

Sampah Dapur Dan Sampah Daun Dengan Campuran Kotoran Sapi Untuk Pembuatan Biogas

Anis Trisnaningsih¹⁾ dan Sri Widyastuti²⁾

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas PGRI Adi Buana Surabaya¹⁾

e-mail : anistrisnaningsih12@gmail.com¹⁾

Staf Pengajar Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas PGRI Adi Buana Surabaya²⁾

Email : rafirudi@yahoo.co.id

ABSTRACT.

The degradation of organic matter under anaerobic conditions, to produce a gas which is largely composed of a mixture of methane and carbon dioxide. This study aims to assess variations in the composition of kitchen waste, leaf litter with cow dung, measures the time the fermentation process and measure the rate of increase in gas pressure. Benefits of the research are expected to use waste kitchen waste, leaf litter and cow dung as an alternative energy source that is inexpensive and environmentally friendly. Experiments in this study conducted using household biogas reactor made of drum. The medium used for the growth of microorganisms is EM4. Leachate water samples obtained from the fermentation

of garbage. Parameters measured were carbon, nitrogen, salmonella and mercury using measurement

1

methods for testing carbon-Organic conducted using Walkey and Black, test Nitrogen using semi-micro Kjeldahl modified, test Mercury by using qualitative analysis and quantitative mercury with tools Mercury Analyzer, Isolation and identification of Salmonella sp follow the Food and Drug Administration (FDA, 1995). Colonies that appear red with black middle gram staining, colony subsequently was identified towards Salmonella sp. biochemically. Biogas reactor performance is determined by measuring the increase in pressure and compare the variety of media used. The results obtained by the gas pressure is highest in the first variation is between 33-38 cm of water column takes about 11-12 days to produce the most gas. As for the second variation of the gas pressure generated by 29 cm column of water with gas formation time of 12 days and 3 variations of the gas pressure generated at 22-23 cm of water column with gas formation time of 11-12 days. Flame test done to prove the gas produced is methane (CH₄) instead of CO₂. From the results of the laboratory, leachate can not use a liquid organic fertilizer because it found Salmonella.

Keywords : Biogas, The garbage organic, Comparison mixed, The pressure gas

1. PENDAHULUAN

Pengolahan sampah padat dengan proses fermentasi anaerobik dapat digunakan sebagai solusi alternatif untuk menanggulangi masalah persampahan. Selain penyelesaian masalah pengelolaan sampah, berbagai keuntungan yang diperoleh dari proses fermentasi anaerobik ini diantaranya adalah bioenergi sebagai alternatif sumber bahan bakar yang dapat diperbaharui..

Berdasarkan hal tersebut, perlu diterapkan suatu teknologi untuk mengatasi sampah, yaitu dengan menggunakan teknologi daur ulang sampah menjadi produk biogas yang bernilai guna tinggi. Biogas adalah gas mudah terbakar (flammable)

yang dihasilkan oleh proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi kedap udara).

Pada umumnya semua jenis bahan organik bisa diproses untuk menghasilkan biogas, namun demikian hanya bahan organik (padat, cair) homogen seperti kotoran dan urine (air kencing) hewan ternak cocok untuk sistem biogas sederhana. Bila sampah-sampah organik tersebut membusuk, akan dihasilkan gas metana (CH₄) dan karbondioksida (CO₂). Tapi, hanya CH₄ yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar (Beni Hermawan, 2007).

2. KAJIAN LITERATUR

Secara garis besar proses pembentukan biogas dibagi menjadi tiga tahapan, yaitu:

1. Tahap Hidrolisis (Hydrolysis)

Pada tahap ini, bakteri memutuskan rantai panjang karbohidrat kompleks; protein dan lipida menjadi senyawa rantai pendek. Contohnya polisakarida diubah menjadi monosakarida, sedangkan protein diubah menjadi peptide dan asam amino.

2. Tahap Asidifikasi (Acidogenesis dan Acetogenesis)

Pada tahap ini, bakteri (*Acetobacter aceti*) menghasilkan asam untuk mengubah senyawa rantai pendek hasil proses hidrolisis menjadi asam asetat, hidrogen, dan karbon dioksida. Bakteri tersebut merupakan bakteri *anaerob* yang dapat tumbuh dan berkembang dalam keadaan asam. Bakteri memerlukan oksigen dan karbondioksida yang diperoleh dari oksigen yang terlarut untuk menghasilkan asam asetat. Pembentukan asam pada kondisi anaerobik tersebut penting untuk pembentukan gas metana oleh mikroorganisme pada proses selanjutnya. Selain itu bakteri tersebut juga mengubah senyawa berantai pendek menjadi alkohol, asam organik, asam amino, karbon dioksida, hidrogen sulfida, dan sedikit gas metana. Tahap ini termasuk reaksi eksotermis yang menghasilkan energi.

3. Tahap Pembentukan Gas Metana (Methanogenesis)

Pada tahap ini, bakteri *Methanobacterium omelianski* mengubah senyawa hasil proses asidifikasi menjadi metana dan CO₂ dalam kondisi anaerob. Proses pembentukan gas metana ini termasuk reaksi eksotermis.

Dalam pembuatan biogas, komposisi bahan baku feses, air dan rumen (starter) harus seimbang agar menghasilkan biogas yang maksimal. Jika perbandingan tidak seimbang, misal rumen lebih banyak dari

feses dan air, maka biogas yang dihasilkan sedikit, karena pada campuran bahan baku ini hanya ada sumber bakteri saja tanpa adanya substrat, sehingga bakteri akan kekurangan makanan dan menjadi tidak produktif. Starter yang bisa digunakan antara lain lumpur aktif dan rumen sapi. (Saputro, R.R ., 2004)

Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi biogas antara lain adalah ukuran partikel,

kadar air, Rasio C/N, suhu, pH, waktu tinggal di dalam digester.

1. Ukuran Partikel

Bahan yang berukuran kecil akan lebih cepat terdegradasi dalam proses fermentasi anaerobik karena memiliki luas permukaan yang lebih banyak dibanding dengan bahan yang berukuran besar. Menurut Mshandete et al. (2006) . Degradasi dan potensi produksi biogas dari limbah

berserat dapat secara signifikan meningkat dengan perlakuan awal yaitu memperkecil ukuran partikel.

2. Kadar Air

Dekomposisi bahan organik oleh bakteri dalam proses fermentasi anaerobik sangat dipengaruhi oleh kandungan air dalam bahan. Selain membantu dalam proses hidrolisis bahan, air juga dibutuhkan oleh semua jenis bakteri untuk keperluan hidupnya (Price and Paul, 1981).

3. Rasio C/N

Wahyuni (2009) menjelaskan bahwa hubungan antara jumlah karbon dan nitrogen yang terdapat pada bahan organik dinyatakan dalam terminologi rasio karbon/nitrogen (C/N). Apabila rasio C/N sangat tinggi, nitrogen akan dikonsumsi sangat cepat oleh bakteri metan sampai batas persyaratan protein dan tak lama bereaksi ke arah kiri pada kandungan karbon pada bahan. Sebagai akibatnya, produksi metan akan menjadi rendah. Sebaliknya apabila rasio C/N sangat rendah, nitrogen akan bebas dan akan terakumulasi dalam bentuk amoniak (NH₄). NH₄ akan meningkatkan derajat pH bahan dalam digester. pH lebih tinggi dari 8.5 akan mulai menunjukkan akibat racun pada populasi bakteri metan.

4. Suhu

Biogas bisa diproduksi pada rentang suhu yang cukup besar yaitu 4-60°C. Hanya saja bakteri akan menghasilkan lebih banyak lagi biogas dalam kondisi suhu yang optimum untuk hidupnya. (Price and Paul, 1981). Semakin tinggi temperatur reaksi juga akan semakin cepat tetapi bakteri akan semakin berkurang. Kebanyakan digester dioperasikan fermentasinya pada kondisi mesofilik yaitu pada rentang temperatur 30-40°C. Metanogenesis dapat juga terjadi pada suhu rendah, yaitu 4°C. Laju produksi gas

akan naik 100 - 400% untuk setiap kenaikan temperatur 12°C pada rentang temperatur 4 - 25°C. Mikroorganisme yang berjenis thermophilic lebih sensitif terhadap perubahan temperatur daripada jenis mesophilic. Pada temperatur 38°C, jenis mesophilic dapat bertahan pada perubahan temperatur $\pm 2,8^\circ\text{C}$. Untuk jenis thermophilic pada suhu 49°C, perubahan suhu yang diizinkan $\pm 0,8^\circ\text{C}$ dan pada temperatur 52°C perubahan temperature yang diizinkan $\pm 0,3^\circ\text{C}$.

5. pH

Bakteri penghasil biogas sangat sensitif terhadap perubahan pH. Nilai pH optimum untuk pertumbuhan bakteri metanogen ada pada kisaran pH normal yaitu berkisar antara pH 6.8 – 8 (Sahidu, 1983). Bakteri non-metanogenik tidak begitu sensitif terhadap perubahan pH dan masih dapat hidup pada kisaran pH 5 - 8.5 (Price and Paul, 1981). Menurut Wahyuni (2009) derajat keasaman (pH) di dalam digester merupakan fungsi waktu di dalam digester tersebut. Pada tahap awal proses fermentasi, asam organik dalam jumlah besar diproduksi oleh bakteri pembentuk asam, sehingga akibatnya pH di dalam digester bisa mencapai dibawah 5. Kemudian proses pencernaan berlangsung, dan nilai pH berangsur normal seiring dengan pembentukan NH_4 hasil dari penguraian nitrogen.

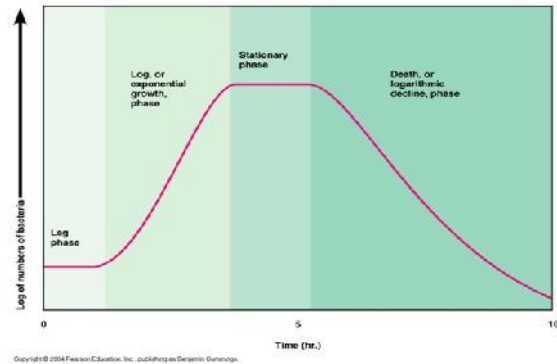
6. Waktu Tinggal Di Dalam Digester

Waktu tinggal atau lama proses adalah jumlah hari bahan yang dimasukkan di dalam digester selama proses fermentasi anaerobik berlangsung. Setiap bahan memiliki waktu tinggal yang berbeda-beda.

Sebagai contoh untuk kotoran sapi diperlukan 20-30 hari sampai bisa memproduksi biogas (Wahyuni, 2009). Selain itu waktu tinggal juga tergantung suhu, di atas suhu 35 °C atau suhu lebih tinggi, waktu tinggal akan semakin cepat.

Kurva Pertumbuhan Bakteri

Secara umum, tumbuh atau pertumbuhan suatu jasad diartikan sebagai penambahan massa ukuran, maupun jumlah sel jasad. Secara singkat hubungan antara pertumbuhan dan perbanyakan sel sebagai berikut : Pertumbuhan dengan pembelahan atau budding yang menghasilkan perbanyakan jasad, seperti halnya terjadi pada bakteri dan ragi. Pembelahan yang menyebabkan adanya pertumbuhan, tetapi tidak menghasilkan perbanyakan jasad ini terjadi pada jasad tingkat tinggi. Pertumbuhan yang memanjang, tetapi tidak menghasilkan perbanyakan jasad. Ini terjadi pada jamur dengan tipe filament coenocitic (phikomycetes). Pertumbuhan yang memanjang dengan pembentukan sekat (septa) dan fragmentasi, yang menghasilkan perbanyakan jasad. Ini terjadi pada jamur yang mempunyai tipe filament bersepta seperti yang terdapat pada gambar 1 Grafik Kurva Pertumbuhan Mikroorganisme.



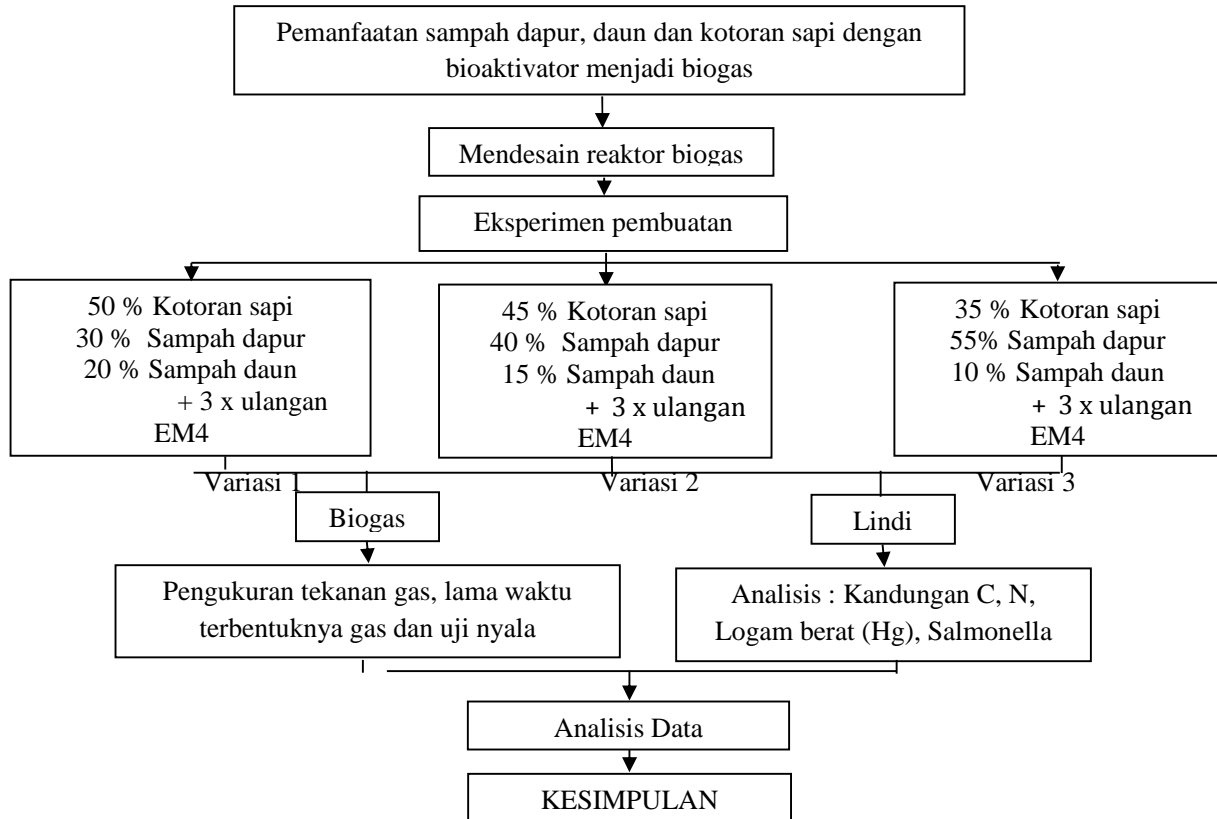
Gambar 1. Grafik Kurva pertumbuhan mikroorganisme

Gambar 1 menjelaskan tentang kurva yang menunjukkan logaritma dari kerapatan populasi sel. Titik vertikal menunjukkan batas-batas setiap fase pertumbuhan : 1. Fase permulaan; 2. Fase pertumbuhan di percepat; 3. Fase logaritma; 4. Fase pertumbuhan mulai terhambat; 5. Fase stationer maksimum; 6. Fase kematian dipercepat; dan 7. Fase kematian logaritma.

3. METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Rancangan dalam penelitian ini bisa dilihat pada kerangka kerja Gambar 2 di bawah ini dan penelitian dilakukan di Tempat Penampungan Sampah Sementara (TPS) Bratang Surabaya.



Gambar 2. Desain Penelitian

Alat Dan Bahan

Alat-alat yang digunakan adalah : neraca/timbangan, degester/reaktor beserta aksesorisnya, alat pengukur tekanan gas, digunakan alat pengukur tekanan kolom air dengan satuan centimeter, mesin pencacah sampah, alat pengaduk/pencampur, sarung tangan karet, masker, gelas ukur.

Bahan yang digunakan adalah : sampah sayur, sampah daun, kotoran sapi dan EM4

Langkah Kerja

Langkah kerja penelitian adalah sebagai berikut :

1. Menimbang sampah sayur, sampah daun dan kotoran sapi sesuai dengan variasi yang digunakan, sampah sayur dan

sampah daun dihancurkan terlebih dahulu dengan mesin pencacah.

2. Memasukkan bahan organik yang telah disiapkan di atas bersama-sama dengan air ke dalam digester yang bervolume 60 liter, kemudian aduk hingga merata.
3. Memasukkan starter (kotoran sapi) yang telah disiapkan ke dalam digester 60 liter yang telah diisi air dan bahan organik kemudian ditambahkan EM4, kemudian diaduk hingga merata
4. Bila sudah yakin bahwa air, stater dan bahan organik telah tercampur rata, menutup digester dengan penutup yang telah dipasang pipa dan stop kran.

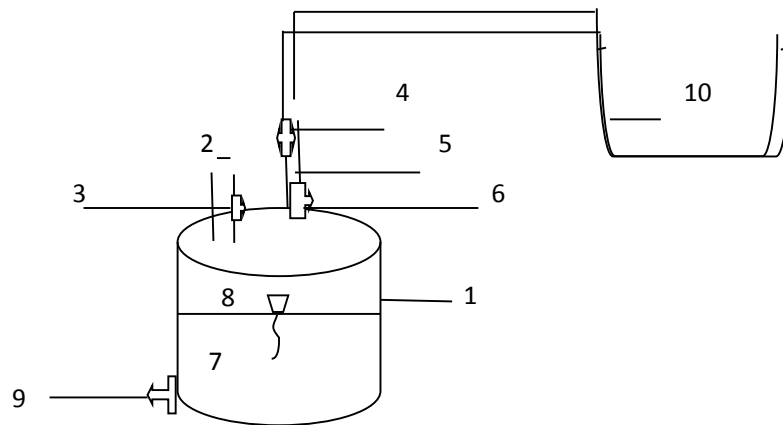
5. Memasang karet ban pada bagian samping tutupnya dengan tujuan untuk menghindari kebocoran gas.
6. Memasang selang plastik pada stop kran gas sebagai alat pengukur tekanan gas guna untuk mengukur kolom air tekanan gasnya, biarkan stop kran dalam keadaan terbuka.

5

7. Selama waktu proses fermentasi berlangsung dan gas yang dihasilkan akan terbentuk di dalam digester, lakukan pengukuran dengan mengamati dan mencatat tekanan gas sesuai kenaikan pada manometer kolom air dan waktu

yang dibutuhkan untuk proses menghasilkan gas

8. Mengamati apa ada kebocoran gas dari digester, bila terjadi kebocoran segera di tambal dengan cat atau aspal. Untuk mengetahui adanya kebocoran dapat dilakukan dengan cara membasahi dinding digester dengan air sabun. Kebocoran akan terlihat dengan adanya buih pada daerah yang bocor tersebut.
9. Untuk meyakinkan bahwa gas yang terbentuk merupakan gas metan dapat dilakukan dengan membuka kran dan menyalakan api di atas pipa penyalur gas.
10. Setelah dipastikan menyala maka bisa langsung diuji coba dengan kompor



Gambar 3. Skema alat pembuatan biogas yang digunakan dalam penelitian

Keterangan Gambar :

1. Drum digester
2. Pipa PVC
3. Stop kran plastik
4. Stop kran besi sambungan 2
5. Pipa PVC
6. Stop kran plastik
7. Starter
8. Ruang gas/Penampung gas
9. Kran untuk lindi/pupuk cair
10. Alat untuk mengukur tekanan gas menggunakan kolom air dengan satuan centimeter

Metode Pengukuran

Parameter yang di uji terkait dengan produksi biogas adalah Karbon Organik (C-Organik), Nitrogen (N), Merkuri (Hg) dan Salmonella. Metode pengukuran yang digunakan untuk menguji parameter adalah sebagai berikut :

1. Uji Karbon-Organik dilakukan dengan menggunakan metode Walkey and Black (Thom dan Utomo, 1991).

2. Uji Nitrogen dengan menggunakan metode semi-mikro Kjeldahl yang dimodifikasi (Thom dan Utomo, 1991).
3. Uji Merkuri dengan menggunakan analisa kualitatif dan kuantitatif merkuri dengan alat *Mercury Analyzer* (SNI 19-6964.2-2003).
4. Isolasi dan identifikasi *Salmonella sp* mengikuti *Food and Drug Administration*

(FDA, 1995). Koloni yang tampak merah dengan tengah kehitaman dilakukan pewarnaan gram, selanjutnya koloni tersebut diidentifikasi ke arah *Salmonella sp.* secara biokimia (Barrow and Feltham, 1993).

Teknik Analisis Data

Setelah semua data sudah diperoleh, maka langkah selanjutnya adalah mengolah data tersebut. Data yang diperoleh ini merupakan data mentah dari hasil pengukuran pada

pengamatan proses penelitian, baik dari pengukuran tekanan, waktu yang dibutuhkan dan uji laboratorium (C, N, Hg dan Salmonella). Kemudian data tersebut diolah sesuai dengan tujuan penelitian yang telah dirumuskan untuk mendapatkan kesimpulan. Adapun metode yang digunakan dalam analisis data adalah dalam bentuk grafik dan tabel, kemudian selanjutnya dilakukan pembahasan dengan membandingkan antar variasi 1, variasi 2 dan variasi 3.

4.HASIL PENELITIAN dan PEMBAHASAN

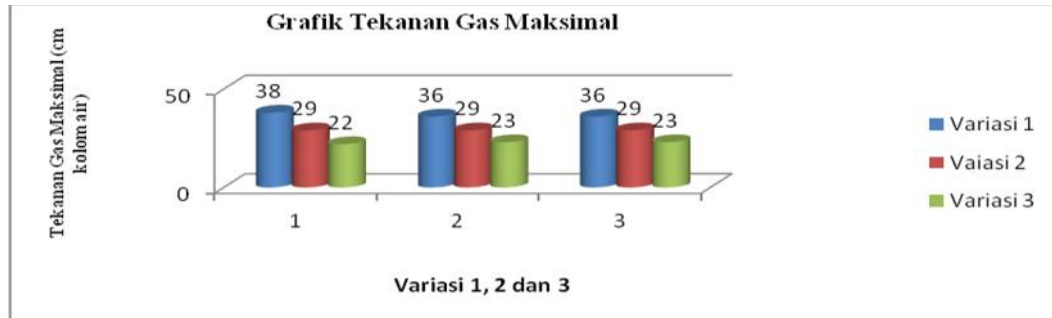
Data mengenai pemeriksaan laboratorium air lindi pada masing-masing variable bebas untuk mengetahui kadar C, N, Hg dan Salmonella, seperti pada tabel 1 berikut :

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Laboratorium Air Lindi

No	Parameter	Satuan	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3	SNI
1	C-Organik	%	8,17	14,28	11,04	9,8 – 32
2	Nitrogen (N)	%	3,22	5,06	3,89	Min. 0,4
3	Mercuri (Hg)	Ppm	0,002	0,011	0,007	Max. 3
4	Salmonella	MPN/ml	1,3x10 ¹	4,4 x10 ¹	2,0 x10 ¹	Tidak ada/Negative

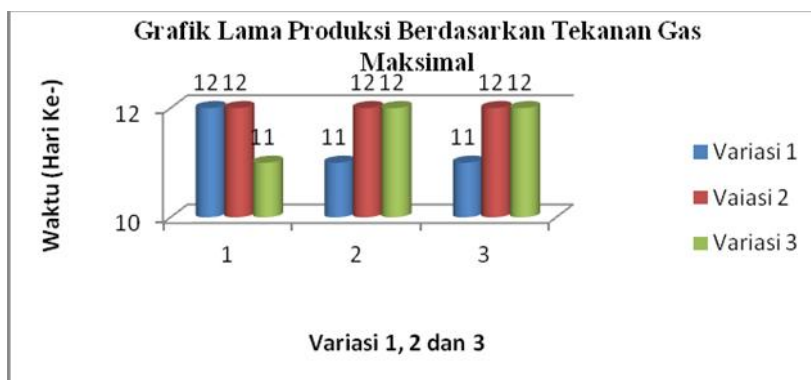
Sumber : Hasil Uji Laboratorium Poltekkes Surabaya

Hasil Tekanan Gas Tertinggi Untuk Tiap Variasi, seperti pada gambar 4 berikut :



Gambar 4. Diagram Batang Tekanan Gas Maksimal Untuk Tiap Variasi

a. Hasil Waktu Produksi Gas Untuk Tiap Kategori, seperti pada gambar 5 berikut :



Gambar 5. Diagram Batang Lama Produksi Berdasarkan Tekanan Gas Maksimal

Tabel 1 disajikan untuk mengetahui kadar C, N, Hg dan Salmonella dari variasi perbandingan campuran antara sampah dapur, sampah daun dengan kotoran sapi. Kadar Karbon Organik variasi 1 (8,17%), variasi 2 (14,28%), variasi 3 (11,04%). Kadar Nitrogen variasi 1 (3,22%), variasi 2 (5,06%), variasi 3 (3,89%). Kadar Merkuri variasi 1 (0,002 ppm), variasi 2 (0,011 ppm), variasi 3 (0,007 ppm). Salmnnella variasi 1 ($1,3 \times 10^1$ MPN/ml), variasi 2 ($4,4 \times 10^1$ MPN/ml), variasi 3 ($2,0 \times 10^1$ MPN/ml). Dari hasil analisis diatas menunjukkan bahwa kandungan lindi hasil fermentasi sampah tersebut terdapat bakteri pathogen yaitu salmonella sehingga tidak dapat digunakan sebagai pupuk organik cair (belum memenuhi standart SNI 19-7030-2004).

Dengan memperhatikan hasil **Gambar 4**, maka dapat dijelaskan bahwa tekanan gas yang paling tinggi pada setiap percobaan, dihasilkan dari proses penguraian sampah sayur, sampah daun dengan kotoran sapi yaitu variasi 1 (campuran sampah dapur 30%,

sampah daun 20% dengan kotoran sapi 50%), dimana rentang tekanannya mencapai 33 – 38 cm kolom air. Sedangkan tekanan gas yang paling rendah pada setiap percobaan, dihasilkan dari proses penguraian sampah dapur 55%, sampah daun 10% dengan kotoran sapi 35%), dimana rentang tekanannya hanya mencapai 22 – 23 cm kolom air.

Dari hasil pengamatan **Gambar 5**, dapat dilihat jelas bahwa sampah organik dengan variasi 1 (campuran dapur 30%, sampah daun 20% dengan kotoran sapi 50%) memerlukan waktu yang lebih cepat diantara variasi lainnya untuk menghasilkan gas pada tekanan yang paling tinggi. Rentang waktu yang dibutuhkan oleh sampah dapur, sampah daun dengan kotoran sapi pada variasi 1 guna menghasilkan gas pada tekanan yang paling tinggi adalah 11-12 hari. Sedangkan pada variasi 3 membutuhkan waktu yang paling lama untuk menghasilkan gas dengan tekanan yang paling tinggi.

5.KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan Tekanan gas yang dihasilkan pada variasi 1 rata-rata 38 cm kolom air, variasi 2 rata-rata 29 cm kolom air dan variasi 3 rata-rata 23 cm kolom air. Lama waktu fermentasi pada tekanan gas yang paling tinggi variasi 1 rata-rata 12 hari, variasi 2 rata-rata 11 hari dan variasi 3 rata-rata 11 hari. Hasil uji laboratorium air lindi untuk C, N, Hg masih memenuhi syarat standart SNI 19-7030-2004, sedangkan untuk Salmonella tidak memenuhi syarat standart SNI 19-7030-

2004 sehingga tidak dapat digunakan sebagai pupuk organik cair.

Adapun saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut : Jika diinginkan hasil tekanan yang cukup tinggi dan waktu yang lebih cepat, maka disarankan menggunakan campuran kotoran sapi yang lebih banyak. Kotoran sapi yang digunakan merupakan kotoran sapi yang sudah berumur 1 – 3 bulan agar hasil lebih maksimal. Perlu melakukan pemisahan gas CO₂ dengan menggunakan larutan kapur CaO. Untuk menjaga kestabilan temperature atau suhu

reaktor, maka disarankan sebaiknya reaktor diletakkan di dalam tanah atau terhindar dari sinar matahari dan hujan, agar mikroorganisme yang berguna dalam proses

pembuatan biogas tidak mati. Untuk lindi yang tercemar bakteri patogen yaitu salmonella harus di autoclave terlebih dahulu jika digunakan sebagai pupuk organik cair.

6.DAFTAR PUSTAKA

- Barrow, G.I. and Feltham, R.K.A.(1993) *Cowan and Steel's Manual for the identification of Medical Bacteria*. 3rd ed. Cambridge, Cambridge University Press, United Kingdom.
- Beni Hermawan, Lailatul Qodriyah, dan Candrarini Puspita. 2007. *Pemanfaatan Sampah Organik sebagai Sumber Biogas Untuk Mengatasi Krisis Energi Dalam Negeri*. Karya Tulis Ilmiah Mahasiswa. Universitas Lampung. Bandar Lampung
- Food and Drug Administration [FDA] (1995) *Bacteriological Analytical Manual*. 8th Edition Chapter 5: *Salmonella*.
- Mshandete A, Bjornsson, Kivaisi AK, Rubindamayugi MST, Mattiason B. 2006. Effect of particle size on biogas yield from sisal fibre waste. *Jurnal Renewable Energy* 31 : 2385 – 2392.
- Price, E.C and Paul N. Cheremisinof .1981.*Biogas Production and Utilization*. Ann Arbor Science Publishers inc/The Butterworth Group. Michigan.
- Saputro, R.R.,2004,"Pembuatan Biogas Dari Limbah Peternakan",Undip Press : Semarang.
- SNI 19-6964.2-2003, cara uji merkuri (Hg) secara cold vapour dengan spektrofotometer serapan atom atau *mercury analyzer*.
- SNI 19-7030-2004, spesifikasi kompos dari sampah organik domestik
- Thom, O.W dan M. Utomo. 1991. *Manajemen Laboratorium dan Metode Analisis Tanah dan Tanaman*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 85 hal
- Wahyuni S. 2009. *Biogas*. Jakarta : Penebar Swadaya.

