

PRODUKSI BIOGAS DARI CAMPURAN KOTORAN SAPI DENGAN RUMPUT GAJAH (*Pennisetum purpureum*)

[PRODUCTION OF BIOGAS FROM A MIXTURE OF COWDUNG AND ELEPHANT GRASS (*Pennisetum purpureum*)]

Oleh:

Chandra Afrian¹, Agus Haryanto¹, Udin Hasanudin², Iskandar Zulkarnain¹

¹Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

²Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

✉ komunikasi penulis, email : agus.haryanto@fp.unila.ac.id

Naskah ini diterima pada 22 Februari 2017; revisi pada 4 Mei 2017; disetujui untuk dipublikasikan pada 16 Juni 2017

ABSTRACT

This study aimed to determine the production of biogas from a mixture of elephant grass and cow dung. Elephant grass, obtained from a local farmer in Gedong Tataan (Pesawaran), at 2-month old when cut, was manually chopped with a maximum length of 5 cm. Fresh cow dung was taken from The Department of Animal Sciences, the University of Lampung. Elephant grass was thoroughly mixed with cowdung and was then diluted with tap water at different dilution rate, namely 50 ℓ, 75 ℓ, and 100 ℓ. The diluted substrate was introduced into 220-liter batch digesters and was tightly sealed. The treatments were compared to the control which used only 25 kg of cow dung diluted with 25 ℓ of water. All treatments were conducted with two replications. The parameters included daily temperature, substrate pH (initial and final), TS and VS contents, biogas production, biogas yield and biogas composition. The results showed that initial pH of all treatments were in the normal range, namely 7.73, 8.08, 8.00, 7.20 respectively for P1, P2, P3 and control; whereas final pH was 4.50, 4.62, 6.82, 7.30. The average daily temperature respectively was 33.1°C, 29.6°C, 31.2°C and 30.2°C. The total of biogas production was 439.42 ℓ, 353.02 ℓ, 524.32 ℓ and 519.27 ℓ respectively for P1, P2, P3, and control with respective biogas yield of 42.20 ℓ/kgTS, 33.91 ℓ/kgTS, 50.38 ℓ/kgTS, 72.42 ℓ/kgTS and methane yield of 6.85ℓ/kgVS, 13.38ℓ/kgVS, 69.62ℓ/kgVS and 102.86 ℓ/kgVS.

Keywords: Biogas, cow dung, elephant grass, batch, yield.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui produksi biogas dari bahan campuran rumput gajah dan kotoran sapi. Rumput gajah berumur 2 bulan yang diperoleh dari petani di Gedong Tataan (Pesawaran) dicacah dengan panjang maksimum 5 cm. Kotoran sapi segar diambil dari Laboratorium di Jurusan Peternakan, Universitas Lampung. Rumput gajah (25 kg) diaduk rata dengan kotoran sapi (25 kg). Campuran ini lalu diencerkan dengan air pada tiga level pengenceran, yaitu 50 ℓ (P1), 75 ℓ (P2), dan 100 ℓ (P3). Campuran dimasukkan ke dalam digester batch dari drum plastik dengan volume 220 liter dan ditutup rapat. Untuk kontrol hanya digunakan 25 kg kotoran sapi yang diencerkan dengan 25 l air. Semua perlakuan dilakukan dengan dua ulangan. Parameter yang diamati pada penelitian ini meliputi temperatur harian, pH awal dan akhir substrat, kandungan TS dan VS, volume biogas, produktivitas biogas dan komposisi biogas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai pH awal semua perlakuan berada pada kisaran normal yaitu 7,73, 8,08, 8,00, 7,20 berturut-turut untuk P1, P2, P3 dan kontrol; sedangkan pH akhir berturut-turut adalah 4,50, 4,62, 6,82, 7,30. Suhu harian rata-rata hampir sama untuk semua perlakuan yaitu 33,1°C, 29,6°C, 31,2°C, dan 30,2°C. Total dari produksi biogas adalah 439,42 ℓ, 353,02 ℓ, 524,32 ℓ dan 519,27 ℓ berturut-turut untuk P1, P2, P3, dan kontrol dengan produktivitas biogas secara berurutan adalah 42.20 ℓ/kgTS, 33.91 ℓ/kgTS, 50.38 ℓ/kgTS, 72.42 ℓ/kgTS dan produktivitas metana 6,85ℓ/kgVS, 13,38ℓ/kgVS, 69,62ℓ/kgVS dan 102,86ℓ/kgVS.

Kata Kunci: Biogas, kotoran sapi, rumput gajah, batch, produktivitas.

I. PENDAHULUAN

Tingginya penggunaan energi di Indonesia dipengaruhi oleh tingginya pertumbuhan penduduk dan meningkatnya perkembangan industri. Penggunaan bahan bakar fosil secara berlebihan menyebabkan kelangkaan energi karena bahan bakar fosil tidak dapat diperbaharui. Karena itu pengembangan energi alternatif sangat dibutuhkan.

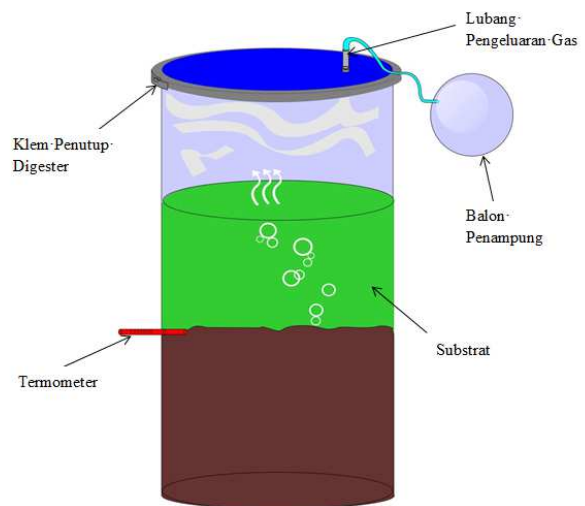
Biogas merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat menjawab kebutuhan energi alternatif. Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme dalam keadaan anaerob (Wahyuni, 2015). Biogas yang dihasilkan dapat digunakan untuk memasak, penerangan, dan bahan bakar motor atau genset. Biogas memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan bahan bakar fosil. Sifatnya yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui merupakan satu keunggulan biogas dibandingkan dengan bahan bakar fosil (Wahyuni, 2015).

Jenis bahan organik yang digunakan sebagai bahan baku merupakan faktor yang sangat penting. Rumput-rumputan adalah bahan organik yang dapat digunakan sebagai bahan baku produksi biogas. Rumput tumbuh subur di wilayah Indonesia. Selain itu, rumput-rumputan tidak membutuhkan perawatan dan lahan khusus untuk pembudidayaannya. Rumput gajah mempunyai kelebihan antara lain produksi tinggi, kadar protein cukup tinggi, lebih tahan terhadap kekeringan dan disukai oleh ternak. Karena memiliki kandungan selulosa dan lignin maka rumput lebih lama terdekomposisi, sehingga dibutuhkan campuran kotoran ternak untuk mendapatkan hasil yang optimal (Wahyuni, 2013). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui produksi biogas dari bahan campuran rumput gajah dan kotoran sapi.

II. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei sampai November 2016 di Laboratorium Daya, Alat dan Mesin Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Bahan yang

digunakan pada penelitian ini yaitu rumput gajah (diambil dari petani di Godongtataan, Pesawaran) berumur 2 bulan saat dipotong. Kotoran sapi dari Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian ini menggunakan digester tipe batch yang terbuat dari drum plastik ukuran 220 liter yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Digester Tipe Batch

2.1. Perlakuan

Rumput gajah dicacah dengan panjang maksimum 5 cm, kemudian dicampur dengan kotoran sapi yang telah diencerkan terlebih dahulu dengan air. Komposisi antara kotoran sapi dan rumput gajah yaitu 25 : 25 (kg/kg) dalam tiga level pengenceran yang berbeda yaitu dengan penambahan air 50 liter (P1), 75 liter (P2) dan 100 liter (P3) dan kontrol (25 kg kotoran sapi dengan 25 liter air). Semua perlakuan dilakukan dengan 2 ulangan dan diamati hingga 70 hari.

2.2. Pengamatan

2.2.1. Suhu Harian

Suhu di dalam digester dan lingkungan luar diukur setiap hari tiga kali, yaitu pada pagi, siang dan sore hari.

2.2.2. Kadar Air, Kandungan TS (total solids) dan VS (Volatile Solids)

Kadar air diukur dengan menggunakan oven (Memmert) pada suhu 105°C selama 24 jam. Bahan kering lalu dibakar dalam tanur (Barnstead Thermolyne) pada suhu 550°C selama 2 jam untuk mendapatkan kadar abu. Pengukuran ini dilakukan pada bahan awal dan akhir (setelah 70 hari).

Kadar air (KA), TS dan VS dihitung dengan Persamaan 1-4:

$$KA = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad \dots\dots(1)$$

$$TS = (100\% - KA) \quad \dots\dots(2)$$

$$Abu = \frac{W_3 - W_4}{W_3} \times 100\% \quad \dots\dots(3)$$

$$VS = 100\% - Abu \quad \dots\dots(4)$$

dimana W_1 = berat sampel segar (g), W_2 = berat kering oven (g), W_3 = berat sampel kering sebelum pengabuan (g), dan W_4 = berat abu (g)

2.2.3. Kadar C dan N

Kadar karbon (C) dan nitrogen (N) bahan diukur diawal penelitian pada substrat bahan segar. Pengukuran dilakukan menggunakan elemental analyzer Vorro El-Cobe di Lab. Pengolahan Limbah Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Lampung. Rasio C/N bahan campuran ditentukan dari Persamaan 5:

$$C/N = \frac{(C_{RG} \times TS_{RG}) + (C_{KS} \times TS_{KS})}{(N_{RG} \times TS_{RG}) + (N_{KS} \times TS_{KS})} \quad \dots\dots(5)$$

dimana C adalah nilai karbon; N adalah nilai nitrogen; TS adalah nilai *Total Solid*; dan subskript RG untuk rumput gajah dan KS untuk kotoran sapi.

2.2.4. Produksi Biogas

Produksi biogas harian ditampung di dalam balon dan diukur volumenya dengan prinsip pemindahan volume air. Produktivitas biogas (PB) dan produktivitas metana (PM) dihitung pada akhir pengamatan (70 hari) dari Persamaan 6 dan 7:

$$PB = \frac{Volume\ Biogas}{TS_{IN}} \quad \dots\dots (6)$$

$$PM = \frac{(Volume\ Biogas) \times \% Metana}{VS_{IN} - VS_{OUT}} \quad \dots\dots (7)$$

2.2.5. Komposisi Gas

Pengukuran komposisi dilakukan pada hari 30 dan 60 menggunakan gas chromatograph (Shimadzu Shincorbon ST 50-80 D-375).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Substrat

Karakteristik substrat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1. Dengan komposisi campuran 25:25 (kg/kg), maka perlakuan P1 hingga P3 memiliki nilai rasio C/N yang sama (29,02). Nilai ini berada dalam kisaran nilai C/N yang optimum untuk bakteri perombakan substrat, yaitu antara 20 hingga 30 (Deublein dan Steinhauser, 2008). Jika rasio C/N terlalu tinggi, nitrogen akan meningkatkan pertumbuhan bakteri tetapi yang bereaksi dengan karbon sedikit sehingga gas dihasilkan rendah. Sebaliknya jika rasio C/N rendah, nitrogen berakumulasi dalam bentuk amonia yang meningkatkan pH sehingga gas dihasilkan juga rendah (Budiyono, 2013).

Tabel 1. Karakteristik Substrat

Karakteristik	Kotoran Sapi	Rumput Gajah
Kadar Air (%)	71,32	87,03
Total Solid (TS) (%)	28,68	12,97
Kadar Abu (%TS)	25,04	14,41
Volatile Solid (VS) (%TS)	74,96	85,59
C (%)	39,87	55,51
N (%)	1,42	1,81
Rasio C/N	28,08	30,62

Nilai TS dan VS awal dan akhir substrat dapat dilihat pada Tabel 2. TS optimum yang dibutuhkan oleh mikroba untuk fermentasi dalam pembentukan biogas yaitu sebesar 5% (Sawasdee, 2014). Nilai TS pada penelitian ini kurang sesuai untuk pertumbuhan mikroba.

Nilai TS dan VS pada masing-masing perlakuan mengalami penurunan disebabkan adanya proses dekomposisi substrat oleh mikroba pada saat fermentasi, sehingga substrat mengalami perubahan menjadi gas maupun air. *Total solid* dan *volatile solid* berupa *slurry* keluaran biodigester terjadi penurunan karena adanya proses degradasi senyawa organik menjadi biogas (Ni'mah, 2014).

Perbedaan penurunan kandungan bahan organik pada setiap perlakuan dipengaruhi oleh kondisi pengenceran. Pada perlakuan P3 memiliki nilai pengenceran yang paling tinggi. Tabel 2 juga menunjukkan bahwa P3 mempunyai nilai penurunan VS paling tinggi

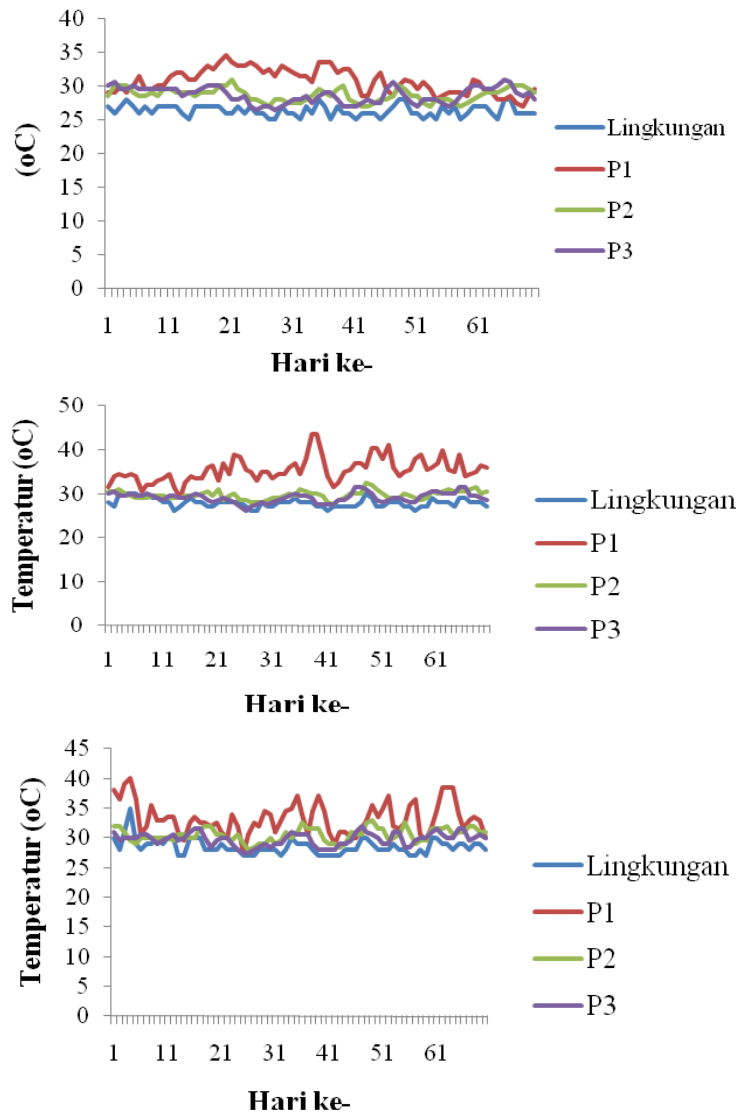
yang bahwa semakin tinggi nilai pengenceran maka semakin baik.

Tabel 2. Analisis TS dan VS

Perla- kuan	Massa Substrat (kg)	Awal		Akhir	
		TS (%)	VS (%)	TS (%)	VS (%)
Kontrol	50	14,34	10,75	13,51	5,31
P1	100	10,41	8,15	9,78	7,10
P2	125	8,33	6,52	7,50	5,27
P3	150	6,94	5,43	6,14	3,86

3.2. Suhu Digester

Kondisi temperatur harian (pagi, siang dan sore) pada tiap perlakuan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Suhu Pada Pagi (Atas), Siang (Tengah), Sore (Bawah) Hari

Suhu rata-rata pagi hari pada P1, P2, P3 dan kontrol secara berurutan adalah 30,7°C, 28,6°C, 28,6°C, 28,8°C dan suhu lingkungan 26,4°C. Pada siang dan sore hari suhu meningkat seperti terlihat pada Gambar 2.

Berdasarkan suhunya, proses anaerobik dapat dikelompokkan menjadi mesofilik pada kisaran suhu 25-40°C, dan termofilik pada suhu lebih dari 40°C (Ahring, 2003). Suhu yang tinggi di dalam digester disebabkan adanya aktivitas anaerob oleh bakteri yang menyebabkan peningkatan suhu di dalam digester. Kondisi digester yang terpapar langsung oleh sinar matahari juga memiliki suhu relatif lebih tinggi pada siang hari.

3.3. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu faktor yang penting untuk pertumbuhan mikroba pembentukan biogas. Nilai pH yang optimum untuk pertumbuhan mikroba berkisar 6,8 hingga 7,2 (Gerardi, 2003). Tabel 3 menunjukkan nilai rata-rata pH substrat segar dan substrat yang telah mengalami dekomposisi (pada hari ke 70). Penurunan pH pada tiap perlakuan berindikasi bahwa bakteri yang bekerja masih didominasi mikroorganisme untuk proses asidogenesis yang memiliki pertumbuhan yang sangat cepat, sehingga menaikkan kadar keasaman (Ni'mah, 2014). Apabila Nilai pH di bawah 6,5 maka aktivitas bakteri metanogen akan menurun dan apabila nilai pH di bawah 5,0, maka fermentasi akan terhenti. Jika pH lebih tinggi dari 8,5 akan mengakibatkan pengaruh

yang negatif pada populasi bakteri metanogen, sehingga mempengaruhi laju pembentukan biogas dalam reaktor (Khaerunnisa, 2013).

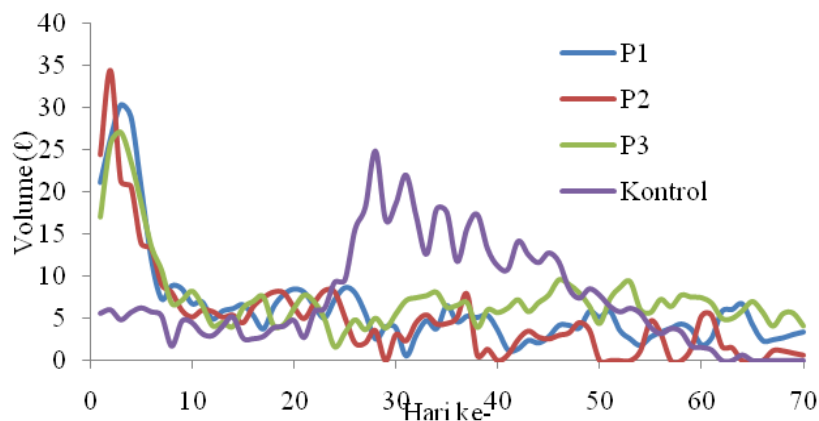
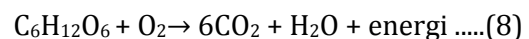
Tabel 3. Nilai pH substrat

Perlakuan	Awal	Akhir
Kontrol	7,20	7,30
P1	7,73	4,50
P2	8,08	4,62
P3	8,00	6,82

Nilai pH substrat pada awal pengisian dan akhir penelitian dapat dilihat pada Gambar 2. Gambar itu menunjukkan bahwa perlakuan yang menggunakan campuran rumput gajah semakin rendah nilai pengenceran maka semakin tinggi nilai derajat keasaman pada substrat awal dan akhir pengamatan.

3.4. Produksi Biogas

Gambar 2 menunjukkan produksi biogas harian rata-rata pada tiap perlakuan. Pada minggu pertama semua substrat campuran kotoran sapi dan rumput gajah menghasilkan biogas sangat tinggi mencapai (27,05 untuk P3 hingga 34,45 liter per hari untuk P2) dibandingkan dengan kontrol (6,67) dengan substrat hanya kotoran sapi. Hal ini mungkin disebabkan karena bahan segar rumput gajah masih melakukan respirasi karena adanya oksigen sehingga menghasilkan gas yang lebih banyak yang didominasi oleh CO₂.



Gambar 2. Volume Harian Biogas

Mulai hari ketiga biogas yang dihasilkan oleh substrat dengan campuran rumput gajah berangsur-angsur turun. Sebaliknya, biogas dari substrat kotoran sapi berangsur naik hingga mencapai maksimum pada akhir minggu ke-4, lalu turun hingga habis.

Gambar 2 menunjukkan bahwa produksi gas harian berlangsung lebih lama pada substrat dengan tambahan rumput. Volume biogas pada perlakuan kontrol mulai mengalami nilai konstan pada hari ke-61, sedangkan untuk perlakuan P1, P2 dan P3 masih mengalami kenaikan volume produksi biogas sehingga membutuhkan waktu pengamatan lebih lama untuk mengetahui volume total yang dihasilkan pada P1, P2 dan P3. Jumlah total produksi biogas selama 70 hari pengamatan adalah 441,3 (P1), 355,8 (P2), 524,3 (P3), dan 519,3 (Kontrol). Data ini juga menunjukkan bahwa pengenceran memiliki pengaruh terhadap produksi biogas total. Mohammad *dkk.* (2016) melaporkan bahwa pengenceran dua kali dapat meningkatkan produksi biogas lebih banyak dibandingkan dengan pengenceran substrat yang lebih rendah. Pernyataan tersebut sejalan dengan hasil penelitian ini yaitu pada perlakuan P3 menghasilkan produksi gas yang lebih besar dibandingkan perlakuan lainnya.

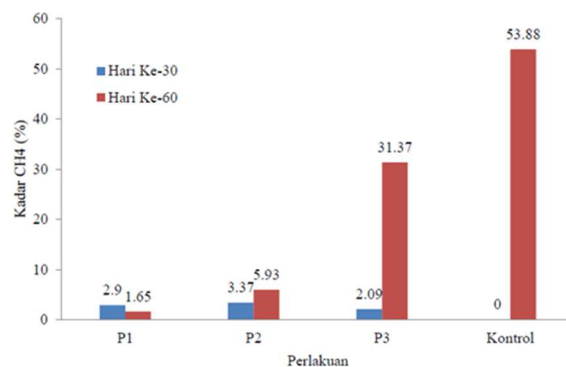
Gambar 2 juga mengisyaratkan bahwa produksi biogas total dari substrat dengan tambahan rumput gajah memiliki potensi lebih tinggi dibandingkan produksi biogas tanpa rumput gajah. Hal ini terlihat dari produksi biogas yang masih berlangsung hingga hari ke-70. Sedangkan biogas dari kotoran sapi saja sudah berhenti sejak hari ke-61. Hal ini berarti penambahan rumput gajah mengakibatkan proses dekomposisi memerlukan waktu tinggal lebih lama.

Hasil perhitungan menunjukkan produktivitas biogas paling besar pada penelitian ini yaitu pada P3, sedangkan produktivitas terkecil yaitu pada P2 yang menggunakan campuran rumput gajah yaitu secara berurutan P1, P2 dan P3 adalah 42,20 ℓ /kgTS, 33,91 ℓ /kgTS, 50,36 ℓ /kgTS dan kontrol 72,42 ℓ /kgTS, Nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan penelitian yang

dilakukan oleh Rekha *et al.* (2013) yang menggunakan penambahan alkali yaitu 0,6% NaOH pada rumput gajah pada awal perlakuan adalah 158 ℓ /kgTS.

3.5. Kandungan Metana (CH₄)

Gambar 3 menunjukkan bahwa kadar metana pada hari ke-30 paling yang tinggi adalah P2 sebesar 3,37% dan pada hari ke-60 kandungan metana paling tinggi yaitu pada P3 yaitu 31,37%. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan metana pada biogas dipengaruhi oleh waktu tinggal dan tingkat pengenceran. Makin lama waktu tinggal yang dengan pengenceran yang tinggi menghasilkan kandungan metana yang makin meningkat. Mohammad *dkk.* (2016) menyatakan bahwa pengenceran substrat dapat mempercepat produksi dari biogas.



Gambar 3. Kadar Metana

Kadar metana dalam biogas pada semua perlakuan dengan rumput gajah masih sangat rendah, kurang dari 40% sehingga tidak bisa dibakar. Apria (2014) melaporkan bahwa biogas yang dihasilkan dari tandan kosong kelapa sawit dapat dibakar dan menghasilkan nyala api biru pada kadar metana 40,1%. Rendahnya nilai kandungan metana pada penelitian ini mungkin disebabkan kurang optimumnya nilai TS awal pada substrat. TS optimum yang dibutuhkan oleh mikroba untuk fermentasi yaitu sebesar 5% untuk menghasilkan kandungan metana yang optimum (Sawasdee, 2014). Selain itu, rendahnya kandungan metana yang dihasilkan mungkin juga diakibatkan oleh kurang halusya ukuran pencacahan

substrat rumput gajah. Dengan ukuran cacahan yang besar, bakteri membutuhkan proses yang lebih lama dalam penguraian substrat tambahan tersebut dan biogas yang dihasilkan memiliki kandungan metana yang rendah.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa produktivitas metana paling besar pada penelitian ini yaitu pada P3 dan produktivitas terkecil yaitu pada P1 yang menggunakan rumput gajah yaitu secara berurutan P1, P2 dan P3 adalah 6,89 ℓ /kgVS, 13,38 ℓ /kgVS dan 69,62 ℓ /kgVS dan kontrol 102,86 ℓ /kgVS removal. Produktivitas metana ini lebih tinggi dibandingkan produktivitas yang dihasilkan dari penelitian yang telah dilakukan Ayub (2015) yaitu 12,95 ℓ /kgVS. Tetapi, nilai produktivitas metana sebesar 69,62 ℓ /kgVS ini lebih rendah dibandingkan produktivitas metana dari berbagai nilai yang pernah dilaporkan dalam referensi. Penelitian yang dilakukan oleh Sawasdee (2014), memiliki nilai produktivitas 122,40 ℓ /kgVS dengan kandungan TS 5%. Penelitian yang dilakukan oleh Deshmukh (2015) dengan perbandingan rumput gajah, kotoran sapi dan air yaitu 4 : 1 : 4 memiliki nilai produksi biogas sebesar 340 ℓ /kgVS.

IV. KESIMPULAN

- 1) Total produksi gas tiap perlakuan selama 70 hari secara berurutan yaitu P1, P2, P3 dan kontrol adalah 439,42 liter, 353,02 liter, 524,32 liter dan 519,27 liter.
- 2) Pengenceran substrat berpengaruh terhadap produksi dan kualitas biogas. Komposisi pengenceran paling optimum terdapat pada perlakuan P3 yaitu perbandingan antara kotoran sapi, rumput gajah dan air sebesar 25 : 25 : 100.
- 3) Kandungan metana akhir pada setiap perlakuan sangat rendah yaitu secara berurutan 1,65%, 5,93%, 31,37%, dan 53,88% masing – masing untuk P1, P2, P3 dan kontrol pada pengambilan hari ke 60.
- 4) Produktivitas biogas yang dihasilkan pada P1, P2, P3 dan kontrol secara

berurutan yaitu 42,20 ℓ /kgTS, 33,91 ℓ /kgTS, 50,36 ℓ /kgTS, 72,42 ℓ /kgTS sedangkan produktivitas metana tiap perlakuan pada P1, P2, P3 dan kontrol secara berurutan adalah 6,89 ℓ /kgVS, 13,38 ℓ /kgVS dan 69,62 ℓ /kgVS, 102,86 ℓ /kgVS.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai dan merupakan bagian dari penelitian skema STRANAS (Kontrak Nomor 419/UN26/8/LPPM/2016) atas nama Dr. Ir Agus Haryanto, M.P.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahring, K.B. 2003. Perspective for Anaerobic Digestion. *Biomethanation I: Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*. Vol 81 (editor T. Scheper). Biocentrum, Denmark: 1-30.
- Apria, N.E. 2014. Produksi Biogas Melalui Proses Dry Fermentation Menggunakan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Skripsi*. Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
- Ayub, A. Haryanto, S. Prabawa. 2015. Produksi Biogas dari Rumput Gajah (Pennisetum Purpureum) Melalui Proses Fermentasi Kering. *Artikel Ilmiah Teknik Pertanian Lampung*: 33 – 38 (abe.fp.unila.ac.id).
- Budiyono, G. Kaerunnisa, I. Rahmawati. 2013. Pengaruh PH dan Rasio COD:N Terhadap Biogas Dengan Bahan Baku Limbah Industri Alkohol (Vinsasse). *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. Vol 11 No 1 : 1 – 6.
- Deshmukh, A. 2015. Assessment of Biogas Generation Potential of Napier Grass. *Proceeding International Conference on Emerging Trends in Engineering & Technology*. 68 – 71.
- Deublein, D., and A. Steinhauser. 2008. *Biogas from Waste and Renewable*

Resource. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA. Weinheim. 443 hlm.

Gerardi, M.H. 2003. *The Microbiology of Anaerobic Digesters*. John Welley & Sons, Inc. Canada. 177 hlm.

Khaerunnisa, G. dan I. Rahmawati. 2013. Pengaruh PH dan Rasio COD:N terhadap Biogas dengan Bahan Baku Limbah Industri Alkohol (Vinasse). *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. Vol 2 (3) : 1 – 7.

Ni'mah, L. 2014. Biogas from Solid Waste of Tofu Production and Cow Manure Mixture : Composition Effect. *Chemica*. Vol 1(1) : 1 – 9.

Mohammad, R., F. Soeroso, S. Pradana, Akbar, Sudarno, dan I.W. Wardhana. 2016. Pengaruh Pengenceran dan Pengadukan terhadap Produksi Biogas pada Aneorobic Digestion dengan Menggunakan Ekstrak Rumen Sapi sebagai Starter dan Limbah Dapur sebagai Substrat. *Jurnal Presipitasi*. Vol 13 (2) : 88 - 93.

Rekha, B.N., A.B. Pandit. 2013. Performance Enhancement of Batch Anaerobic Digestion of Napier Grass by Alkali Pre-Treatment. *International Journal of ChemTech Research*. Vol 5 (2) : 558 – 564.

Sawasdee, V. 2014. Feasibility of Biogas Production from Nepier Grass. *Energi Procedia*. (61) : 1229 – 1233.

Wahyuni, S. 2015. *Panduan Praktis Biogas*. Penebar Swadaya. Jakarta. 116 hlm.

Wahyuni, S. 2013. *Biogas Energi Alternatif Pengganti BBM, Gas, dan Listrik*. PT. Agro Media Pustaka. Jakarta. 117 hlm.