai *Starter*. Penelitian ini dilakukan dengan mencampurkan Eceng gondok dan kotoran sapi pada ke empat variasi di antaranya (P1) eceng gondok 8 kg dengan penambahan air 2 Liter, (P2) kotoran sapi 8 kg dan penambahan air 2 Liter, (P3) Eceng gondok 8 kg penambahan air 2 Liter dan kotoran sapi 2 kg dan (P4) Eceng gondok 8 kg penambahan air 2 Liter dan kotoran sapi 3 kg, dengan waktu pengamatan yaitu 0 hari, 5 hari, 10 hari, 15 hari, dan 20 hari.

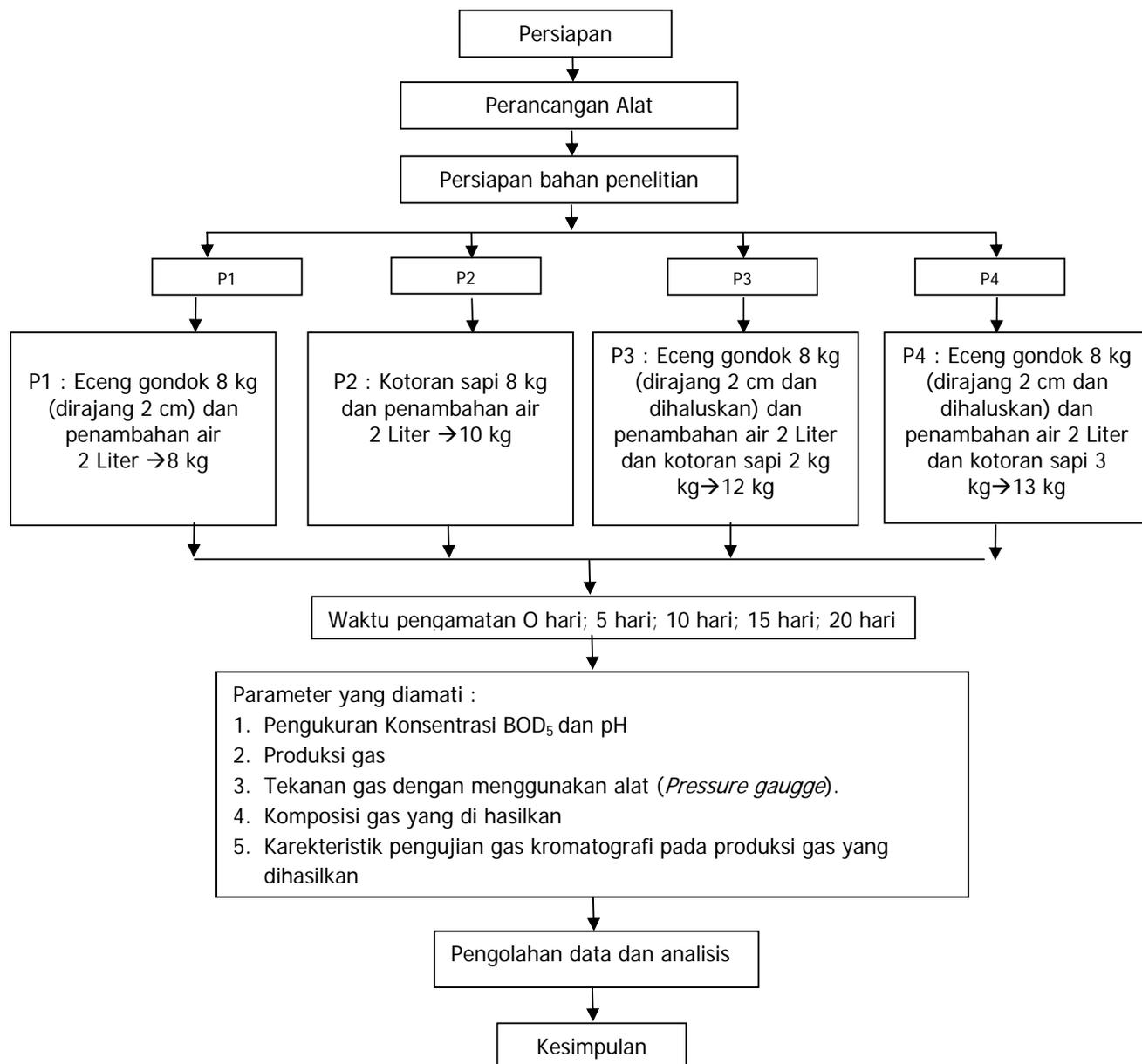
Penelitian ini diharapkan menjadi suatu alternatif dalam memanfaatkan energi di lingkungan, khususnya pada penggunaan tumbuhan Eceng gondok dan kotoran sapi sebagai *starter* sehingga menghasilkan gas methan, tujuan penelitian ini menganalisis produksi, tekanan , komposisi, mengetahui parameter konsentrasi BOD,pH.

2. METODOLOGI

2.1 METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian mengenai biogas dengan menggunakan bahan kotoran sapi dan tumbuhan Eceng gondok dilakukan dengan skala laboratorium. Gambar 1 menunjukan bagan alir metodologi pada penelitian ini. 4 perlakuan yang digunakan ialah (P1) Eceng gondok 8 kg (dirajang) penambahan dan air 2 Liter) total bahan isian 10 kg, (P2). Kotoran sapi 8 kg penambahan air 2 Liter) total bahan isian 10 kg, (P3) Eceng gondok 8 kg (dirajang dan dihaluskan) dan kotoran sapi 2 kg penambahan air 2 Liter) total bahan isian 12 kg, (P4) Eceng gondok 8 kg (dirajang dan dihaluskan) penambahan kotoran sapi 3 kg dan air 2 Liter) total bahan isian 13 kg

2.2 Bagan Alir Penelitian



Gambar 1. Bagan Alir Metodologi Penelitian

Reaktor *batch* kapasitas reaktor 19 Liter, yang ditutup dengan menggunakan selang karet pada ujung tutup reaktor hingga kedap udara, adapun selang karet yang digunakan sebagai penghubung sebagai tempat penampungan dari biogas tersebut hingga menghasilkan biogas. Gas yang telah terbentuk di dalamnya diukur dengan menggunakan alat tekanan yaitu *pressure gauge*, penelitian utama bertujuan apakah proses dekomposisi Eceng gondok dengan penambahan kotoran sapi sebagai *starter* mampu menghasilkan biogas yang optimum.

3. ISI

3.1 Produksi gas

Pada percobaan dilakukan proses *anaerobic digestion* yaitu tahap hidrolisis, *asidogenesis*, *asetogenesis*, dan *methanogenesis*. Laju produksi biogas pada pengembangan yang terjadi pada wadah penampung gas (plastik). Produksi gas (P1) (Eceng gondok 8 kg (dirajang) penambahan air 2 Liter), (P2) (Kotoran Sapi 8 kg dengan penambahan air 2 Liter), (P3) (Eceng gondok 8 kg (dirajang dan dihaluskan) penambahan air dan Kotoran Sapi 2 kg), (P4) (Eceng gondok 8 kg (dirajang dan dihaluskan) penambahan air 2 Liter dan kotoran sapi 3 kg) berat produksi biogas yang dihasilkan pada pengamatan dari masing-masing perlakuan dapat dilihat pada Tabel 4.1 Berat produksi biogas.

Tabel 3.1 Berat produksi gas

No.	Perlakuan	Berat kosong (Awal)	Berat Isi (kg/hari)	Berat gas (kg/hari)
1.	P1	1,2	2,01	0,81
2.	P2	1,2	3,10	1,90
3.	P3	1,2	3,04	1,84
4.	P3	1,2	3,06	1,86

Sumber : Hasil penelitian, 2013

Keterangan :

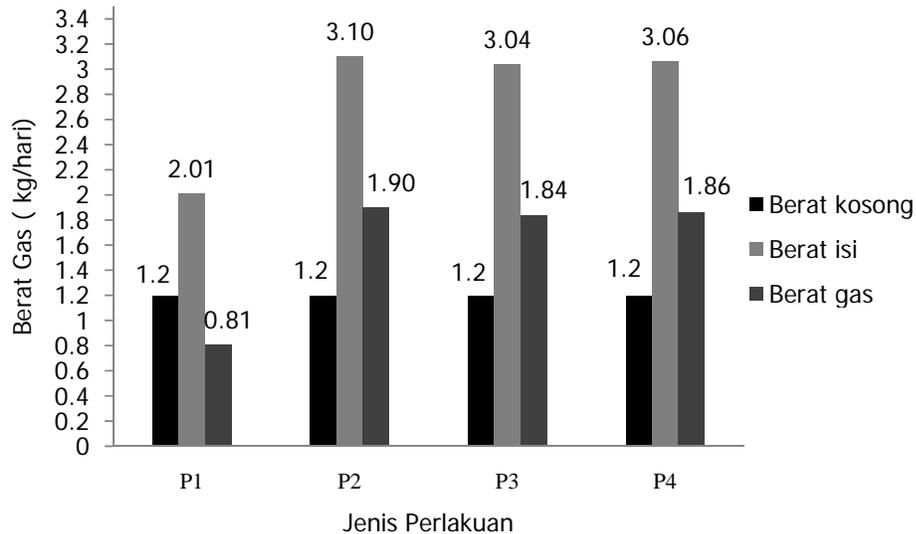
- P1 = Perlakuan 1 (Eceng gondok 8 kg (dirajang) penambahan air 2 Liter) = 10 kg
- P2 = Perlakuan 2 (Kotoran sapi 8 kg dan penambahan air 2 Liter) = 10 kg
- P3 = Perlakuan 3 (Eceng gondok 8 kg (dirajang dan dihaluskan) penambahan air 2 Liter + Kotoran Sapi 2 kg) = 12 kg
- P4 = Perlakuan 4 (Eceng gondok 8 kg (dirajang dan dihaluskan) penambahan air 2 Liter + Kotoran Sapi 3 kg) = 13 kg

Berat produksi gas Metan yang dihasilkan terlihat pada Grafik 3. hasil produksi gas Metan yang didapat (P1) produksi gas 0,81 gram/hari sedangkan untuk (P2) berat yang dihasilkan 1,90 kg/hari, berat produksi gas (P2), (P3), (P4), yaitu 1,84 kg/hari dan 1,86 kg/hari pada Grafik 4.1 Berat produksi gas.

(P1) menggunakan komposisi Eceng gondok (dirajang), sebanyak 8 kg dan penambahan air sebanyak 2 Liter, kemudian proses menunggu hingga proses degradasi dalam suatu reaktor sistem *Batch* tersebut bekerja selama 20 hari dan reaktor di dalamnya pada kondisi anaerob, produksi gas pada (P1) yaitu 0,81 gram/hari apabila dibandingkan dengan (P2), (P3), dan IV (P1) lebih sedikit menghasilkan produksi gas, karena pada (P1) hanya menggunakan komposisi eceng gondok saja tanpa penambahan kotoran Sapi, dan (P1) eceng gondok hanya proses perajangan saja tanpa proses penghaluskan.

(P2) bahan isian yang digunakan ialah kotoran Sapi 8 kg dan penambahan air sebanyak 2 Liter, produksi gas meningkat jika dibandingkan produksi gas pada (P3) dan (P4) karena bahan isian yang digunakan hanya kotoran sapi dan air sebanyak 2 Liter, kotoran sapi mampu membantu proses fermentasi sehingga mengandung banyak bakteri metan yang disebut dengan *starter* (Kadarwati, 1981).

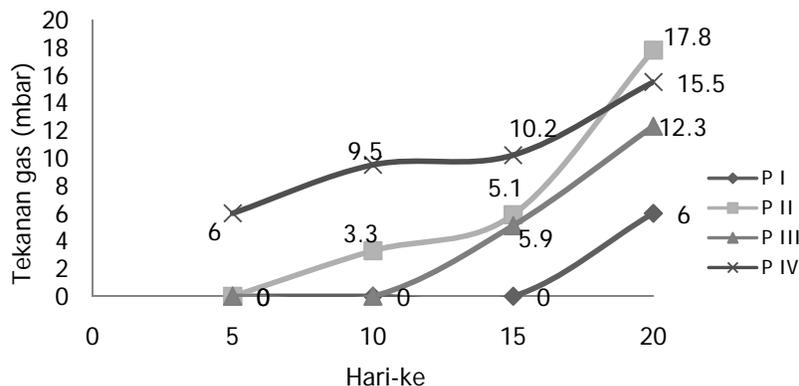
Hasil produksi gas untuk (P2) 1,90 kg/hari, (P4) Produksi gas 1,86 kg/hari, karena bahan isian terlihat lebih banyak, sehingga semakin sedikit ruang kosong, maka semakin cepat Oksigen akan habis, dan bakteri anaerob akan dapat tumbuh lebih cepat. Selain itu penambahan kotoran sapi sebagai *Starter* menjadi bakteri pembusuk yang dapat berada dalam jumlah yang lebih banyak pada reaktor sistem *Batch* tersebut.



Gambar 3 Hubungan Antara Berat Produksi gas dengan Perlakuan

3.2 Tekanan gas

Produksi gas yang dihasilkan terlihat pada tekanan gas alat pengukur yaitu *Pressure gauge*, produksi gas yang dihasilkan menentukan peningkatan tekanan gas yang dihasilkan dari pembacaan jarum alat *Pressure gauge*. Hasil tekanan gas dilihat pada Gambar 4. Laju produksi biogas yang dihasilkan.



Gambar 4. Hubungan Antara Tekanan Gas Dengan Waktu Pengamatan

(P I) Eceng gondok yang digunakan tanpa proses dihaluskan hanya dilakukan proses pencacahan saja, proses penghalusan bahan isian khususnya eceng gondok mempengaruhi proses fermentasi mikroorganisme yang berada di dalam reaktor sistem *Batch*.

(P2) berat gas yang dihasilkan 1,90 Kg/hari, pembacaan tekanan gas pada hari ke-0 hingga, hari ke-10 terlihat laju kenaikan tekanan gas yaitu 3,3 mbar, kemudian meningkat pada hari ke-15 yaitu 5,9 mbar, dan tekanan gas tertinggi pada hari ke-20 yaitu 17,8 mbar.

Perbandingan laju tekanan gas antara (P1), (P2), (P3), dan (IV) tekanan gas yang optimum yaitu pada (P2) karena tekanan gas sudah mulai terbentuk pada hari ke-10 apabila dibandingkan dengan (P1), (P3), dan (4) dan tekanan gas tertinggi pada (P1) (kotoran sapi penambahan air) sudah terbentuk hingga hari ke-20 yaitu 17,8 mbar. Hal tersebut dari keempat perlakuan terdapat proses perombakan penghancuran input yang merupakan bahan organik dicapai dalam tiga tahapan, yaitu (a) hidrolisa, (b) *acidification*, dan (c) *methanization* (Wahyuni, 2009).

Menurut Sahidu (1983) bahan dasar yang berupa bahan organik akan berfungsi sebagai sumber karbon yang merupakan sumber kegiatan dan pertumbuhan bakteri. Bahan organik dalam alat penghasil biogas (instalasi biogas) akan dirombak oleh bakteri dan kemudian akan menghasilkan campuran gas Metan (CH_4), Karbon dioksida (CO_2), Hidrogen sulfida (H_2S), Nitrogen (N_2), Ammonia (NH_3), Hidrogen (H_2), (Widianto dan sudarto, 1997).

3.3 pH

Kisaran pH optimal untuk produksi metan adalah 7,0 sampai 7,2 tetapi pada kisaran 6.8 sampai 8.0 masih diperbolehkan. pH dalam reaktor dapat mencapai pH di bawah 5, keadaan ini cenderung menghentikan proses pencernaan atau proses fermentasi (Wahyuni, 2008).

Tabel 3. 2 Hasil Penelitian Pengukuran pH

No.	Perlakuan	pH Awal	pH Akhir
1	P1	7	8,00
2	P2	7	7,10
3	P3	7	5,62
4	P4	7	6,29

Sumber : Hasil penelitian 2013

Pengukuran pH pada masing-masing (P1) hasil pengukuran pH awal didapat 7,1 sedangkan untuk pH akhir 8, pada pengukuran pH awal yang merupakan pH netral yaitu dengan pH 7 sehingga memacu perkembangan bakteri metana (metanogen) pH tersebut yang berperan di dalamnya adalah bakteri perombak Asam Asetat tumbuh berkembang secara optimal, pengukuran pH akhir dikarenakan volume biogas mulai menurun, sehingga bakteri metana yang berkembang kurang optimal (Hasminoto et al. 1981).

Derajat keasamaan pH dalam reaktor juga merupakan fungsi waktu di dalam reaktor tersebut (Haeruman, 1878). Pengukuran pH akhir 7,1 hal tersebut kondisi ketika produksi Metana dalam kondisi stabil. (P3) ialah pH 7, pH netral memacu perkembangan bakteri metana (metanogen) sehingga pada pH tersebut bakteri perombak Asam Asetat tumbuh dan berkembang secara optimal, hal ini berdampak pada biogas yang dihasilkan. Menurut (Hashimoto et al Tahun 1981) hasil tersebut menunjukkan bahwa Eceng gondok tumbuh secara optimal pada pH yang netral, namun memiliki toleransi pada tingkat pH 4.0 sampai 10.0 (Haller dan Sutton, 1973).

Bakteri-bakteri metanogenik sangat peka terhadap pH dan tidak dapat bertahan hidup di bawah pH 6,6.

3.4 Pengukuran BOD₅

BOD₅ merupakan suatu pengukuran terhadap jumlah Oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasikan) zat organik dalam air secara bio kimia (*Sumestri dan Alaerts, 1984*). Tabel 3.3 Hasil pengukuran BOD₅ tahap awal dan akhir serta penyisihannya.

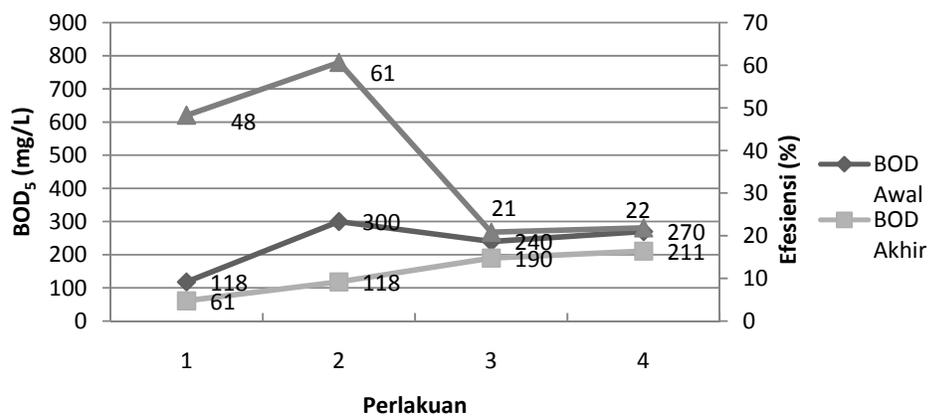
Tabel 3.3 Hasil pengukuran BOD₅

Parameter	Satuan	Perlakuan	Pengukuran BOD ₅ awal	Pengukuran BOD ₅ Akhir	Efisiensi (%)
BOD ₅	mg/L	P1	118	61	48
		P2	300	118	60
		P3	240	190	21
		P4	270	211	22

Sumber : Hasil penelitian 2013

Pengukuran BOD₅ bertujuan untuk mengetahui seberapa besar mikroorganisme mampu mendegradasi zat organik, pengukuran dilakukan pada dua tahap yaitu tahap pengukuran awal dan akhir. Pengukuran terlihat pada (P4) yaitu eceng gondok karena hasil dekomposisi Eceng gondok yang terdegradasi dengan penambahan kotoran sapi, adanya mikroorganisme yang dapat mendegradasi zat organik, sehingga peningkatan pada tahap awal sudah terjadi aktivitas bakteri. Menurut sahidu (1983) bahan dasar yang berupa bahan organik akan berfungsi sebagai sumber karbon yang merupakan sumber kegiatan dan pertumbuhan bakteri, hasil peningkatan pengukuran BOD₅ awal dan akhir dapat dilihat pada Gambar 5. Perbandingan pengukuran BOD₅ awal dan akhir serta penyisihannya.

Peningkatan terlihat pada hasil pengukuran BOD₅ awal di (P2) yaitu penggunaan kotoran sapi 8 kg dan penambahan air 2 Liter, karena menggunakan kotoran sapi, sehingga nilai BOD₅ awal yang tinggi dan sedikit air yang terlarut dalam kotoran sapi, kotoran sapi mengandung rata-rata 30% bahan organik yang dapat di dekomposisi dengan mudah oleh mikroorganisme seperti bakteri, dan fungi.



Gambar 5. Pengukuran BOD₅

Penurunan nilai efisiensi pada (P1) dan (P3) menunjukkan bahwa adanya aktivitas mikroorganisme yang merombak bahan organik. Berdasarkan Gambar 5. yaitu nilai efisiensi turun pada (P3) 21 % dan (P1) 48% dan (P2) 61%, (P4) 22%. Pengolahan biogas pada kondisi anaerob agar dapat terbentuknya produksi gas Metan.

Tahap hidrolisis terjadi perombakan bahan organik yang mudah terdekomposisi seperti karbohidrat, lemak, dan protein yang dilanjutkan dengan perombakan bahan organik sederhana hasil dekomposisi bahan-bahan diatas seperti gula, asam lemak dan asam amino yang terdapat dalam substrat.

3.5 Pengukuran Gas Kromatografi

Biogas yang telah terbentuk dari proses penelitian selama 20 hari kemudian dilakukan uji kuantitatif dengan menggunakan alat gas kromatografi. Pengukuran gas kromatografi dilakukan dengan menginjeksikan sebagian sampel gas ke dalam alat uji kromatografi.

Pengukuran gas kromatografi di lakukan pada (P2) setelah mendapatkan hasil produksi gas kemudian dilakukan pengujian uji gas kromatografi. Sebagian sampel diinjeksikan ke dalam alat kromatografi gas, dengan menggunakan suntikan berukuran 1 mL. Sampel berupa campuran gas yang akan diidentifikasi dan dilihat berdasarkan jenis gas yang akan dihasilkan. Tabel. 3.3 Analisa komposisi gas.

Tabel 3.3 Analisa Komposisi gas

Hasil analisa komposisi biogas			
Perlakuan	2	3	4
Gas yang dihasilkan	(% dari hasil produksi gas)		
CO ₂	2,6856	0,937	0,959
N ₂	93,342	98,195	98,191
CH ₄	3,9722	0,869	0,889

Sumber : Hasil penelitian 2013

Hasil pengujian dengan bantuan alat kromatografi untuk (P2) (CH₄) 3,9722% dengan kandungan zat N₂ sebesar 93,342%, dan kandungan zat CO₂ sebesar 2,6856%, hasil pengujian masih ditemukan kandungan Oksigen yang masuk ke dalam reaktor *Batch* tersebut. Oksigen tersebut diperkirakan tercampur dalam sampel saat pengujian.

Pembentukan kandungan (N₂) pada proses biogas untuk (P2) (Kotoran sapi dan penambahan air) sebesar 93,342%, Nitrogen yang terdapat dalam bioreaktor dapat berupa gas Nitrogen (N₂) yang bercampur dalam biogas atau Ammonium (NH₄⁺) yang terlarut kemudian menjadi endapan Selanjutnya, endapan ini dapat dimanfaatkan sebagai pupuk.

Proses Nitrifikasi, partikel Nitrogen akan terikat oleh bakteri kemudian berikatan dengan ion H⁺ membentuk Ammonia (NH₃⁺) selanjutnya disimpan dalam bentuk Ammonium (NH₄⁺) dan dapat mempengaruhi derajat keasaman di dalam reaktor. Pada kondisi anaerob, Nitrogen lebih banyak dalam bentuk ammonium (*Burke, 2009*). Kehadiran oksigen akan menjadikan proses denitrifikasi dan Ammonium akan kembali terlepas menjadi Gas (N₂).

Hasil pengujian dengan alat kromatografi untuk (P2) menunjukkan kadar (CO₂) 0,9368% dengan (N₂) 98,1952 % dan (CH₄) 0,8687%. Kandungan (CO₂) merupakan hasil reaksi antara pembentukan biogas. Pada proses Nitrifikasi, partikel Nitrogen akan terikat oleh

bakteri kemudian berikatan dengan ion H^+ membentuk ammonia (NH_3^+) selanjutnya disimpan dalam bentuk Ammonium (NH_4^+) dan dapat mempengaruhi derajat keasaman di dalam reaktor. Pada kondisi anaerob, Nitrogen lebih banyak dalam bentuk Ammonium (Burke, 2009). Kehadiran Oksigen akan menjadikan proses denitrifikasi.

(P2) bahan isian yang digunakan ialah kotoran sapi dan penambahan air hasil produksi Gas pada uji Gas kromatografi untuk (CO_2) 2,6856%, (N_2) 93,342% dan (CH_4) 3,9722%, penggunaan kotoran sapi dapat menghasilkan produksi Gas Metan yang optimum, karena kotoran sapi mengandung 30% bahan organik.

4. KESIMPULAN

Produksi Gas yang paling optimum yaitu pada (P2) dengan hasil produksi Gas 1,90 kg/hari, bahan isian yang digunakan kotoran sapi dan penambahan air, kotoran sapi mengandung 30% bahan organik yang di dekomposisi dengan mudah oleh mikroorganisme seperti bakteri, fungi, sehingga dapat menghasilkan produksi Gas yang optimum, Gas Metan yang optimum pada (P2) 3,9722% kemudian (P3) 0,8687% (P4) 0,8878%, hasil produksi Gas dengan melihat faktor-faktor yang dapat mempengaruhi pembentukan Gas seperti pH, bahan isian, *Starter*, dan proses pengadukan.

DAFTAR RUJUKAN¹

Burke D.A.P.E., 2001, *Dairy Anaerobic Digestion Handbook. Options for Recovering Beneficial Products from Dairy Manure. Enviromental Energy Company, Hill Street, Olympia.*

Chanakya, H.N., S. Borgaonkar, G. Meena dan K.S Jagadish. 1993. "Solid Phase Biogas Production with Garbage or Water Hyacinth". Bioresource Techology Vol. 46 227-231 Elsevier Ltd.

Haeruman, J.S., Pengelolaan Lingkungan Hidup dalam Hubungannya dengan Teknologi dan Hukum. Makalah, penataran Anggota Bappeda Seluruh Indonesia dalam Analisa Dampak Lingkungan, Bandung, 1987.

Haller, W. T dan D.L Sutton, 1973, Effects of pH and high phosphorus concentrations on growth of waterhyacinth. *Hyacinth Control Journal* 11: 59-61).

Harahap, F.M, 1978. Teknologi gas bio, pusat teknologi pembangunan ITB, Bandung.
Simamora, S, Wahyuni, Membuat biogas pengganti bahan bakar minyak dan gas dari kotoran ternak (Jakarta : Argomedia, 2006).

Hashimoto, A. G., Y.R. Chen, V.H. Varel dan R.L. Prior. 1980. "Anaerobic Fermentasi of Agricultural Residue." Di dalam Shuler (ed).1980. *Utilization and Recycle of Agricultural Wastes and Residues CRC Press*,. Florida.

Kreuzig, R. (2007), "Phytoremediation: Potential of Plants to Clean Up Polluted Soils," *Braunschweig University of Technology Institute of Ecological Chemistry and Waste Analysis.*

Sumestri, S., Alaerts, G. (1987). *Metoda Penelitian Air. Surabaya : Usaha Nasional.*

Wahyuni, Sri, Analisa Kelayakan Pengembangan Biogas Sebagai Energi Alternatif Berbasis Individu dan Kelompok Peternak, Tesis Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, 2008.

Widianto. L.S, 1986, The Effect Of Heavy Metal On The Growth Of WaterHyacinth, Proceed Syimposium on Pest Ecology and Pest management, Seameo-Biotrop, Bogor, Indonesia.
