

PRODUKSI BIOGAS DARI UMBI SINGKONG DENGAN KOTORAN SAPI SEBAGAI STARTER

BIOGAS PRODUCTION FROM COW DUNG tuber SINGKONG WITH AS A STARTER

Ucok Hasiholan¹, Agus Haryanto^{2*}, Sigit Prabawa²

¹Mahasiswa Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

²Dosen Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

✉ komunikasi penulis, e-mail: ucokhasiholanhutapea@gmail.com

Naskah ini diterima pada 02 Juni 2016; revisi pada 28 Juni 2016;
disetujui untuk dipublikasikan pada 7 Juli 2016

ABSTRACT

Biogas technology is easy to be implemented and has a lot of raw materials available in various forms such as livestock waste, agricultural waste, industrial waste and the like which has high organic matter. This study aimed to determine the biogas production, biogas yield, hydraulic retention time, and the quality of biogas made from cassava and cassava leaves with cow dung as a starter. The experiments were performed using a completely randomized design (CRD) with four treatments and four repetitions. Substrate composition of cassava leaves, cassava tubers, and cow dung is A (15: 0: 85), B (0:15:85), C (0:25:75), and D (0:35:65). Variance analysis performed using SAS statistical program. The results showed that the composition of the substrate significantly affect the total production of biogas, but did not significantly affect the productivity of biogas. The highest production of biogas obtained from C treatment amounting to 6,995 ml. The average yield of biogas is 130.85 mL/g TVS. Biogas produced from treatment C and D burn easily and leave a blue flame indicates adequate content of CH₄ in biogas as a fuel.

Keywords: biogas, cassava, cowdung, yield

ABSTRAK

Teknologi biogas mudah diterapkan dan memiliki banyak bahan baku yang tersedia dalam berbagai bidang seperti limbah ternak, limbah pertanian, limbah industri dan sejenisnya yang memiliki kandungan organik tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui produksi, produktivitas biogas, waktu retensi hidrolis, dan kualitas biogas yang terbuat dari singkong dan daun singkong dengan kotoran sapi sebagai starter. Percobaan dilakukan dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari empat perlakuan dan empat ulangan. Komposisi substrat daun singkong, singkong umbi, dan kotoran sapi adalah A (15: 0: 85), B (0:15:85), C (0:25:75), dan D (0:35:65). Analisis varians dilakukan dengan menggunakan program statistik SAS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi substrat secara signifikan mempengaruhi total produksi biogas, namun tidak secara signifikan mempengaruhi produktivitas biogas. Produksi biogas tertinggi diperoleh dari perlakuan C sebesar 6.995 ml. Produktivitas rata-rata biogas adalah 130,85 mL/g TVS. Biogas yang dihasilkan dari perlakuan C dan D terbakar dengan mudah dan memberikan api biru yang menunjukkan kandungan CH₄ memadai dalam biogas sebagai bahan bakar.

Kata Kunci: biogas, singkong, kotoran sapi, produktivitas.

I. PENDAHULUAN

Konsumsi energi listrik di Indonesia semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk yang menggunakan energi listrik. Energi listrik yang selama ini digunakan sehari-hari didapatkan dari pembangkit listrik yang sebagian besar berasal dari bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil merupakan sumber energi yang proses terbentuknya memerlukan waktu jutaan tahun,

sehingga energi fosil tidak dapat diperbarui. Ketergantungan manusia terhadap energi listrik menjadikan energi listrik sangat penting bagi kehidupan manusia. Tetapi, harga energi fosil yang semakin mahal mempengaruhi harga energi listrik. Di Indonesia masih banyak terdapat daerah yang belum dapat memperoleh akses ke jaringan distribusi listrik PLN. Beberapa faktor yang

mempengaruhi adalah kurangnya pembangunan daerah yang jauh dari pusat perekonomian, dan kurangnya ketersediaan energi listrik. Solusi untuk mengurangi krisis energi listrik adalah adanya sumber energi alternatif. Energi alternatif merupakan energi yang ketersediaannya melimpah dan dapat diperbaharui, yang diharapkan bisa menjadi bahan bakar yang ramah lingkungan, efektif, efisien, dan dapat diakses oleh masyarakat luas.

Biogas merupakan salah satu energi alternatif yang baik untuk dikembangkan. Teknologi biogas merupakan teknologi yang mudah diaplikasikan dan bahan baku yang dipakai untuk memproduksi gas banyak tersedia di berbagai daerah seperti limbah peternakan, limbah pertanian, limbah industri dan sejenisnya yang memiliki kandungan organik. Potensi biogas sangat besar, dari 42 ekor sapi perah dapat menghasilkan 8,4 m³perhari atau 207,356 MJ perhari (Fianda dkk., 2013) yang berarti setara dengan 4,2 liter bahan bakar bensin. Biogas yang dihasilkan tersebut dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk lampu penerangan 60 – 100 watt selama 50 jam, atau sebagai bahan bakar sumber penggerak energi kapasitas 1 HP selama 17 jam, atau menghasilkan energi listrik 39 kWh, atau dapat memasak 3 jenis masakan untuk 40 – 48 porsi (Fianda dkk., 2013). Salah satu bahan baku yang berpotensi tetapi belum dimanfaatkan menjadi sumber energi biogas yaitu tanaman singkong. Umbi singkong merupakan salah satu jenis tanaman yang mudah dibudidayakan dan dapat tumbuh di berbagai daerah. Singkong pada umumnya dimanfaatkan sebagai bahan baku olahan makanan, baik bahan makanan mentah juga sebagai bahan makanan jadi seperti tape, getuk, tiwul, dan sebagainya. Akan tetapi umbi singkong juga berpotensi sebagai sumber energi alternatif karena selain mengandung bahan organik yang tinggi, ketersediaan singkong di Indonesia sangat melimpah. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh komposisi baku terhadap produksi dan produktivitas biogas yang dihasilkan dari bahan baku umbi singkong dan daun singkong dengan starter kotoran sapi. Lama waktu pembentukan biogas dari setiap komposisi substrat dan kualitas biogas juga akan diamati.

II. BAHAN DAN METODA

Penelitian dilakukan pada bulan Januari sampai Agustus 2015 dan bertempat di Laboratorium Daya dan Alat Mesin Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung. Analisis karakteristik substrat dilakukan di Laboratorium Rekayasa Sumber Daya Air dan Lahan (RSDAL) Teknik Pertanian dan Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Univesitas Lampung, meliputi rasio C-N (karbon-nitrogen), TS (*total Solid*), dan TVS (*total volatile solids*). Analisis rasio C-N dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung untuk mengetahui kandungan rasio C-N pada masing-masing bahan baku penelitian yaitu umbi singkong, daun singkong dan kotoran sapi. Alat yang digunakan yaitu botol gelas kapasitas 2,5 L., balon, ember, selang plastik, gelas ukur, penggaris, termometer, pH meter, pipet, cawan, timbangan analitik, oven, dan tanur/*muffle*. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu air, umbi singkong, daun singkong, dan starter (kotoran sapi). Penelitian dilakukan dengan empat perlakuan (Tabel 1)

Tabel 1. Perlakuan Percobaan(% BB)

Perlakuan	Daun Singkong	Umbi singkong	Starter
A	15	0	85
B	0	15	85
C	0	25	75
D	0	35	65

Parameter pengamatan meliputi:

1. Kandungan Bahan Organik Bahan. Karakteristik bahan yang diuji meliputi, TVS dan TS.
2. Pengukuran rasio C-N
Pengukuran rasio C-N atau kandungan karbon dan nitrogen substrat dilakukan pada Laboratorium Tanah dengan pengukuran substrat sebelum proses pembentukan biogas. Rasio C-N perlakuan dilakukan perhitungan dengan rumus:

$$RasioCN = \frac{(K_{DS} \times C_{DS}) + (K_{US} \times C_{US}) + (K_{KS} \times C_{KS})}{(K_{DS} \times N_{DS}) + (K_{US} \times N_{US}) + (K_{KS} \times N_{KS})} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- K = Porsi komponen substrat (%) DS = daun singkong
- C =Kandungan karbon di dalam substrat US = umbi singkong
- N =Kandungan nitrogen di dalam substrat KS = kotoran sapi

2.1 Pengukuran Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan metode potensiometrik yang digunakan yakni alat pH meter dengan alasan kepraktisan dan akurasi alatnya dapat mencapai dua desimal. Pengukuran substrat dilakukan sebelum dan sesudah proses pembentukan biogas.

2.2 Pengukuran Temperatur

Pengukuran temperatur dilakukan dengan alat termometer, diukur tiga kali sehari yaitu pagi, siang, sore hari selama proses biogas berlangsung.

2.3 Lama Waktu Tinggal

Lama waktu pembentukan biogas diketahui setelah volume biogas mulai terbentuk sampai biogas tidak terbentuk lagi dan dicatat lama waktu yang dibutuhkan untuk proses pembentukan biogas.

2.4 Produksi Biogas

Volume gas yang terbentuk tiap harinya diukur dengan menghitung volume gas yang ditampung pada balon. Setelah diperoleh data volume, kemudian dicatat dan

menggunakan perhitungan gas dengan persamaan berikut

2.6 Nyala Api Biogas

Pengujian nyala api dilakukan menggunakan kompor sederhana untuk mengetahui kualitas biogas yang dihasilkan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik substrat

Hasil pengukuran rasio C-N setiap bahan baku ditunjukkan pada Tabel 2 dan hasil perhitungan rasio C-N campuran substrat pada masing-masing komposisi yang telah ditentukan, diberikan pada Tabel 3.

Rasio C-N yang baik untuk proses biogas adalah 25 – 30 (Tuti, 2006). Oleh karena itu, penambahan umbi singkong mengakibatkan meningkatnya rasio C-N, sedangkan penambahan daun singkong menurunkan rasio C-N. Dari Tabel 2, terlihat bahwa perlakuan A dan B merupakan campuran (komposisi) yang mencapai angka rasio C-N optimum. Karbon dan nitrogen adalah sumber makanan utama bagi bakteri

$$Produktivitas\ Biogas\left(\frac{ml}{g}\right) = \frac{Volume\ Gas\ (ml)}{TVS\ Input - TVS\ Output\ (gr)} \dots\dots\dots (2)$$

Tabel 2. Rasio C-N bahan baku biogas

Bahan Baku	C (%)	N (%)	Rasio C-N (%)
Kotoran Sapi*)	28,36	1,07	26,50
Umbi Singkong	48,18	0,89	54,13
Daun Singkong	30,12	4,92	6,12

*) Fairus dkk (2014)

Tabel 3. Rasio C-N Perlakuan (%)

Perlakuan	Daun Singkong	Umbi Singkong	Kotoran Sapi	Rasio C-N
A	15	0	85	23,44
B	0	15	85	30,64
C	0	25	75	33,41
D	0	35	65	36,17

dibuat grafik. Dari grafik tersebut dapat dilihat volume biogas yang dihasilkan tiap digester dan digester yang menghasilkan biogas paling optimum.

2.5 Produktivitas Biogas

Produktivitas gas yang dihasilkan perkomposisi bahan organik yang digunakan. Bahan organik yang digunakan didapatkan dari persen bahan organik yang terkandung dalam bahan. Produktivitas biogas

anaerob, untuk dapat tumbuh dan berkembang dengan baik, dimana carbon dibutuhkan untuk mensuplai energi dan nitrogen yang dibutuhkan untuk membentuk struktur sel bakteri. Di dalam reaktor terdapat populasi mikroba yang memerlukan karbon dan nitrogen. Apabila nitrogen tidak tersedia dengan cukup, maka mikroba tidak dapat memproduksi enzim yang berguna untuk mencerna karbon. Apabila nitrogen terlalu banyak maka pertumbuhan mikroba akan terganggu

(Aelita, dkk., 2013).Biogas yang digunakan pada penelitian ini adalah sistem basah dimana TS pada penelitian ini rendah (Tabel.4)

Derajat keasaman sangat berpengaruh terhadap kehidupan mikroorganismenya. Pembentukan biogas pada awal prosesnya akan menyebabkan pH biogas

Tabel 4. Analisis TS dan TVS

Perlakuan	BB (g)	Awal			Akhir				
		TS (%)	TS (g)	TVS (%TS)	TVS (g)	TS (%)	TS (g)	TVS (g)	
A	2000	8,42	168,43	71,97	121,23	7,25	145,10	78,03	113,26
B	2000	9,67	193,51	70,60	136,62	6,31	126,30	82,79	104,60
C	2000	12,36	247,26	71,44	176,65	9,30	186,04	83,41	155,18
D	2000	15,05	301,02	72,28	217,59	10,76	215,22	98,09	211,12

TS yang diukur mengalami perbedaan antara TS awal dengan TS akhir karena sampel pada setiap perlakuan yang diambil mengalami fermentasi sehingga TS pada setiap perlakuan mengalami penurunan. TVS mengalami pengurangan di akhir setelah produksi biogas selesai. Perbedaan yang terjadi dengan besarnya nilai penurunan kandungan bahan organik pada setiap perlakuan dipengaruhi oleh kondisi mikroorganismenya pengurai bahan organik.

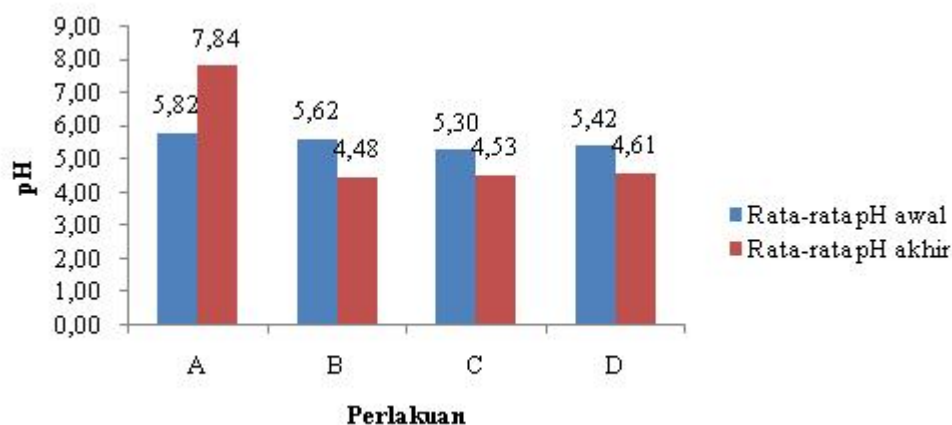
3.2. Kondisi operasional

Biogas terbentuk karena adanya kerja berbagai bakteri yang ikut terlibat dalam aktivitas perombakan substrat kompleks. Pertumbuhan bakteri yang terlibat tersebut dipengaruhi oleh pH, bakteri tidak dapat tumbuh dengan maksimum, bahkan dapat menyebabkan kematian akibat pH yang terlalu asam dan terlalu basa, sehingga pada akhirnya dapat menghambat produksi biogas. Hasil pengukuran pH perlakuan ditunjukkan pada Gambar 1. Derajat keasaman perlakuan rata-rata di bawah 6 pada awal dicampurkan semua bahan baku. Pada akhir proses fermentasi pH perlakuan B sampai dengan perlakuan D di bawah 5 bahkan dibawah 4, Kondisi pH antara 6,8–8 ini merupakan proses pencernaan mengubah bahan organik dengan adanya air menjadi energi gas (Tuti, 2006).

bersifat asam karena adanya proses pembentukan asam sebelum pembentukan metana, namun bakteri pembentuk biogas sendiri bekerja dengan maksimum pada kisaran pH 6–8 (Renilaili, 2014) tetapi pada penelitian ini, pH yang dihasilkan berkisar antara pH 5–6, keadaan ini terlalu asam untuk bakteri metan agar dapat bekerja dengan baik dalam digester.

Bakteri metan tidak dapat bertahan hidup pada temperatur yang panas atau pada temperatur yang dingin. Kondisi optimum yaitu pada temperatur sekitar 32–35°C atau 50–55°C (Tuti, 2006). Temperatur reaksi yang optimum menyebabkan bakteri untuk berkembangbiak atau beraktivitas sehingga proses fermentasi berlangsung lancar. Sehingga produksi gas yang dihasilkan maksimal. Pada gambar dibawah menunjukkan temperatur dalam digester lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur lingkungan.

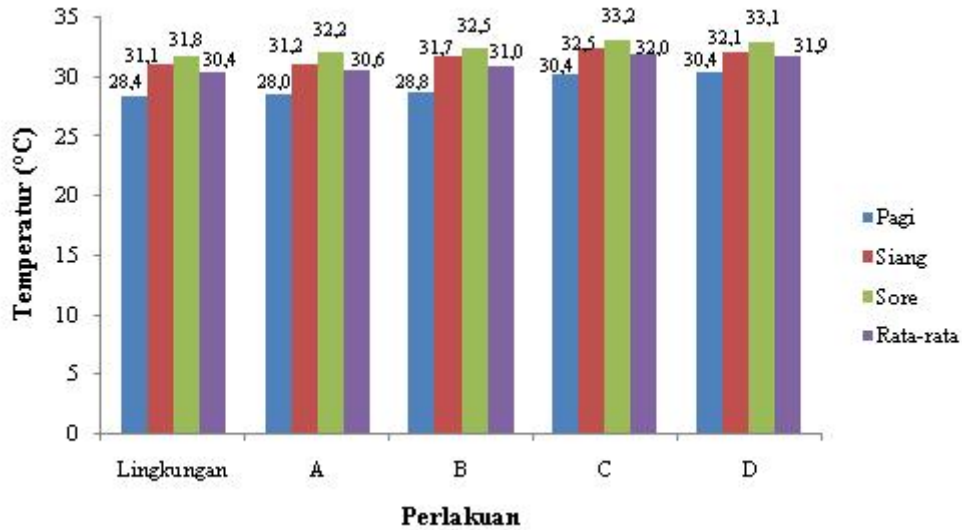
Setiap perlakuan memiliki temperatur maksimal didalam digester 34°C sedangkan untuk kerja optimum penghasil biogas terjadi pada temperatur 35°C. Temperatur pada penelitian ini belum maksimal sehingga produksi biogas yang dihasilkan tidak maksimal. Perbedaan temperatur antara di dalam digester dengan lingkungan disebabkan karena proses fermentasi anaerob menghasilkan gas metana dan juga



Gambar 1. Rata-rata pH Awal dan Akhir

menghasilkan panas yang dapat menaikkan temperatur didalam digester. Temperatur yang tinggi didalam digester menunjukkan digester penelitian dapat digunakan untuk proses fermentasi anaerob.

fermentasi tersebut terlihat bahwa pembentukan biogas terjadi setelah waktu 3 hari, tetapi produksi biogasterjadi secara tidak seragam, karena produksi biogas yang terlihatwaktu proses fermentasi dan



Gambar 2. Temperatur Rata-rata

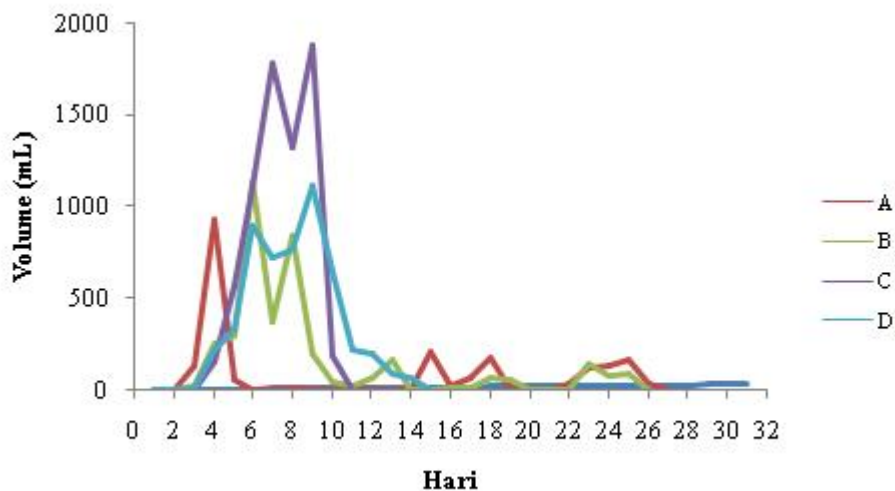
3.3 Produksi Biogas

HRT (*Hydraulic Retention Time*) adalah waktu tinggal hidrolis atau dapat dikatakan lamanya limbah akan menginap didalam sistem pengolahan (Gerrardi, 2003). Berhubung penelitian menggunakan sistem *batch* maka tidak menghitung HRT melainkan lama waktu produksi. Lama produksi perlakuan A, B, C dan D secara berurutan yaitu 23, 22, 7, dan 12 hari. Produksi terlama pada perlakuan A dan tercepat pada perlakuan C.

volume tidak seragam. Perlakuan A sampai D memiliki waktu proses fermentasi yang berbeda yaitu 26, 25, 10, dan 14 hari produksinya maksimal dari awal penelitian sampai tidak berproduksi lagi.

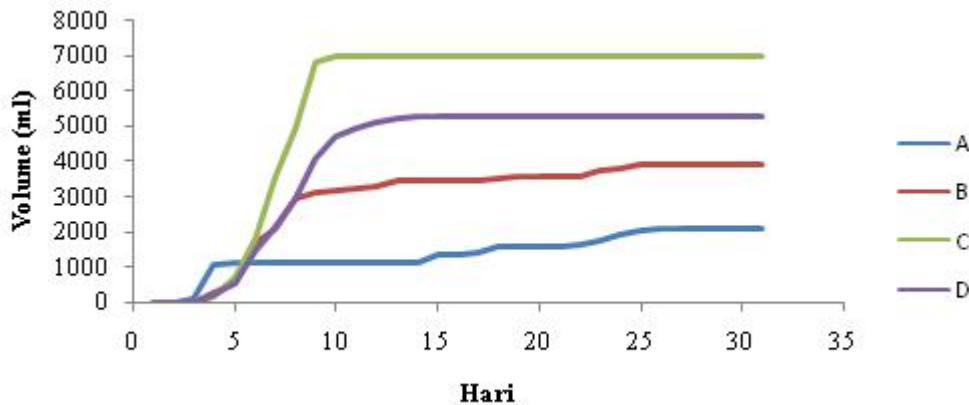
Produksi gas kumulatif yang dihasilkan pada setiap perlakuan diperlihatkan pada Gambar 4. Total hasil produksi gas kumulatif menunjukkan bahwa secara berurutan untuk perlakuan A, B, C, dan D berbeda yaitu 2110 ml, 3890 ml, 6995 ml dan 5285ml. Produksi biogas ini relatif rendah (Sanjaya, dkk 2015), hal ini terjadi karena semua perlakuan memiliki pH tidak

Volume gas harian dapat dilihat pada Gambar 3 Penelitian ini dilakukan selama 32 hari, pada proses



Gambar 3. Produksi Biogas Harian

optimal yang mengakibatkan bakteri didalam digester tidak hidup maksimal.



Gambar 4. Produksi Gas Kumulatif

Berdasarkan analisis sidik ragam bahwa $P > 0,05$ pada taraf kepercayaan 95%, dapat disimpulkan setiap perlakuan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa total produksi biogas yang dihasilkan dengan berbagai perbandingan penambahan singkong dan daun singkong berbeda nyata sehingga jika dilakukan Uji Duncan pun hasilnya akan sama (Tabel 5 dan Tabel 6).

penelitian ini adalah perlakuan C dengan perbandingan 25:75 umbi singkong dan kotoran sapi.

Berdasarkan analisis sidik ragam bahwa $P > 0,05$ pada taraf kepercayaan 95% maka dapat disimpulkan semua perlakuan tidak berbeda nyata sehingga jika dilakukan Uji duncan pun hasilnya akan sama (Tabel 7 dan 8)

Tabel 5. Hasil analisis sidik ragam total produksi biogas

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F Hitung	Pr > F
Perlakuan	3	52048275,00	17349425,00	17,24	0,0001

Tabel 6. Hasil Uji Duncan total produksi biogas

Pengelompokan	Rata-rata	Ulangan	Perlakuan
a	6995,0	4	C
b	5285,0	4	D
c	3815,0	4	B
d	2110,0	4	A

Perlakuan C dengan perbandingan 25:75 umbi singkong dan kotoran sapi merupakan volume gas yang paling tinggi sebesar 6995 sedangkan volume gas terendah pada perlakuan A dengan perbandingan 15:85 daun singkong dan kotoran sapi sebesar 2110. Hal ini menunjukkan bahwa pada perbandingan 25:75 umbi singkong dengan kotoran sapi memiliki bakteri lebih optimal melakukan proses pembentukan biogas dari pada perlakuan yang lain. Jenis bahan organik yang digunakan sebagai bahan baku merupakan faktor yang sangat penting karena berpengaruh terhadap dekomposisi bahan hingga menghasilkan gas metana. Kesimpulan yang diambil bahwa pencampuran terbaik jika dilihat dari rata-rata total produksi pada

Produktivitas biogas yang tinggi tidak menentukan bahwa produksi biogas yang dihasilkan juga tinggi begitu pula sebaliknya. Hal ini disebabkan degradasi bahan organik, jenis bahan organik yang diproses sangat mempengaruhi produktivitas biogas, karena mikroorganisme yang mengurai bahan organik pada proses fermentasi sehingga berpengaruh pada degradasi bahan organik.

Berdasarkan hasil uji nyala api dalam penelitian ini (Gambar 5), dari perlakuan A sampai dengan D yang dapat menghasilkan nyala api hanya perlakuan C dan D. Perlakuan A dan B tidak menyala diduga akibat gas yang ditampung banyak yang mengandung CO_2 dibandingkan gas CH_4 yang diharapkan. Penelitian ini

memiliki kekurangan dalam pengujian biogas yaitu tidak diamatinya perbandingan kandungan CH₄ dengan CO₂. Biogas yang dihasilkan tidak dapat menentukan dapat nyala atau tidaknya biogas, penelitian ini komposisi gas berpengaruh terhadap perbandingan CO₂ dengan CH₄ semakin banyak CO₂ yang terbentuk maka gas tidak akan menyala.

3. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Komposisi campuran substrat mempengaruhi produksi biogas (mL), tetapi tidak mempengaruhi produktivitas biogas (mL/ g TVS)

Tabel 7. Hasil Analisis Sidik Ragam Produktivitas Boigas

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F Hitung	Pr > F
Perlakuan	3	20901,86282	6967,28761	1,21	0,34

Tabel 8. Hasil Uji Duncan Produktiitas Biogas

Pengelompokan	Rata-rata (mL)	Ulangan	Perlakuan
a	150,79	4	C
a	146,75	4	A
a	135,20	4	D
a	90,66	4	B

Keterangan: Rata-rata dengan huruf pengelompokan yang sama tidak berbeda nyata



Gambar 5. Nyala Api Biogas

Perlakuan C dan D menunjukkan nyala api yang berwarna biru, hal ini mengindikasikan bahwa kandungan metana (CH₄) lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan gas lainnya sehingga menghasilkan nyala api yang baik. Perlakuan A dan B tidak menyala yang berarti bahwa biogas yang ditampung mengandung sedikit CH₄. Apria dkk. (2014) melaporkan bahwa kandungan CH₄ pada biogas yang dihasilkan dari tandan kosong kelapa sawit dengan inokulum kotoran sapi mencapai 36,1% dapat terbakar dan menghasilkan nyala api.

2. Komposisi campuran substrat yang optimum terdapat pada perlakuan C yaitu kororan sapi 75% dengan umbi singkong 25%.
3. Produksi biogas yang dihasilkan berkisar dari 2110 mL sampai dengan 6995 mL.
4. Produktivitas rata-rata adalah 130,85 mL/g TVS.
5. Biogas dari perlakuan C dan D menghasilkan nyala api biru yang mengindikasikan kandungan CH₄ yang memadai sebagai bahan bakar.

Saran dari penelitian ini adalah perlunya penelitian kandungan biogas pada setiap perlakuan untuk mengetahui perbandingan CH₄ dengan CO₂

DAFTAR PUSTAKA

- Aelita, D. Abdi, dan A. Bustanul. 2013. Fermentasi Anaerobik Limbah Kulit Singkong dan Kotoran Kelinci Untuk Produksi Biogas. *Jurnal Kimia* **2**: 56-60
- Apria. N.E., A. Haryanto, C. Sugianti, dan S. Triyono. 2014. Produksi Biogas Melalui Proses Dry Fermentation Menggunakan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Seinar Nasional BKS PTN Barat*
- Fianda, R., Widyastuti, Purwanto, dan Hadiyanto. 2013. Potensi Biogas Melalui Pemanfaatan Limbah Padat Pada Peternakan Sapi Perah *Bangka Botanical Garden* Pangkalpinang. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- Fairus, A., A. Haryanto, dan A. Tusi. 2014. Pengaruh Penambahan Ampas Kelapa Dan Kulit Pisang Terhadap Produksi Biogas Dari Kotoran Sapi. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, **4(2)**: 91-98
- Gerrardi. M.H. 2003. *The Microbiology of Anaerobic Digestion*. USA : John Wiley dan Sons, Inc 177 hlm
- Renilaili. 2014. Enceng Gondok sebagai Biogas yang Ramah Lingkungan. *Jurnal Ilmiah Tekno* **1(1)**: 1-5
- Sanjaya, D., A. Haryanto, dan Tamrin. 2015. Produksi Biogas Dari Campuran Kotoran Sapi Dengan Kotoran Ayam. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. **4(2)**: 127-136
- Tuti. H. 2006. Biogas Limbah Peternakan yang Menjadi Sumber Energi Alternatif. Balai Penelitian Ternak Bogor, *Wartazoa* **1(6)**: 160-169