

Modifikasi Instalasi Biogas Kotoran Sapi Tipe *Fixed Dome* di Anggota Kelompok Tani Kanti Sembada Desa Candikuning

Modification of Cow Manure Fixed Dome Type Biogas Installation Kanti Sembada Farmers Group in Candikuning Village

Roi Zulkarnaen, Ida Bagus Putu Gunadnya, Yohanes Setiyo
Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Unud
Email: roizulkarnaen23@gmail.com

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang bioreaktor tipe kubah tetap dan untuk menguji kinerjanya. Pada proses pembuatan biogas dari kotoran sapi dengan suhu proses yang optimal. Komponen bioreaktor adalah: bak pemasukan, tangki pencernaan, mantel bioreaktor, kubah bioreaktor, dan bak pengeluaran. Berdasarkan analisis diperoleh spesifikasi bioreaktor adalah panjang 426 cm, diameter 160 cm, tinggi 200 cm dan volume total 2,78 m³. Mantel bioreaktor setebal 10 cm diisi dengan pasir. Hasil uji kinerja bioreaktor selama 35 hari menunjukkan bahwa suhu biomassa dalam bioreaktor lebih besar dari suhu lingkungan. Kesenjangan yang terbesar antara kedua suhu adalah 6,8 °C yang dicapai pada hari ke-27 fermentasi dan suhu biomassa adalah 31 °C. Tekanan gas di dalam bioreaktor meningkat sesuai dengan peningkatan suhu biomassa. produksi biogas per hari rata rata mencapai 2,31 liter.pada tekanan 2,5 cmH₂O

Kata kunci: *biogas, bioreaktor, metana.*

Abstract

The purpose of this study were to design fixed-dome type bioreactor and to measure its performance. through biogas processing that was made from cow dung feces with optimal process temperature. The components of the bioreactor were: biomass inlet, digestion tank, the bioreactor mantle, the bioreactor dome, and outlet basin for sludge. Through design analysing were obtain spesification of bioreactor was 426 cm long, diameter of 160 cm, 200 cm height and a total volume of 3.04 m³. The mantle of bioreactor which 10 cm thick was filled with sand. Results of bioreactor performance test showed that for 35 days the temperature of the biomass in the bioreactor was greater than the ambient temperature. The larger gap between both temperature was 6.8° C which achieved at day 27th of fermentation and the biomass temperature was 31° C. The gas pressure inside the bioreactor increased in accordance with the increase of biomass temperature. Biogas production per day achieved at average of 2.,31 liter with 2.5 cmH₂O preasure.

Key words: biogas, bioreactor, methane.

PENDAHULUAN

Beberapa jenis limbah yang dihasilkan peternakan sapi diantaranya sisa pakan ternak, feses dan urine. Satu ekor sapi dewasa dapat menghasilkan limbah feses sebanyak 23,59 kg/hari (Rahayu *et al*, 2009). Limbah tersebut berpotensi mencemari lingkungan, di sisi lain kotoran sapi tersebut dapat dimanfaatkan

sebagai bahan baku untuk menghasilkan gas metan. Kotoran sapi merupakan biomassa yang mengandung karbohidrat, protein, dan lemak. Secara teori, produksi metana yang dihasilkan dari karbohidrat, protein, dan lemak berturut-turut adalah 0,37; 0,1; 0,58 m³ CH₄/kg bahan kering organik. Kotoran sapi mengandung ketiga unsur bahan

organik tersebut sehingga dinilai lebih efektif untuk dikonversi menjadi gas metana (Drapcho *et al.*, 2008). Biogas dan kompos dihasilkan dari fermentasi kotoran sapi dengan proses anaerobik pada suatu bioreaktor (Abdullah *et al.*, 1998), sehingga kotoran sapi memiliki potensi sebagai energi yang terbarukan. Dari beberapa bioreaktor yang sudah dikembangkan di Bali bioreaktor tersebut secara umum memiliki kelemahan yaitu kurang optimalnya produksi biogas. Hal ini terlihat pada suhu bioreaktor tidak optimal. Dinamika jika suhu tersebut tidak optimal, Oleh karena itu perlu pengkajian mengenai fisik dari bioreaktor yang mampu mengoptimalkan proses fermentasi di dalam bioreaktor. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendesain bioreaktor dan mantel tipe *fixed dome* yang dapat mengoptimalkan suhu proses produksi biogas dan melakukan uji kinerja bioreaktor.

METODE

Tempat dan waktu

Penelitian dilakukan mulai bulan September 2015 s/d November 2015 di kandang ternak milik Bapak I Putu Murdika, Br. Pemuteran Desa Candikuning.

Alat dan Bahan

Bahan konstruksi yang digunakan antara lain: semen, pasir, batako, bus beton, koral, lem, pipa PVC berukuran 1 inci, selang berukuran 0.5 inci, pipa T dan kran gas. Bahan pengujian yang digunakan pada penelitian ini adalah feses dari ternak sapi dan air kompor biogas dan lampu petromaks.

Peralatan yang digunakan dalam pengerjaan bioreaktor antara lain, meteran, cangkul, skop, tang, centong semen, alat potong besi dan pipa, dan kuas. Alat alat yang digunakan dalam pengujian adalah bioreaktor hasil rancangan, termometer, manometer, pH meter, dan kompor biogas.

Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap yaitu penentuan tata letak, perancangan bioreaktor, pembuatan bioreaktor dan pengujian bioreaktor.

Variabel Pengamatan

Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah suhu lingkungan, suhu di dalam bioreaktor, derajat keasaman (pH) sludge pada bioreaktor, tekanan di dalam bioreaktor, produksi gas dan volume gas pada bioreaktor.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dimulai dari persiapan tempat, perancangan bioreaktor, pembuatan bioreaktor, pengujian bioreaktor yang meliputi proses pencampuran feses sapi dengan air sebanyak 1:1, pemasukan sludge ke dalam bak pemasukan, pengambilan data suhu, derajat keasaman, dan tekanan, serta penghitungan produksi gas dan volume gas. Jika terjadi kerusakan pada bioreaktor maka akan dilakukan perbaikan pada kerusakan yang terjadi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konstruksi Bioreaktor

Dimensi bioreaktor

Bioreaktor tipe *fixeddome* memiliki lima bagian utama yaitu bak pemasukan, kubah bioreaktor, tanki pencernaan, dan bak pengeluaran. Dimensi dari bagian bagian tersebut dapat di lihat pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2.

Dimensi bagian utama bioreaktor

No	Nama Bagian	Dimensi (cm)	Bentuk	Volume (m ³)
1	Bak pemasukan	100 p x 75 l x 75 t	Kubus	0.56
2	Tangki pencernaan	100 Ø x 150 t	Silinder	1.18
3	Mantel bioreaktor	140 Ø x 160 t	Silinder	3.51
4	Kubah bioreaktor	100 Ø	Setengah bola	0.26
5	Bak pengeluaran	140 p x 75 l x 75 t	Kubus	0.78

Bak Pemasukan

Bak pemasukan dibuat dengan volume 0.56 m³, bak pemasukan dibuat dengan menggunakan batako dan dilapisi campuran pasir-semen serta bagian dalamnya dihaluskan dengan semen. Konstruksi pelapis dinding tersebut untuk meminimalisir terjadinya kebocoran, sedangkan penggunaan batako pada bagian dasar dan dinding karena batako cukup kuat untuk menahan beban *sludge* serta bahan ini mudah didapatkan. Ketebalan dinding bak pemasukan adalah 10 cm, bak pemasukan

dihubungkan dengan bioreaktor dengan menggunakan pipa PVC yang memiliki diameter 10.16 cm dan panjang pipa 50 cm. Dimensi pipa tersebut dapat mengurangi tersumbatnya saluran pemasukan.

Tanki Pencernaan

Tanki pencernaan di buat dengan menggunakan batako yang selanjutnya dilapisi semen di bagian dalamnya. Tekanan maksimum yang terjadi pada bioreaktor setelah dilakukan pengukuran adalah 0.3 atm, dan pada saat uji kinerja alat tidak terjadi kebocoran biomassa serta gas dan selain itu tidak terjadi kerusakan pada bioreaktor. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan batako cukup untuk menahan tekanan dari hasil proses fermentasi, sehingga proses fermentasi dapat berlangsung secara anaerobik.

Mantel Bioreaktor

Mantel bioreaktor dibuat mengelilingi tanki pencernaan yang berisikan pasir setebal 10 cm. Pasir digunakan sebagai mantel karena pasir memiliki massa jenis 1520 kg/m^3 lebih besar dari tanah yang memiliki massa jenis 1440 kg/m^3 (Fitrya 2008), dan menurut Poffijn 1988, panas spesifik dari pasir adalah $1,744 \text{ KJ/}^\circ\text{C}$ lebih besar dari panas spesifik tanah $1,423 \text{ KJ/}^\circ\text{C}$.

Mantel ini berfungsi untuk menjaga suhu di dalam tanki pencernaan, sehingga perbedaan suhu antara siang dan malam hari di kawasan tersebut tidak terlalu berpengaruh terhadap proses fermentasi yang ada di dalam tanki pencernaan. Hal ini di indikasikan oleh suhu pada bioreaktor lebih tinggi dibandingkan suhu lingkungan di hari pertama.

Kubah Bioreaktor

Kubah bioreaktor dibuat di bagian atas bioreaktor, kubah bioreaktor memiliki bentuk setengah bola dengan jari-jari 50 cm, sehingga bagian kubah memiliki volume sebesar 0.52 m^3 . Bioreaktor dibuat dengan menggunakan beton, dan untuk memperkuat konstruksi kubah ditambahkan kawat jaring sebagai tulang dari kubah bioreaktor. Kubah bioreaktor juga di cat menggunakan cat berwarna hitam, hal ini bertujuan untuk penyerapan panas pada siang hari lebih optimal. Kubah bioreaktor berfungsi sebagai tempat penyimpanan gas metan dari hasil proses fermentasi yang terjadi di dalam tanki pencernaan. Tekanan yang terjadi pada bagian kubah 0,3 atm

yang terukur pada manometer, dari hasil uji kinerja pada tekanan tersebut tidak bocor. Selain itu dengan konstruksi kubah gas metan mudah disalurkan menuju manometer, kompor dan lampu.

Bak Pengeluaran

Bak pengeluaran memiliki dimensi yang lebih besar dari bak pemasukan sehingga penampungan dan pengambilan *sludge* lebih mudah. Bak pengeluaran memiliki bahan konstruksi yang sama dengan bak pemasukan.

Sistem Kontrol Produksi Gas

Saluran biogas merupakan instalasi untuk mengalirkan gas yang telah terbentuk menuju alat alat yang kompatibel dengan biogas seperti, kompor, dan lampu petromaks. Bahan yang digunakan untuk saluran biogas adalah pipa VPC berukuran setengah dim, penghubung pipa *elbow*, penghubung pipa T, penyambung pipa, lem pipa, keran gas, dan selang gas. Saluran biogas dialirkan melalui kubah dengan menggunakan pipa T yang memiliki sambungan dengan kran pembuangan dan sambungan menuju manometer dan pengaman gas yang selanjutnya gas akan mengalir menuju pipa untuk kompor biogas, dan lampu petromaks.



Gambar 1.
Rancangan bioreaktorbiogas

Evaluasi Teknik

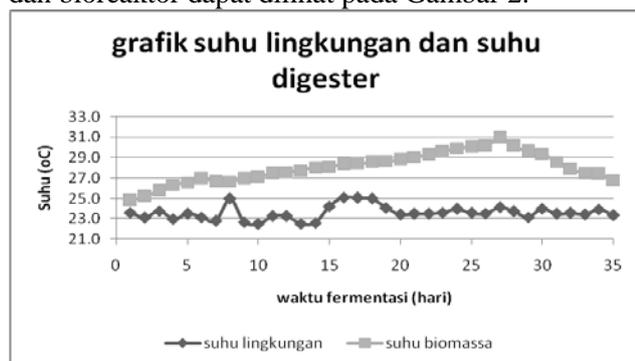
Berdasarkan hasil dari ujicoba awal, bioreaktor mengalami kebocoran pada bagian kubah. Dampak dari kebocoran adalah gas yang terbentuk keluar sehingga gas tidak bisa digunakan. Hal ini dapat diatasi dengan menambahkan lapisan semen di kubah bioreaktor serta menambahkan cat yang mampu menutupi pori-pori beton. Pada uji kinerja

selanjutnya permasalahan tersebut tidak dijumpai lagi, sehingga suhu fermentasi naik dari hari pertama hingga hari ke 27, tekanan gas mencapai puncak pada hari ke 27. dikarenakan pori-pori beton mampu tertutupi oleh lapisan cat dan mampu bertahan hingga 3 tahun.

Hasil Kinerja Alat

Suhu Biomassa

Suhu pada bioreaktor memiliki perbedaan dengan suhu pada lingkungan suhu pada bioreaktor lebih tinggi dari suhu lingkungan, hal ini mengindikasikan mantel bioreaktor mampu memperkecil panas yang keluar melewati dinding. Hal ini dikarenakan proses fermentasi kotoran sapi akan menghasilkan panas (Hantoni, 2000). Panas tersebut sebagian menaikkan suhu biomassa dan sebagian lagi keluar dari bioreaktor melalui dinding. Grafik hubungan waktu fermentasi dengan suhu lingkungan dan bioreaktor dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2.

Grafik hubungan suhu dengan waktu fermentasi.

Suhu biomassa selama proses fermentasi secara anaerob didalam bioreaktor mengalami dinamika dari 25 – 31 °C. Sehingga fermentasi oleh mikroba terjadi pada fase mesofilik. Suhu tertinggi di dalam bioreaktor terjadi pada hari ke 27 dengan suhu 31 °C dan setelah hari ke 27 suhu didalam bioreaktor mengalami penurunan. Dinamika suhu fermentasi ini sesuai dengan penelitian Hantoni (2000), Pedrawati (2010) dan Ratnaningsih *et al.* (2009).

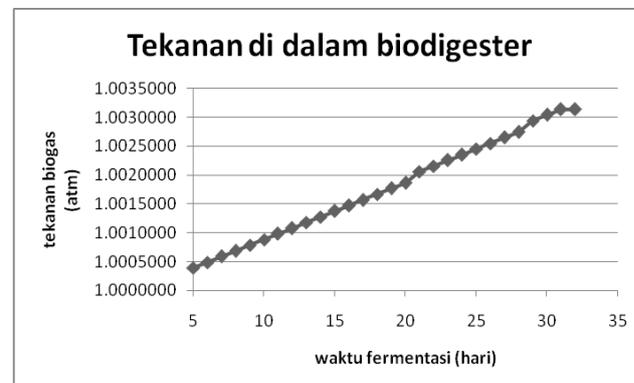
Derajat Keasaman Media Fermentasi

Derajat keasaman yang didapat rata-rata 6.63, pada derajat keasaman tersebut merupakan kondisi yang ideal untuk bakteri metanogenesis, hal ini sesuai dengan pendapat Saputro dan Artanti (2009) derajat keasaman dijaga dalam kisaran 6,6-7,6 karena

bakteri metanogenik hanya bisa bekerja dalam kisaran pH tersebut.

Tekanan Biogas

Kenaikan tekanan biogas pada bioreaktor terjadi pada hari ke 5, kenaikan tekanan pada bioreaktor dapat dilihat pada grafik hubungan tekanan dengan lama fermentasi (Gambar 3). Kenaikan tekanan yang terjadi pada bioreaktor dipengaruhi oleh suhu biomassa semakin tinggi suhu biomassa maka tekanan akan semakin tinggi, hal ini dijabarkan dengan rumus gas ideal $P \times V = n \times R \times T$. dimana suhu (T) tinggi, jumlah mol gas (n) adalah 1 mol, konstanta gas (R) 0,082051 atm K⁻¹mol⁻¹ dan volume gas (V) 1 liter maka tekanan gas (P) akan tinggi.



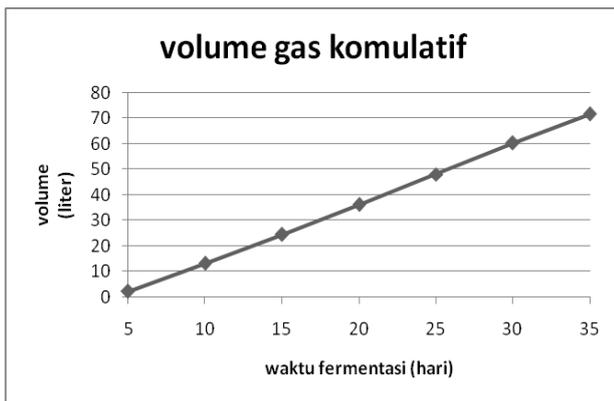
Gambar 3.

Grafik hubungan tekanan dan lama fermentasi.

Dari grafik di atas dapat dijelaskan bahwa tekanan gas mulai meningkat pada hari ke 5 hal ini sebagai indikasi bahwa biogas di dalam bioreaktor mulai terbentuk. biogas yang dihasilkan setiap hari akan terakumulasi didalam bioreaktor, hal inilah yang menyebabkan tekanan di dalam bioreaktor menjadi meningkat hingga hari ke 35 dengan tekanan tertinggi yang di peroleh sebesar 1,0031 atm.

Volume Biogas Kumulatif

Volume biogas didapat dari hasil akumulasi produksi biogas yang dihasilkan volume biogas menunjukkan peningkatan secara linier dari hari kelima hingga hari ke-35. Peningkatan volume tersebut dapat dilihat pada Gambar 4. Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa volume gas tertinggi pada bioreaktor adalah 71.75 liter. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yaitu Mayasari. *et al.* (2010).



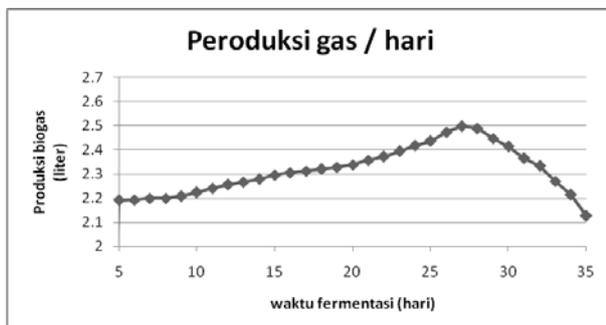
Gambar 4. Grafik hubungan volume biogas dengan waktu fermentasi

Peningkatan tersebut dapat dijelaskan dengan menggunakan rumus yang berlaku untuk gas, yaitu: $P \times V = n \times R \times T$. Suhu (T) tinggi, jika jumlah mol gas adalah 1 mol (n), ketetapan (R) 0,082051 atm K⁻¹mol⁻¹, dan tekanan (P) 1 atm, maka volume gas akan tinggi. Pada hari ke-35 tidak terjadi lagi peningkatan volume gas dikarenakan kotoran sapi yang ada di dalam bioreaktor berhenti difermentasi.

Produksi Biogas Harian

Produksi biogas dihitung menggunakan persamaan gas ideal $(P_1 \times V_1 / T_1) = (P_2 \times V_2 / T_2)$. Sehingga produksi biogas dapat dihitung pada hari ke-5, dikarenakan tekanan pada hari kelima sudah mengalami peningkatan. Produksi biogas pada suhu 23.7 °C dan tekanan 0,1 cmH₂O dapat dilihat grafik hubungan antara waktu fermentasi dengan produksi biogas.

Kecepatan produksi biogas pada bioreaktor adalah 2.31 liter/hari. Produksi biogas dipengaruhi oleh suhu selama proses fermentasi.



Gambar 5. Grafik hubungan produksi biogas dengan waktu fermentasi.

Dari grafik di atas produksi gas harian dapat dihitung di hari ke lima. Produksi biogas dari hari ke lima mengalami peningkatan hingga hari ke 27. Hal ini dikarenakan produksi biogas dipengaruhi oleh suhu dan tekanan yang terjadi di dalam bioreaktor. Di hari ke 28 produksi biogas menurun hingga hari ke 35 yang menandai bahwa proses fermentasi tidak terjadi lagi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Konstruksi bioreaktor tidak mengalami kebocoran sehingga proses fermentasi secara anaerob dapat berlangsung. Penambahan mantel dengan tebal 10 cm pada bioreaktor dapat mengoptimalkan suhu di dalam bioreaktor yang ditandai dengan kenaikan suhu pada hari 1 hingga 27 dan suhu di dalam bioreaktor lebih tinggi dari suhu lingkungan. Dinamika suhu didalam bioreaktor terjadi pada fase mesofilik dari rentang 25 – 31 °C. Tekanan gas didalam bioreaktor mengalami peningkatan di hari ke 5 yaitu 0,1 cmH₂O. Laju produksi biogas adalah 1,52 liter/hari dengan tekanan 2,5 cmH₂O.

Saran

Untuk dapat menjaga suhu digester terhadap perubahan suhu lingkungan perlu di berikan mantel untuk dapat menstabilkan suhu, kubah digester dicat dengan menggunakan warna hitam yang bertujuan penyerapan panas pada saat siang hari oleh digester menjadi lebih optimal. Bak inlet dan outlet sebaiknya dibuat dengan memiliki tinggi dari atas tanah minimal 30 cm, untuk menghindari air ketika hujan dan mempermudah pengambilan kompos dari digester. Serta dibuatkan penampungan balon untuk menyimpan biogas sehingga tekanan di dalam digester tidak tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, K., Irwanto, N. Siregar dan S.E. Agustina. 1998. Energi dan Elektrifikasi Pertanian. Buku Diktat Kuliah. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Tidak diterbitkan.
- Drapcho C.M., N.P. Nhuan dan T.H. Walker. 2008. Biofuels Engineering Process Technology. USA: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Hantoni. 2000. Perancangan Bioreaktor Gas Bio Tipe Generator Asitelin. Universitas Udayana. Skripsi. Tidak dipublikasikan, Jurusan Teknik Pertanian, Program Studi

- Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Denpasar.
- Mayasari H.D., I.M. Riftanto, L. Nur'Aini dan M.R. Arianto.2010. Pembuatan Bioreaktor Dengan Uji Coba Kotoran Sapi Sebagai Bahan Baku. Tugas Akhir. Program Studi DIII Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Pedrawati. A. A. I. R. 2010. Kajian Ratio Kotoran Sapi Dengan Air Pada Bioreaktor Tipe "UAS (*Up flow Anaerobic Sludge*)" Dalam Memproduksi Biogas. Universitas Udayana. Skripsi. Tidak dipublikasikan. Jurusan Teknik Pertanian. Program Studi Teknologi Pertanian. Universitas Udayana. Denpasar.
- Rahayu, S. D. Purwaningsih dan Pujiyanto.2009. Pemanfaatan kotoran ternak sapi sebagai sumber energi alternatif ramah lingkungan beserta aspek sosio kulturalnya. Inotek. 13(2):150-160.
- Ratnaningsih, H. Widyatmoko dan T. Yananto. 2009. Potensi pembentukan biogas pada proses biodegradasi campuran sampah organik segar dan kotoran sapi dalam batch bioreaktoranaerob. J. Teknol. Ling. 5(1):19-26.
- Saputro R. R, dan Rr. D. Artanti Putri. 2009. Pembuatan Biogas dari Limbah Peternakan. Jurnal. Tidak dipublikasikan, Jurusan Teknik Kimia, Program Studi Teknik. Universitas Diponegoro, Semarang