

PENGARUH TEMPERATUR DIGESTER SISTEM KONTINYU TERHADAP PRODUKSI BIOGAS BERBAHAN BAKU BLOTONG

Untung Surya Dharma¹, Hamim Bustomi²

Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro
Jl. Ki Hajar Dewantara No. 116 Iringmulyo Kota Metro (0725) 42445-42454
Email : Untungsdh@yahoo.co.id, hamimbustomi123@yahoo.com

Abstrak

Dewasa ini kebutuhan bahan bakar fosil sebagai sumber energi tidak sebanding dengan ketersediaannya yang semakin menipis. Untuk itu solusi terhadap permasalahan energi perlu menjadi perhatian yang intensif. Salah satu energi terbarukan yang dapat digunakan sebagai energi alternatif adalah biogas. Penelitian ini menggunakan blotong sebagai bahan baku biogas yang merupakan limbah padat pabrik gula. Tujuan penelitian adalah meningkatkan produksi biogas dengan menggunakan perbedaan temperatur digester sistem kontinyu pada saat proses fermentasi anaerob. Perlakuan suhu yang digunakan dalam penelitian ini adalah fermentasi substrat tanpa perlakuan suhu (T1), dengan suhu 35^oC (T2) dan 55^oC (T3). Pada setiap penurunan produksi yang melebihi batas tengah setelah produksi puncak akan di lakukan penggantian bahan baku sebanyak 2 liter untuk menjaga kesetabilan proses produksi biogas. Hasil penelitian menunjukkan, temperatur digester pada saat proses fermentasi substrat sangat mempengaruhi kuantitas produksi biogas, Akumulasi volume produksi yang dihasilkan substrat dengan berperlakuan suhu 35^oC menghasilkan biogas terbanyak dalam jangka waktu relatif singkat, dibandingkan substrat tanpa perlakuan suhu dan perlakuan suhu 55 °C, Rerata kesetabilan produksi terbaik juga terjadi pada substrat berperlakuan suhu 35^oC dengan akumulasi laju produksi sebanyak 4108 ml/hari.

Kata kunci : Biogas, Digester Anaerob Sistem Kontinyu, Temperatur, Blotong.

PENDAHULUAN

Biogas yang dihasilkan dari aktivitas anaerobic sering digunakan dalam mengolah limbah biomassa karena selain mengurangi dampak negatif dari limbah juga dapat menjadi bahan bakar karena mengandung gas metan. Gas metan atau metana dalam biogas, bila terbakar relatif lebih bersih dan menghasilkan energi dengan emisi karbon dioksida yang jauh lebih rendah dibanding bahan bakar fosil. Saat ini, banyak negara maju memaksimalkan penggunaan biogas yang dihasilkan baik dari limbah cair maupun limbah padat atau yang dihasilkan dari sistem pengolahan biologi mekanis di tempat-tempat pengolahan limbah dalam mencapai konsep industri bebas limbah (*zero waste industry*). Di Indonesia, Pemanfaatan potensi lokal perlu diperhatikan lebih intensif karena dapat

menyediakan sumber energi alternatif yang besar secara berkesimbangan [1].

Selain gula, produk sampingan yang potensial adalah tetes tebu, ampas, pucuk, serasah, blotong dan abu ketel, yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar hayati (biofuel), bahan nutrisi manusia plastik, bahan farmasi, bubur kertas, alkohol, ragi. Xylitol, bahan kimia, pupuk hayati, pakan ternak dan listrik [2]

Salah satu limbah yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar hayati (biofuel) dengan cara menjadikan blotong sebagai bahan baku biogas. Blotong merupakan limbah pabrik gula yang mencapai 3,5% dari total produk yang dihasilkan [3]. Blotong adalah endapan dari nira kotor yang ditapis di *rotary vacuum filter*. Blotong berbentuk padat seperti tanah berpasir berwarna hitam, mengandung air, dan memiliki bau tak sedap jika masih basah. Bila tidak segera

kering akan menimbulkan bau busuk yang menyengat. Blotong masih banyak mengandung bahan organik sebesar 14,8%, kandungan air 72,69%, nitrogen 0,3%, dan mineral lainnya [4].

Penelitian ini dilakukan untuk memanfaatkan blotong sebagai bahan baku biogas yang nantinya dapat digunakan sebagai bahan bakar hayati sebagai pengganti bahan bakar fosil di pabrik-pabrik industri tebu sekaligus mengurangi pencemaran lingkungan.

TINJAUAN PUSTAKA

Teknik pengolahan limbah organik menjadi biogas dan produk alternatif yang sering digunakan adalah teknologi biokonversi (digester) anaerob. Namun dalam pengaplikasiannya perlu mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan biogas sehingga biogister anaerob dapat menghasilkan biogas secara optimal. Faktor-faktor tersebut antara lain yaitu :

1. Nilai pH, dimana pH yang paling optimal berada pada 6,8 – 7,4 [5]
2. Temperatur, akan mempengaruhi kerja Bakteri anaerobik, yaitu kisaran temperatur mesofilik 25 – 40 °C, dimana suhu optimum adalah 35 °C, atau suhu termofilik (50 – 65 °C) dengan suhu optimum < 55 °C. Untuk bakteri mesofilik dapat bertahan pada perubahan temperatur lingkungan sehingga banyak digunakan untuk proses anaerob [6].
3. Sifat dari substrat, untuk menghasilkan biogas yang sifat substrat tergantung komposisi dari kandungan substrat itu sendiri. [7]
4. Rasio C/N, merupakan hubungan antara jumlah karbon dan nitrogen. Untuk digester anaerob, nilai C/N antara 20 hingga 30. Jika C/N terlalu tinggi maka produksi gas akan rendah, jika C/N terlalu rendah maka nitrogen akan berakumulasi membentuk ammonia [8].

Menurut Ranita manurung [9] penguraian proses anaerobik secara umum dapat disederhanakan menjadi 2 tahap :

1. Tahap pembentukan asam

Pada tahap ini terjadi hidrolisa senyawa organik kompleks (polimer) menjadi senyawa organik sederhana (monomer), sehingga substrat yang mengandung bakteri penghasil asam dan terdiri dari sub divisi acids/farming bacteria dan asetogenik bacteria. Asam propionat dan butirrat diuraikan oleh asetogenik bacteria menjadi asam asetat.

2. Tahap pembentukan metana

Pembentukan metana, terjadi penguraian asam asetat menjadi metana dan karbon dioksida oleh bakteri penghasil metana yang terdiri dari sub divisi acetocalstic methane bacteria. Karbon dioksida dan hidrogen yang terbentuk dari reaksi penguraian di atas, disintesa oleh bakteri pembentuk metana menjadi metana dan air.

Dalam tahap pembentukan metana, suhu udara/lingkungan maupun suhu di dalam digester memiliki pengaruh yang signifikan dalam memproduksi biogas. Penurunan suhu udara/lingkungan akan menurunkan suhu di dalam digester. Sedangkan suhu digester berpengaruh pada proses dekomposisi anaerobik dari bahan organik. Sehingga peningkatan suhu dari kondisi suhu ruang menjadi kondisi suhu optimum dimaksudkan untuk mempercepat laju perombakan sehingga menghasilkan gas yang optimal dan proses perombakannya lebih efisien.

Berdasarkan aliran bahan baku untuk reaktor biogas (digester), tipe kontinyu (mengalir) lebih mudah untuk dimaksimalkan hasilnya dalam menghasilkan biogas secara terus menerus. Pada digester ini juga produksi biogas dapat dipercepat dengan jumlah relatif konstan. Dengan menggunakan sistim pemasukan bahan baku secara terus menerus maka akan mengakibatkan substrat yang sudah tidak menghasilkan biogas dapat dibuang keluar menjadi pupuk organik. Sistem kontinyu ini banyak

digunakan pada pabrik-pabrik dengan bahan bakar biogas, seperti pabrik tapioka, dengan bahan baku biogas adalah limbah dari pengolahan tapioka. Sehingga tidak menutup kemungkinan dalam upaya zero waste industry, maka setiap industri akan memanfaatkan limbah sebagai bahan baku biogas.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Metro. Penelitian menggunakan parameter variasi perlakuan suhu terhadap waktu tinggal hidraulik/*hydraulic retention time* (HRT) pada saat proses fermentasi bahan baku biogas yaitu tanpa perlakuan suhu atau suhu ruang (T1), suhu 35°C (T2) dan 55°C (T3).

Digester biogas anaerob menggunakan sistem kontinu (*Organic Loading Rate* atau OLR). OLR merupakan banyak bahan organik/material mentah (feed) yang dimasukkan ke dalam digester per hari per unit per volume dari kapasitas digester dari dampak lanjutan faktor perlakuan suhu.

Bahan baku atau substrat yang digunakan dalam penelitian ini adalah biomassa blotong. Blotong yang digunakan masih tercampur dengan air bekas cucian tapisan, karna blotong masih berbentuk sludge (lumpur aktif) atau inokulum (sebagai starter).

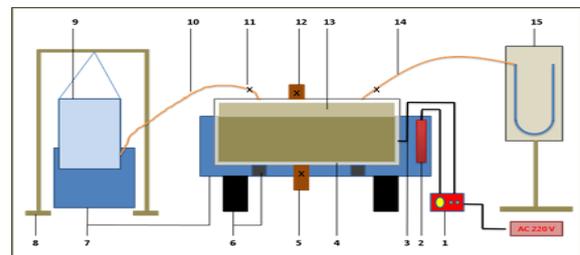
Prosedur Penelitian

Langkah awal yang dilakukan adalah memasukkan blotong (substrat) ke dalam digester (derigen) sebanyak 8 liter (80%), sedangkan sisa ruang digester sebanyak 2 liter (20%) digunakan sebagai ruang penampung biogas. Lalu substrat diberi perlakuan agitasi (pengadukan) untuk mengurangi pematatan pada substrat dan untuk meratakan konsentrasi pada proses fermentasi. Selanjutnya

digester dimasukan ke dalam bak untuk diberi perlakuan penyesuaian suhu sedangkan satu digester tanpa perlakuan suhu. Langkah selanjutnya mengamati serta pengambilan data tekanan biogas pada manometer U dan produksi biogas secara berkala.

Setelah proses fermentasi berjalan dan biogas mulai terbentuk, biogas disalurkan ke gelas ukur melalui bagian bawah gelas ukur dengan menggunakan selang yang telah dipasang, sehingga ketika biogas masuk ke gelas ukur, maka secara otomatis air dalam gelas ukur akan keluar dan biogas akan masuk ke dalam gelas ukur. Metode ini disebut *water displacement technique*, sehingga volume gas dapat langsung diketahui. Untuk pengukuran tekanan biogas dilakukan dengan menggunakan manometer type U.

Setelah mencapai produksi biogas puncak, tunggu hingga produksi biogas menurun secara kontinyu untuk melakukan proses *load* (pengisian beban) dan proses pembuangan limbah hasil pencernaan anaerob. Volume digester selanjutnya menggunakan 20% volume digester untuk proses *load* agar limbah dapat terbuang dengan volume yang sama. Setelah proses ini selesai aduk kembali substrat agar merata dan tidak terjadi pematatan serta meratakan konsentrasi pada proses fermentasi. Proses ini di lakukan hingga 3x proses *load* (pengisian beban) atau dalam jangka waktu satu bulan.



Keterangan :

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Termokontrol | 9. Gelas ukur |
| 2. Elemen pemanas | 10. Selang |
| 3. Termokopel | 11. Keran |
| 4. Subtrat dalam digester | 12. Saluran masuk substrat |
| 5. Saluran pembuangan limbah | 13. Ruang penampung biogas |
| 6. Penyangga digester | 14. Selang |
| 7. Bak berisi air | 15. Manometer |
| 8. Penyangga | |

Gambar 1. Skema Alat Uji Biogas

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produksi Biogas

Produksi biogas diamati setiap hari dan terbagi menjadi 2 tahap yaitu awal sebelum penambahan bahan organik dan setelah pengisian bahan organik. Selanjutnya diambil rerata produksi setiap harinya.

Berdasarkan data yang diperoleh, dapat diketahui bahwa kesetabilan laju produksi biogas terbaik didapat pada substrat dengan perlakuan suhu 35°C. Sedangkan kestabilan laju produksi biogas terburuk didapat pada substrat dengan perlakuan suhu 55°C, walaupun pada awalnya produksi biogas lebih banyak dari pada substrat lainnya, tetapi produksi biogas tidak bertahan lama yang berpengaruh terhadap pengisian substrat yang begitu cepat. Adapun hasil biogas dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini

Tabel 1. Volume dan rerata produksi biogas pada substrat tanpa perlakuan suhu (T1).

Hari ke	Volume substrat (ml)	Volume produksi biogas (ml)	Rerata produksi (ml/jam)	Tekanan biogas (N/m^2)	Keterangan
1	8000	1300	54	101.815,5	Pengisian 1
2	8000	3360	140	101.815,5	
3	8000	4700	195	101.815,5	
4	8000	3550	160	101.815,5	
5	8000	5760	239	101.815,5	
6	8000	4440	185	101.815,5	
7	8000	3960	165	101.815,5	
8	8000	3350	140	101.815,5	
9	8000	2850	118	101.815,5	
10	8000	5300	221	101.815,5	Pengisian ke 2
11	8000	6120	255	101.815,5	
12	8000	4350	181	101.815,5	
13	8000	3720	155	101.815,5	
14	8000	3840	160	101.815,5	
15	8000	3192	133	101.815,5	
16	8000	2650	110	101.815,5	Pengisian ke 3 Penggantian substrat sebanyak 2 liter
17	8000	3600	160	101.815,5	
18	8000	5112	213	101.815,5	
19	8000	3800	158	101.815,5	
20	8000	4200	175	101.815,5	
21	8000	3120	130	101.815,5	
22	8000	2850	118	101.815,5	

Tabel 2. Volume dan rerata produksi biogas pada substrat perlakuan suhu 35°C (T2).

Hari ke	Volume substrat (mL)	Volume produksi biogas (mL)	Rerata produksi (ml/jam)	Tekanan biogas (N/m^2)	Keterangan
1	8000	2904	121	101.815,5	Pengisian 1
2	8000	4392	183	101.815,5	
3	8000	6312	263	101.815,5	
4	8000	5760	240	101.815,5	
5	8000	6120	255	101.815,5	
6	8000	4248	177	101.815,5	
7	8000	3384	141	101.815,5	
8	8000	2832	118	101.815,5	
9	8000	6000	250	101.815,5	Pengisian ke 2 penggantian substrat sebanyak 2 liter
10	8000	5760	240	101.815,5	
11	8000	3600	150	101.815,5	
12	8000	2650	110	101.815,5	
13	8000	3024	126	101.815,5	Pengisian ke 3 penggantian substrat sebanyak 2 liter
14	8000	4650	195	101.815,5	
15	8000	4296	179	101.815,5	
16	8000	2750	115	101.815,5	
17	8000	2800	117	101.815,5	

Tabel 3. Volume dan rerata produksi biogas pada substrat perlakuan suhu 55°C (T3).

Hari ke	Volume Substrat (mL)	Volume produksi biogas (ml)	Rerata produksi (ml/jam)	Tekanan biogas (N/m^2)	Keterangan
1	8000	6850	286	101.815,5	Pengisian 1
2	8000	5280	220	101.815,5	
3	8000	4152	173	101.815,5	
4	8000	3072	128	101.815,5	
5	8000	3000	95	101.815,5	Pengisian ke 2
6	8000	6048	252	101.815,5	
7	8000	3120	130	101.815,5	
8	8000	2760	115	101.815,5	Pengisian ke 3 penggantian substrat sebanyak 2 liter
9	8000	5150	214	101.815,5	
10	8000	3600	150	101.815,5	
11	8000	2640	110	101.815,5	

Laju Aliran Produksi Biogas Perhari

Laju aliran biogas perhari dapat diketahui dengan mengetahui volume total biogas yang dihasilkan dibagi dengan lama waktu/ hari fermentasi. Laju aliran biogas harian dapat disebut juga sebagai rata-rata produksi biogas harian. Dalam perhitungan data di bagi menjadi 2

bagian yaitu awal sebelum penambahan bahan organik dan setelah pengisian bahan organik. Selanjutnya diambil rerata produksi biogas setiap harinya. Karena penelitian ini dilakukan menggunakan metode *water displacement tehcnique*, tekanan biogas dalam digester selalu konstan pada $101.815,5 \text{ N/m}^2$, sehingga laju aliran produksi biogas perhari masing-masing perlakuan pada tekanan $101.815,5 \text{ N/m}^2$ dan volume substrat delapan liter. Berikut Tabel 4 laju aliran biogas perhari.

Tabel 4. Akumulasi volume dan laju aliran produksi biogas pada substrat tanpa perlakuan suhu (T1).

Hari		Akumulasi Volume biogas (ml)	Rerata produksi (ml/hari)
1-9	P 1	33270	3697
10-16	P 2	29172	4167
17-22	P 3	22682	3780
Jumlah		85124	3881

Tabel 5. Akumulasi volume dan laju aliran produksi biogas pada substrat perlakuan suhu 35°C (T2).

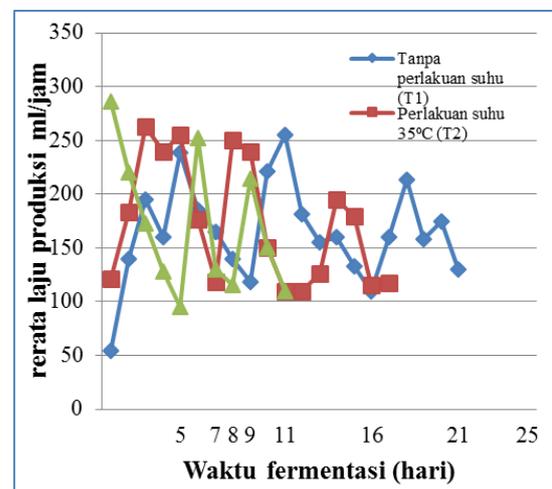
Hari		Akumulasi Volume biogas (ml)	Rerata produksi (ml/hari)
1-8	P 1	35952	4494
9-13	P 2	21034	4207
14-17	P 3	14496	3624
Jumlah		71482	4108

Tabel 6. Akumulasi volume dan laju aliran produksi biogas pada substrat perlakuan suhu 55°C (T3).

Hari		Akumulasi Volume biogas (ml)	Rerata produksi (ml/hari)
1-5	P 1	22354	4471
6-8	P 2	11928	3976
8-11	P 3	11390	3797
Jumlah		45672	4081

Pengaruh suhu terhadap laju produksi biogas yang dihasilkan pada masing-masing perlakuan dijelaskan pada Gambar 1. Laju aliran biogas yang dihasilkan diamati setiap hari untuk mempelajari pengaruh perlakuan suhu pada produksi biogas dengan

menggunakan bahan baku biomassa blotong. Pada Gambar 2 terlihat bahwa perlakuan suhu sangat berpengaruh terhadap produksi biogas yang dihasilkan. Subtrat biomassa blotong dengan perlakuan tanpa suhu menunjukkan produksi biogas awal cukup lama untuk mengalami penurunan produksi dibandingkan substrat dengan suhu 35°C dan 55°C . Hal ini disebabkan karena proses fermentasi anaerob sangat peka terhadap perubahan suhu dan juga produksi biogas akan menurun secara cepat akibat perubahan temperatur yang mendadak di dalam reaktor. Bakteri metanogenik berkembang lambat dan sensitif terhadap perubahan mendadak pada kondisi-kondisi fisik dan kimiawi. namun pada tabel 5 menunjukkan kestabilan laju produksi biogas pada substrat biomassa blotong dengan perlakuan tanpa suhu menghasilkan biogas paling sedikit dari pada substrat dengan suhu 35°C dan 55°C . hal ini dikarenakan bakteri metanogen bergerak lambat sehingga berpengaruh dalam lamanya proses pembentukan biogas.



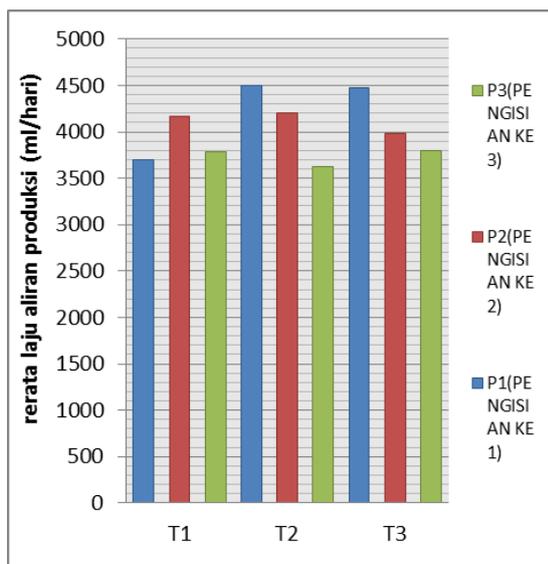
Gambar 2. Grafik hubungan antara rerata laju produksi biogas pada awal dan pada saat pengisian substrat.

Rerata laju aliran produksi dan volume akumulasi biogas terbaik pada suhu 35°C . Hal ini juga sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan Dwi Irawan [10] produksi biogas yang

dihasilkan lebih stabil dan cukup banyak, hal ini dikarenakan perlakuan suhu 35⁰C mengalami proses degradasi senyawa kompleks yang terkandung pada limbah organik terjadi lebih cepat dan kontinyu. Suhu 35⁰C merupakan suhu optimum pada perlakuan kondisi *mesofilik*. Hal ini dikarenakan proses fermentasi anaerobik dilakukan pada temperature *mesofilik*, yaitu pada suhu 28 - 45⁰C dengan rentan suhu optimum 35 - 40⁰C.

Sedangkan pada perlakuan substrat pada suhu 55⁰C kesetabilan produksi biogas yang kurang baik namun produksi biogas lebih cepat dari pada substrat tanpa perlakuan suhu dan substrat dengan suhu 35⁰C. hal ini terjadi karena perlakuan suhu 55⁰C mengakibatkan substrat akan terdegradasi lebih cepat dan memudahkan difusi bahan terlarut, sehingga pembentukan gas akan lebih cepat.

Subtrat dengan perlakuan suhu 35⁰C menunjukkan laju aliran biogas yang cukup baik dan stabil dibandingkan substra tanpa perlakuan suhu dan substrat berperlakuan suhu 55⁰C. Hal ini di karnakan, proses prombakan yang di lakukan bakteri metanogen yang cepat sehingga berpengaruh dalam laju produksi biogas.



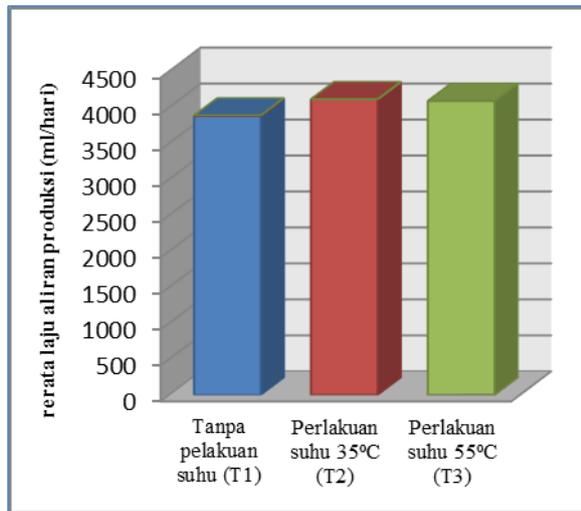
Gambar 3. Diagram perbandingan akumulasi rerata laju aliran produksi biogas pada saat pergantian bahan baku (substrat).

Jika dilihat dari perbandingan rerata laju aliran produksi biogas pada saat pergantian bahan baku (substrat). Subtrat tanpa perlakuan suhu mengalami peningkatan laju aliran produksi pada pengisian ke 2. Hal ini dikarenakan lamanya proses fermentasi yang terjadi sehingga masih banyak menyisakan kandungan metana pada substrat yang ikut berlanjut pada saat fermentasi pengisian ke 2. Sehingga menyebabkan kosentrasi fermentasi pada pengisian ke 2 berlangsung dengan cepat sehingga meningkatkan laju aliran produksi.

Pada substrat dengan berperlakuan suhu 35⁰C dan 55⁰C di setiap proses pengisian, terjadi penurunan laju aliran produksi. Untuk substrat berperlakuan suhu 35⁰C meski mengalami penuruna namun rerata laju aliran produksi masih lebih baik dari pada substrat tanpa perlakuan suhu. Hal ini dikarenakan kesetabilan proses fermentasi yang berlanjut pada substrat berperlakuan suhu 35⁰C cukup baik sehingga tidak memerlukan waktu yang lama dalam proses fermentasi dan juga tidak mengalami penurunan produksi yang drastis. Untuk. Subtrat dengan perlakuan suhu 55⁰C pada penngisian pertama produksinya cukup baik tapi pada saat pengisian ke 2 penurunan yang terjadi cukup drastis, dikarenakan tingginya suhu pada substrat yang menyebabkan cepatnya proses fermentasi sehingga pada pengisian ke 2 substrat sudah tak lagi banyak menyimpan gas metana sehingga menurunnya produksi biogas.

Dapat dilihat pada gambar 3 di atas bahwa kestabilan dalam produksi biogas didapat oleh substrat dengan perlakuan suhu 35⁰C. Laju aliran produksi biogas diatas rata-rata dibandingkan substrat tanpa perlakuan suhu dan suhu 55⁰C. substrat tanpa perlakuan suhu jenzang produksinya cukup lama namun hasil laju produksinya di bawah substrat dengan perlakuan suhu 35⁰C dan 55⁰C. Untuk substrat dengan perlakuan suhu 55⁰C laju produksinya kurang stabil, meski awalnya produksinya tinggi namun tidak bertahan

cukup lama sehingga menyebabkan pergantian bahan baku yang cukup cepat. Hal ini dikarenakan proses pembakaran mikroba di dalam digester kurang baik.



Gambar 4. Diagram perbandingan hasil produksi biogas terhadap perlakuan suhu

Gambar 4. di atas menunjukkan perbedaan hasil biogas antar perlakuan pada substrat. Hasil terbaik diperoleh pada substrat dengan perlakuan suhu 35°C dengan rerata laju produksinya sebanyak 4108 ml/ hari lebih tinggi dari substrat tanpa perlakuan suhu dan perlakuan suhu 55°C yang masing-masing memiliki rerata laju produksi 3881 ml/jam dan 4081 ml/jam, hal ini membuktikan perlakuan suhu berpengaruh terhadap laju liran produksi biogas.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari penelitian awal yang telah dilakukan disimpulkan bahwa:

1. Temperatur digester pada saat proses fermentasi substrat sangat mempengaruhi kuantitas produksi biogas.
2. Akumulasi volume produksi yang dihasilkan substrat dengan berperlakuan suhu 35°C menghasilkan biogas terbanyak dalam jangka waktu relatif singkat, dibandingkan substrat tanpa perlakuan suhu dan perlakuan suhu 55 °C.

3. Rerata kesetabilan produksi terbaik juga terjadi pada substrat berperlakuan suhu 35°C dengan akumulasi laju produksi sebanyak 4108 ($ml/hari$).

Saran

Selama penelitian diketahui beberapa hal yang perlu dicermati lebih lanjut yaitu :

1. Karena penggunaan biomasa (limbah) blotong sebagai biogas dengan perlakuan suhu merupakan penelitian awal, perlu di kaji lebih lanjut, tentang pengaruh suhu secara maksimal.
2. Perlu pengkajian dan analisa lebih lanjut tentang parameter yang lain untuk mendapatkan kualitas produksi biogas yang maksimal, bukan hanya kuantitas.
3. Perlu penelitian lebih lanjut untuk menguji kemurnian biogas, agar mendapatkan hasil proses pembakaran biogas yang sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Dharma, Untung Surya; Kms. Ridhuan, 2014, Kajian Potensi Sumber Energi Biogas Dari Kotoran Ternak Untuk Bahan Bakar Alternatif Di Kecamatan Kalirejo Kabupaten Lampung Tengah, Jurnal TURBO, ISSN 2301-6663 Vol. 3 NO. 2
- [2]. Sri Nuryanti, Siswanto Imam Santoso, 2015, Potensi Ekonomi Dari Pengembangan Produk Pendamping Gula Tebu Di Indonesia, Prosiding Seminar Nasional Agribisnis III “Inovasi Agribisnis untuk Peningkatan Pertanian Berkelanjutan, Progam Studi Agribisnis, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Undip, dan Perhimpunan Ekonomi Pertanian Indonesia (Perhepi), Semarang.
- [3]. Misran, Erni, 2005, Industri Tebu Menuju Zero Waste Industry, Jurnal Teknologi Proses, 4 (2),

Hal. 6-10

- [4]. Andes Ismayana, Nastiti Siswi Indrasti, Suprihatin, Akhiruddin, Maddu, Aris Fredy, 2012, Faktor Rasio C/N Awal dan Laju Aerasi pada Proses Co-Composting Baggase dan Blotong, *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 22 (3), Hal. 173 – 179.
- [5]. Prasetiono, Triwikantoro, 2012, Pengaruh Tetes Tebu dan Limbah Cair Tahu pada Produksi Biogas, *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, Vol. 8 NO. 2
- [6]. Sharifani. S., Soewondo. P., 2009, Degradasi Biowaste Fasa Cair, Slurry, dan Padatan dalam Reaktor Batch Anaerob Sebagai Bagian dari Mechanical Biological Treatment, Fakultas Sipil dan Teknik Lingkungan, Institute Teknologi Bandung.
- [7]. Diaz Liansyah Pratama, Siti Hanggita, Agus Supriadi, Nov 2015, Uji Potensi Produksi Biogas pada Campuran Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Limbah Jeroan Gabus (*Channa striata*) Menggunakan Batch Anaerobic Digester, *Fishtech-Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*, Vol. 4, No.2, hal. 111-119, ISSN : 2302-6936
- [8]. Trisno Saputra, Suharjono Triatmojo, Ambar Pertiwi Ningrum, 2010, Produksi Biogas dari Campuran Feses Sapi dan Ampas Tebu (Bagasse) dengan Rasio C/N yang Berbeda, *Buletin Peternakan*, Vol. 34 (2) : Hal. 114-122
- [9]. Renita Manurung, 2004, Proses Anaerobik Sebagai Alternatif untuk Mengolah Limbah sawit,

Program Studi Teknik Kimia,
Fakultas Teknik, e-USU
Repository © 2004 Universitas
Sumatera Utara

- [10]. Irawan, Dwi; Ahmad Khudori, 2015, Pengaruh Suhu Anaerobik Terhadap Hasil Biogas Menggunakan Bahan Baku Limbah Kolam Ikan Gurame, *Jurnal TURBO*, Vol. 4 No. 1 Hal. 17-22.