



TOTAL BAKTERI ANAEROB, PRODUKSI GAS DAN LAJU PRODUKSI GAS BIO-DIGESTER DENGAN PENAMBAHAN SEKAM PADI PADA BAHAN BAKU FESES SAPI POTONG

(Total Anaerobic Bacteria, Gas Production and Bio-digester Gas production Rate with Addition of Rice Husks into Cattle Feces as Raw Material)

L. N. Hakim, Nurwantoro dan A. Purnomoadi

Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro, Semarang

ABSTRACT

This study aims to determine the total production of biogas, anaerobic bacterial counts, and the rate of biogas production with the addition of rice husk in cattle fecal material. The research was carried out on October 9, 2010 through June 14, 2011 in Dairy Cattle Science Laboratory, Faculty of Animal Science, Diponegoro University, Semarang. Research materials in the form of fresh feces of cattle by 200 males Java g biogas as the main ingredient, rice husks as much as 8.46 g of additional material, and as much water as a diluent 385.09 g stuffing materials digester. The equipment used is a set of tools digester, pH meter, thermometer, electric scales, aluminum foil, buckets, stirrers, measuring cups and shots. Experiments using completely randomized design (CRD) consisting of 2 treatments and 4 replications. Treatment is T0 (control) with stuffing materials 100% feces and T1 (treatment) with stuffing materials feces and rice hulls. Observed variables include the total gas, total anaerobic bacteria, and the rate of gas production. The data were tested by t test. The results showed that the addition of rice husk in biogas stuffing materials not significant ($P > 0.05$) on the production of gas and the gas production rate, whereas total anaerobic bacteria showed that there were significant effects ($P < 0.05$). The average biogas production is 206.875 ml for 28 days at T0 and T1 243.75 ml. Total anaerobic bacteria in T0 (control) 0.75×10^7 cfu / g lower ($P < 0.05$) than T1 (treatment) 3.24×10^7 cfu / g. Rice husks can not be used as an additive in the feces of beef cattle to produce biogas.

Keywords: biogas, anaerobic bacteria, cow feces, rice husks

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui total produksi biogas, jumlah bakteri anaerob, dan laju produksi biogas dengan penambahan sekam padi pada bahan baku feses sapi potong. Penelitian telah dilaksanakan pada tanggal 9 Oktober 2010 sampai 14 Juni 2011 di Laboratorium Ilmu Ternak Perah, Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro Semarang. Materi penelitian berupa feses segar dari sapi Jawa jantan sebanyak 200 g sebagai bahan utama pembuatan biogas, sekam padi sebanyak 8,46 g sebagai bahan tambahan, dan air sebanyak 385,09 g sebagai pencair bahan isian digester. Peralatan yang digunakan yaitu seperangkat alat digester, pH meter, termometer, timbangan elektrik, aluminium foil, ember, pengaduk, gelas ukur dan suntikan. Percobaan menggunakan

Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 2 perlakuan dan 4 ulangan. Perlakuan tersebut adalah T₀ (kontrol) dengan bahan isian 100% feses dan T₁ (perlakuan) dengan bahan isian feses dan sekam padi. Variabel yang diamati meliputi total gas, total bakteri anaerob, dan laju produksi gas. Data hasil penelitian diuji dengan uji t. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan sekam padi pada bahan isian biogas tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap produksi gas dan laju produksi gas, sedangkan total bakteri anaerob menunjukkan terdapat pengaruh yang nyata ($P < 0,05$). Rata-rata produksi biogas adalah 206,875 ml selama 28 hari pada T₀ dan pada T₁ 243,75 ml. Total bakteri anaerob pada T₀ (kontrol) $0,75 \times 10^7$ cfu/g lebih rendah ($P < 0,05$) daripada T₁ (perlakuan) $3,24 \times 10^7$ cfu/g. Sekam padi belum bisa digunakan sebagai bahan tambahan dalam feses sapi potong untuk menghasilkan biogas.

Kata kunci: biogas, bakteri anaerob, feses sapi, sekam padi

PENDAHULUAN

Biogas adalah gas yang dihasilkan dari perombakan/penguraian bahan organik oleh bakteri. Penguraian ini terjadi diruang yang kedap udara (*anaerob*). Kandungan biogas didominasi oleh gas metana (CH₄) yang merupakan hasil sampingan dari proses dekomposisi mikroba pada suatu biomasa. Mikroba tersebut merupakan bakteri pembentuk metana yang banyak terdapat dalam tubuh hewan ruminansia (Sihombing, 1980).

Produksi gas sangat dipengaruhi oleh jumlah mikroba anaerob yang bekerja pada suatu proses penguraian bahan organik menjadi biogas. Semakin banyak jumlah mikroba maka akan semakin tinggi produksi gas yang dihasilkan, sehingga jumlah bakteri anaerob perlu ditingkatkan untuk menghasilkan produksi gas yang tinggi. Salah satu cara meningkatkan jumlah bakteri anaerob adalah dengan memberikan nutrisi yang dibutuhkan oleh bakteri tersebut untuk pertumbuhannya. Unsur yang sangat berpengaruh adalah C dan N. Rasio C/N yang ideal dapat meningkatkan jumlah bakteri anaerob sehingga dapat meningkatkan produksi gas.

Lingaih dan Rajasekaran (1986) menyatakan bahwa feses memiliki imbalanced ratio C:N sebesar 27,56:1, sedangkan menurut Harahap *et al* (1978) rasio C/N yang ideal adalah 30/1. Untuk mencapai rasio C/N yang ideal perlu dilakukan penambahan bahan organik lain yang mengandung unsur C/N yang tinggi. Sekam padi merupakan produk sisa hasil pengolahan pertanian yang pemanfaatannya masih sangat terbatas untuk pakan ternak yang jumlahnya sangat sedikit. Menurut Hidayati (1993), hasil analisis kimia sekam padi terdiri dari 45,6% C-Organik dan 0,31% N total. Rasio C dan N yang tinggi ini sangat ideal untuk meningkatkan jumlah bakteri anaerob sehingga akan memicu peningkatan produksi gas. Pemanfaatan sekam padi sebagai energi biogas diharapkan dapat memberikan peningkatan pada jumlah total bakteri anaerob, jumlah produksi gas, dan lama proses digester biogas.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 9 Oktober 2010 sampai dengan tanggal 14 Juni 2011 bertempat di Laboratorium Teknologi Hasil Ternak dan Laboratorium Fisiologi dan Biokimia Fakultas Peternakan, Universitas Diponegoro, Semarang serta Laboratorium Ilmu Tanah, Universitas Sebelas Maret, Solo.

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah feses sapi potong sebagai bahan baku utama dan sekam padi sebagai bahan tambahan pada bahan isian digester. Alat yang digunakan adalah toples ukuran 1,25 liter gelas ukur, selang plastik, lem pipa, malam, ember plastik, gergaji, inkubator, autoklaf, *quebec colony counter*, *vaccum jar*, timbangan analitik, cawan petri, pipet ukur, tabung reaksi, kertas label, aluminium foil, kapas, pembakar bunsen, *magnetic stirrer*, dan gelas ukur.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi rancangan percobaan, prosedur penelitian, pengujian variabel dan analisis data. Tahap produser penelitian meliputi penyiapan materi dan pelaksanaan penelitian. Tahap pengujian variabel meliputi pengujian total bakteri anaerob, penggramatan produksi gas dan kecepatan produksi gas.

Rancangan percobaan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah Uji t dengan 2 perlakuan dan 4 kali ulangan. Bahan baku berupa bahan segar (feses sapi dan sekam padi) yang digunakan sebanyak ± 240 g untuk tiap perlakuan dimana perbandingan campuran antara sekam padi dengan feses sapi potong yaitu 1:22 untuk T₁ (berdasarkan kondisi optimal rasio C:N berkisar 20:1 – 30:1) dan 100% feses sapi potong untuk T₀. Selain itu, perbandingan campuran antara bahan baku dengan air yaitu 1:2,2 untuk T₁ dan 1 : 2 untuk T₀ berdasarkan kondisi optimal kadar bahan kering berkisar 7% – 9%. Hasil perhitungan penyusunan komposisi bahan isian digester biogas dapat dilihat pada Lampiran 1.

Penyiapan materi penelitian dilakukan untuk mengetahui data-data yang diperlukan untuk menunjang kegiatan penelitian. Data yang perlu diketahui adalah kadar bahan kering (BK), pH, kandungan nutrien (analisis proksimat), suhu dan rasio C:N dari feses sapi potong sebagai bahan baku serta sekam padi sebagai bahan tambahan.

Penyiapan materi. Penyiapan materi penelitian dilakukan untuk mengetahui data – data yang diperlukan untuk menunjang kegiatan penelitian. Data yang perlu diketahui adalah kadar bahan kering (BK), pH, kandungan nutrien (analisis proksimat) awal dan setelah pelaksanaan penelitian, suhu dan rasio C:N dari feses sapi potong sebagai bahan baku serta sekam padi sebagai bahan tambahan. Data tersebut akan digunakan untuk mengetahui perbandingan bahan baku berupa sekam padi dengan feses. Bahan isian yang paling baik untuk menghasilkan biogas adalah bahan yang mengandung 7% – 9% bahan kering (Simamora *et al.*, 2006). Suhu optimum dan pH yang paling baik untuk menghasilkan biogas adalah 35°C dan pH antara 6,8 – 8,0 (Muryanto *et al.*, 2006). Selain itu, imbangannya ratio C:N yang optimal untuk aktivitas bakteri metanogenik berkisar 20:1 – 30:1 (Karki and Dixit, 1984). Langkah selanjutnya adalah pembuatan unit biogas model bio-digester *batch feeding* dengan penangkap gas

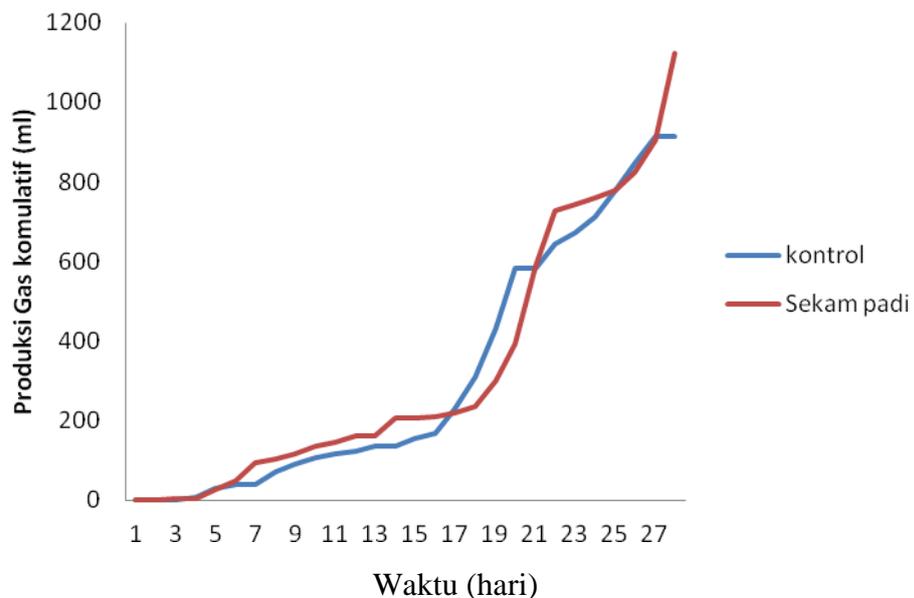
sistem tetap (*fixed*). Bahan utama dalam pembuatan dua unit bio-digester biogas ini yaitu toples kapasitas 750 ml sebagai tabung pencerna dan gelas ukur kapasitas 1 liter sebagai tabung penangkap gas.

Pada tahap awal mempersiapkan lubang – lubang untuk lubang pengeluaran gas tabung pencerna, lubang tempat masuk gas tabung penangkap gas, lubang saluran pengeluaran air tabung penangkap gas dan lubang tempat meletakkan termometer pada tabung pencerna dengan bantuan alat pemanas solder. Tahap kedua yaitu memasang termometer pada tabung pencerna dan selang plastik bening berdiameter kecil dengan tutup suntikan yang telah terlebih dahulu dipasang pada masing – masing lubang tempat keluar – masuknya gas kemudian, dieratkan dengan menggunakan lem plastik disertai penempelan malam. Setelah proses pengeringan plastik selesai, dilakukan pengetesan agar tidak terjadi kebocoran udara. Setelah kering dan proses penempelan malam selesai, digester siap untuk diisi bahan isian. Digester ini selanjutnya diisi dua bahan isian yang berbeda dengan dicampur air. Selain itu, bahan yang digunakan untuk uji total bakteri anaerob berupa botol bekas kapasitas 250 – 300 ml yang akan diisi bahan pelakuan kemudian, ditutup rapat diupayakan kedap udara selanjutnya akan dilakukan analisis di laboratorium.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Perlakuan terhadap Produksi Gas

Produksi gas antara bahan baku segar berupa 100% feses sapi potong (kontrol) dan perlakuan penambahan sekam padi dapat dilihat pada Ilustrasi 3.



Ilustrasi 1. Produksi gas harian pada kontrol dan perlakuan

Produksi gas pada Ilustrasi 1. menunjukkan bahwa produksi gas pada digester kontrol cenderung lebih lambat dibandingkan digester pada feses dengan penambahan sekam padi. Pada digester kontrol, produksi gas dimulai pada hari

ke-4 dan terus meningkat sampai hari ke-28 dengan total produksi gas sebesar 912,5 ml, sedangkan pada digester dengan penambahan sekam padi, produksi gas dimulai pada hari ke-3 dan meningkat sampai hari ke-28 dengan total produksi gas sebesar 1122,5 ml.

Imbangan rasio C/N merupakan sumber makanan bagi bakteri metanogenik selama aktivitas proses fermentasi pembentukan produksi gas. Bakteri metanogenik mengkonsumsi karbon sekitar 30 kali lebih cepat dibandingkan nitrogen. Berdasarkan hasil analisis rasio C/N, kandungan rasio C/N sampel perlakuan lebih tinggi jika dibandingkan dengan sampel tanpa perlakuan (kontrol). Haryati (2006) menyatakan bahwa apabila rasio C/N terlalu tinggi (>30), nitrogen akan dikonsumsi dengan cepat oleh bakteri metanogenik untuk memenuhi kebutuhan pertumbuhannya dan hanya sedikit yang bereaksi dengan karbon akibatnya produksi gas yang dihasilkan menjadi rendah. Sebaliknya jika rasio C/N rendah (<20), nitrogen akan dibebaskan dan berakumulasi dalam bentuk amonia (NH₄) yang dapat meningkatkan pH. Hal ini mengakibatkan perbedaan nyata terhadap perubahan produksi gas antara sampel perlakuan (T₁) dengan sampel tanpa perlakuan (T₀) dimana hasil produksi gas T₁ lebih baik dibandingkan T₀.

Proses pembentukan produksi gas, khususnya pada kandungan nutrisi substrat sebagai bahan baku isian selama proses produksi gas diduga menjadi penyebab tinggi atau rendahnya produksi gas yang dihasilkan. Berdasarkan hasil analisis proksimat, sampel perlakuan lebih banyak memanfaatkan kandungan nutrisi khususnya protein kasar dan serat kasar pada bahan baku isian selama proses terjadinya fermentasi oleh bakteri metanogenik dibandingkan dengan sampel tanpa perlakuan (kontrol). Hal ini sesuai dengan pernyataan Chanakya *et al.* (1997), bahwa pada sekam padi ini memiliki banyak kandungan materi yang dapat berfermentasi dan mampu menghasilkan biogas

Hasil produksi gas juga dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor pH pada proses anaerobik memegang peranan penting dalam proses produksi biogas. Berdasarkan hasil pengamatan pH indikator, sampel perlakuan (T₁) nilai pH berkisar 6,75 – 7 dan sampel tanpa perlakuan (T₀) nilai pH berkisar 6 – 7. Hal ini sesuai dengan pendapat Muryanto *et al.* (2006), bahwa bakteri metanogenik penghasil biogas bekerja aktif pada pH antara 6,8 – 8,0. Sementara itu, menurut Simamora *et al.* (2006), kisaran pH 6,8 – 8,0 akan memberikan hasil pencernaan yang optimal.

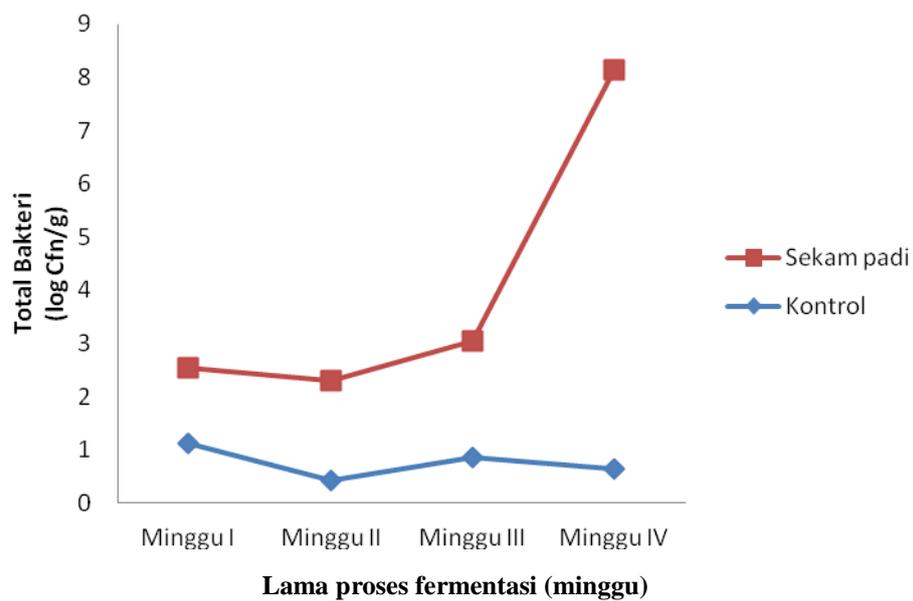
Faktor suhu dan temperatur memiliki peranan yang tidak kalah penting selama proses pembentukan produksi biogas. Berdasarkan hasil pengamatan termometer suhu, sampel perlakuan (T₁) suhu berkisar 29,25°C – 31,50°C dan sampel tanpa perlakuan (T₀) suhu berkisar 28,75°C – 31°C. Hal ini sesuai dengan pendapat Muryanto *et al.* (2006), bahwa temperatur yang baik dalam proses pembentukan biogas pada kisaran 5°C – 55°C, sedangkan temperatur yang optimal untuk dapat menghasilkan biogas adalah 35°C. Proses pembentukan produksi gas sangat bagus pada kisaran mesofilik, antara suhu 25°C – 30°C dengan suhu optimum yaitu 35°C (Wahyuni, 2008). Temperatur yang lebih tinggi akan menghasilkan produksi gas yang tinggi pula, akan tetapi bila temperatur terlalu tinggi proses ini akan terganggu karena adanya kematian bakteri (Harahap

et al., 1978). Oleh karena itu, produksi gas maksimal dicapai pada waktu siang hari, sebab suhu udara panas sangat mendukung terjadinya proses pencernaan di dalam tabung pencerna.

Kandungan bahan kering (BK) pada bahan baku isian biogas memiliki dampak terhadap pembentukan produksi gas. Berdasarkan hasil analisis kadar air kasar, sampel perlakuan lebih banyak memanfaatkan bahan kering pada bahan baku isian selama proses terjadinya fermentasi oleh bakteri metanogenik dibandingkan dengan sampel tanpa perlakuan (kontrol). Hal ini sesuai dengan pendapat Malik (2006), bahwa pada tanaman sekam padi memiliki kandungan air Sebanyak 9% dan menjadikannya terdiri dari jaringan yang berongga, mempunyai energi yang tinggi, terdiri dari bahan yang dapat difermentasikan dan berpotensi sangat besar dalam menghasilkan produksi gas. Sementara itu, bahan isian yang baik mengandung sekitar 7 – 9% bahan kering sehingga proses pencernaan anaerobik dapat berjalan dengan baik sehingga produksi gas yang dihasilkan optimal (Muryanto *et al.*, 2006).

Pengaruh Perlakuan terhadap Total Bakteri Anaerob

Hasil total bakteri anaerob antara bahan baku segar berupa 100% feses sapi potong (kontrol) dan perlakuan penambahan sekam padi dapat dilihat pada Ilustrasi 2.



Ilustrasi 2. Total Bakteri Anaerob pada kontrol dan perlakuan

Hasil total bakteri anaerob pada Ilustrasi 2. menunjukkan bahwa total bakteri *anaerob* pada digester kontrol cukup tinggi pada minggu ke-1 kemudian mengalami penurunan pada minggu ke-2, pada minggu ke-3 ternyata mengalami kenaikan dan akhirnya mengalami penurunan pada minggu ke-4, Sedangkan total bakteri anaerob pada feses sapi dengan penambahan sekam padi selalu mengalami

kenaikan dari minggu ke-1 sampai minggu ke-4, dan kenaikan yang paling tinggi terjadi antara minggu ke-3 dan minggu ke-4.

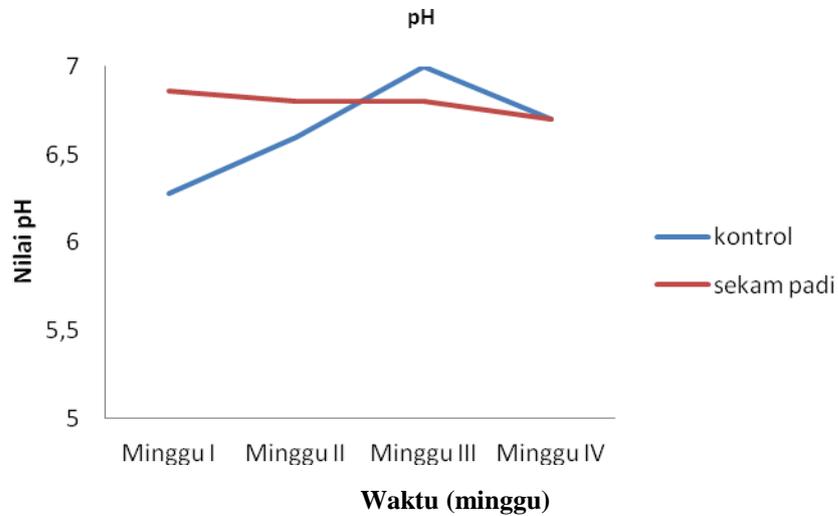
Zwietering *et al.* (1990) menyatakan bahwa bakteri mengalami fase fase pertumbuhan, Fase pertumbuhan dimulai pada fase permulaan, fase pertumbuhan yang dipercepat, fase pertumbuhan logaritma (eksponensial), fase pertumbuhan yang mulai dihambat, fase stasioner maksimum, fase kematian dipercepat, dan fase kematian logaritma. Pada fase permulaan, bakteri baru menyesuaikan diri dengan lingkungan yang baru, sehingga sel belum membelah diri. Sel mikrobial mulai membelah diri pada fase pertumbuhan yang dipercepat, tetapi waktu generasinya masih panjang. Dari pernyataan di atas dapat dipastikan bahwa pada minggu pertama dan kedua, mikroba masih dalam fase pertumbuhan sehingga produksi gas cenderung rendah. Pada fase pertumbuhan yang dipercepat (minggu ketiga), jumlah bakteri mulai meningkat dan kemudian jumlahnya menurun pada minggu keempat. Hal ini berbeda dengan digester dengan penambahan sekam padi yang justru mengalami peningkatan jumlah bakteri yang cukup tinggi pada minggu keempat. Penyebab perbedaan ini adalah kandungan nutrisi dalam sekam padi khususnya kandungan rasio C/N yang lebih tinggi dibandingkan feses sapi, sehingga bakteri metanogenik mempunyai substrat untuk kelangsungan hidup dan memperbanyak jumlah yang mengakibatkan produksi gas pun meningkat. Sesuai dengan pendapat Karki dan Dixit (1984) yang menyatakan bahwa, proses aktivitas bakteri metanogenik bersifat anaerob, khususnya rasio karbon/nitrogen (C/N) sebagai substrat utama selama proses pembentukan biogas diduga menjadi penyebab tinggi atau rendahnya total bakteri anaerob yang melakukan aktivitas. Rasio optimum C/N untuk kelangsungan hidup bakteri metanogenik pada digester anaerobik berkisar 25 – 30.

Berdasarkan hasil analisis proksimat dan rasio C/N, kandungan nutrisi khususnya protein kasar dan serat kasar pada bahan baku selama proses terjadinya fermentasi pada sampel perlakuan lebih banyak dimanfaatkan oleh bakteri metanogenik dibandingkan dengan sampel tanpa perlakuan (kontrol). Selain itu, kandungan rasio C/N pada sampel perlakuan lebih tinggi jika dibandingkan dengan sampel tanpa perlakuan (kontrol). Ghosh *et al.* (1984) menyatakan, bahwa Hemiselulosa yang terdapat pada serat kasar dan nitrogen pada protein kasar ini merupakan polisakarida kompleks berupa campuran polimer yang dimanfaatkan oleh bakteri metanogenik untuk kelangsungan hidupnya disamping bakteri tersebut menghasilkan dua senyawa campuran sederhana berupa metana (CH₄) dan karbondioksida (CO₂) yang biasa disebut biogas. Hal ini mengakibatkan perbedaan nyata terhadap perubahan jumlah total bakteri anaerob antara sampel perlakuan (T₁) dengan sampel tanpa perlakuan (T₀) dimana hasil total bakteri anaerob T₁ lebih baik dibandingkan T₀.

Keasaman (pH) dan Pengaruhnya terhadap Produksi Gas

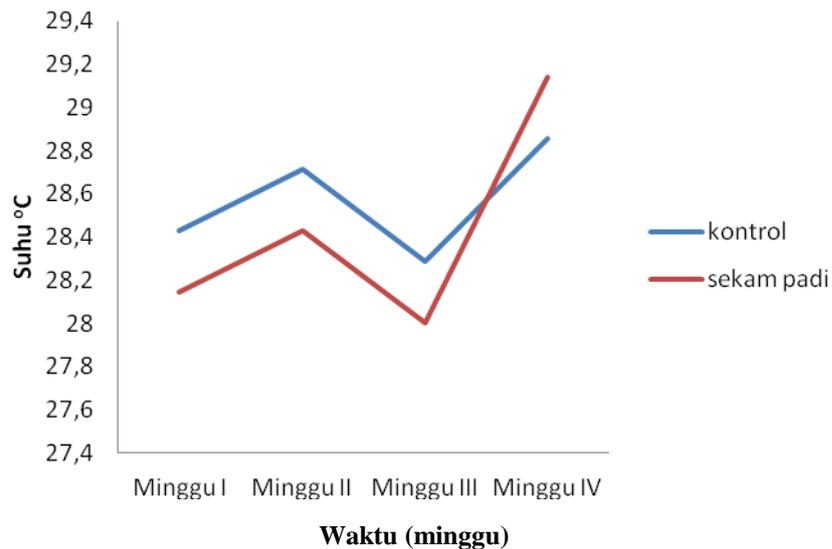
Hasil total bakteri anaerob juga dipengaruhi oleh keasaman (pH). Faktor pH pada proses anaerobik memegang peranan penting terhadap aktivitas bakteri metanogenik. Berdasarkan hasil pengamatan pH indikator, sampel kontrol rata-rata nilai pH 6,64 dan sampel perlakuan rata-rata nilai pH 6,79. Hal ini sesuai

dengan pendapat Muryanto *et al.* (2006), bahwa bakteri metanogenik penghasil biogas bekerja aktif pada pH antara 6,8 – 8,0. Sementara itu, menurut Simamora *et al.* (2006), bahwa kisaran pH 6,8 – 8,0 akan memperlancar aktivitas bakteri metanogenik penghasil biogas secara optimal.



Ilustrasi 3. Tingkat keasaman pada kontrol dan perlakuan

Suhu dan Pengaruhnya terhadap Produksi Gas



Ilustrasi 4. Suhu digester pada kontrol dan perlakuan

Faktor suhu dan temperatur memiliki peranan yang tidak kalah penting terhadap aktivitas bakteri metanogenik penghasil biogas. Berdasarkan hasil pengamatan suhu rata-rata selama 28 hari, diperoleh data pada kotrol 28,6 °C dan pada perlakuan 29,2 °C. Hal ini sesuai dengan pendapat Muryanto *et al.* (2006), bahwa temperatur yang baik untuk kelangsungan aktivitas bakteri metanogenik penghasil biogas pada kisaran 5°C – 55°C sedangkan, temperatur yang optimal

untuk aktivitas bakteri metanogenik adalah 35°C. Proses aktivitas bakteri metanogenik sangat aktif pada kisaran mesofilik yaitu antara suhu 25°C – 30°C dengan suhu optimum 35°C (Wahyuni, 2008). Temperatur yang lebih tinggi akan berpengaruh juga terhadap aktivitas bakteri metanogenik yang tinggi pula, akan tetapi bila temperatur terlalu tinggi proses ini akan terganggu karena adanya kematian bakteri sehingga populasi menjadi menurun (Harahap *et al.*, 1978). Oleh karena itu, total bakteri metanogenik bersifat anaerob maksimal dicapai pada waktu siang hari, sebab suhu udara panas sangat mendukung terjadinya proses pencernaan di dalam tabung pencerna oleh bakteri tersebut.

PENUTUP

Berdasarkan hasil pembahasan penelitian ini diperoleh terkait total bakteri anaerob, produksi gas, dan laju produksi gas dapat ditarik gambaran berdasarkan hasil analisis statistik, bahwa perlakuan dengan penambahan sekam padi dapat memberikan pengaruh nyata terhadap perubahan total bakteri anaerob, produksi gas, dan laju produksi gas. Hal ini menunjukkan, bahwa perlakuan dengan penambahan eceng gondok menghasilkan perbedaan terhadap perubahan total bakteri anaerob, produksi gas, dan laju produksi gas.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnott, M. 1985. The Biogas/Biofertilizer Business Handbook (3rd ed). Peace Corp, [Http:// mng-unix1. marasconewton. com/ peacecorps/ Documents/ R0048/ r0048e/ r0048e00. htm](http://mng-unix1.marasconewton.com/peacecorps/Documents/R0048/r0048e/r0048e00.htm). Tanggal akses: 26 Oktober 2009 Pukul 15:10.
- Chanakya, H.N., Srikumar, K.G., Anand, V., Modak, J., and Jagadish, K.S., (1997). Fermentation properties of agro residues, leaf biomass and urban market garbage in a solid phase biogas fermenter. *Biomass and Bioenergy*.
- Ghosh, S., M.P. Henry and R.W. Christopher. 1984. Hemicellulose Conversion by Anaerobic Digestion. Institute of Gas Technology dan United Gas Pipe Line Company. USA. Biomassa Vol. 6 Hal. 257-258. Elsevier Ltd
- Harahap, F., M. Apandi dan S. Ginting. 1978. Teknologi Gas Bio. Pusat Teknologi Pembangunan. Institut Teknologi Bandung. Bandung
- Haryati, T. 2006. Biogas: Limbah Peternakan yang Menjadi Sumber Energi Alternatif. Penerbit Balai Penelitian Ternak, Bogor.
- Kadarwati, S. 2003. Studi Pembuatan Biogas dari Kotoran Kuda dan Sampah Organik, Skala Laboratorium. www.p3tek.esdm.go.id. Tanggal akses: 21 Oktober 2009 Pukul 15:15.
- Karki, A.B. and K. Dixit. 1984. Biogas fieldbook. Sahayogi Press, Khatmandu, Nepal.
- Lingaih, V. and P. Rajasekaran. 1986. Biodigestion of cowdung and organik wastes mixwith oil cakes in relation to energy in agricultural wastes. *Journal of Agricultural Wastes*. **17**: 161 – 173.
- Malik, A. 2006. Environmental challenge vis a vis opportunity: the case of water hyacinth. *Environment International* Vol. **33**: 122 – 138. Elsevier Ltd.

- Muryanto, J. Pramono, Suprpto, Ekaningtyas, dan Sudadiyono. 2006. Biogas Energi Alternatif Ramah Lingkungan. Karya Makmur Kab. Magelang. BPTP Jawa Tengah.
- Sasse, L. 1992. Pengembangan Energi Alternatif Biogas dan Pertanian Terpadu di Boyolali Jawa Tengah. LPTP dan BORDA, Solo.
- Simamora, S., Salundik, S. Wahyuni, dan Surajudin. 2006. Membuat Biogas Pengganti Bahan Bakar Minyak dan Gas dari Feses. Agromedia Pustaka, Jakarta.
- Wahyuni, S. 2008. Biogas. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Widarto, L. dan F. X. Sudarto. 2002. Membuat Biogas. Kanisius. Yogyakarta.
- Yunus, M., 1995. Teknik Membuat dan Memanfaatkan Unit Gas Bio. Universitas Gajah Mada Press. Yogyakarta.
- Zwietering M.H., T. Wijtzes., J.C. De Wit., and K. Van't Riet. 1992. A decision support system for prediction of the microbial spoilage in foods. J. Food Protection, 55, 973-979.