
EFEKTIVITAS TANAMAN HYDRILLA VERTICILLATA, RUMPUT GAJAH, ECENG GONDOK DALAM PEMBUATAN BIOGAS DENGAN BAHAN DASAR KOTORAN SAPI

Nadia Agutina Irianto dan Mohammad Mirwan

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

e-mail : mmirwan.tl@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Biogas merupakan gas mudah terbakar yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri anaerob. Senyawa tersebut didalam digester akan dikonversi menjadi senyawa metan yang dapat dibakar sebagai sumber energi. Bahan tersebut adalah kotoran sapi, tanaman hydrilla verticillata, tanaman eceng gondok, dan tanaman rumput gajah. Pada penelitian kali ini mencoba untuk memanfaatkan bahan-bahan kombinasi antara Kotoran sapi dengan variasi ketiga tanaman dengan perbandingan 2 : 1 dan kombinasi variasi tanaman dengan perbandingan 1 : 1. Untuk membandingkan 3 tanaman tersebut manakah yang optimal menghasilkan biogas. Parameter yang dianalisa terdiri dari kadar air, C/N rasio, suhu, tekanan, lama nyala api dan kadar gas metan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biogas terbaik diperoleh pada waktu fermentasi selama 30 hari pada variasi campuran bahan kotoran sapi dengan hydrilla verticillata pada perbandingan 2 : 1 dengan kadar air sebesar 41,3%, rasio C/N sebesar 21,5%, 50,4% kadar gas metan. Dan ditandai dengan kenaikan suhu mencapai 35°C juga dengan nyala api paling lama yaitu selama 72 detik dengan menggunakan kompor portable

Kata kunci : Kotoran sapi, *Hydrilla verticillata*, Eceng gondok, Rumput gajah, Gas Metan (CH₄), Kompor Portable

ABSTRACT

Biogas is a flammable gas produced from the fermentation process of organic materials by anaerobic bacteria. These compounds in the digester will be converted into methane compounds which can be burned as an energy source. These materials are cow dung, hydrilla verticillata plants, water hyacinth plants, and elephant grass plants. In this research, we try to use combination materials between cow manure with variations of the three plants with a ratio of 2: 1 and a combination of plant variations with a ratio of 1: 1. To compare the 3 plants which produce biogas optimally. The parameters analyzed consisted of water content, C / N ratio, temperature, pressure, flame duration and methane gas content. The results showed that the best biogas was obtained during fermentation for 30 days in a mixture of cow dung and hydrilla verticillata at a ratio of 2: 1 with a moisture content of 41.3%, a C / N ratio of 21.5%, 50.4% methane gas levels. And marked by an increase in temperature reaching 35°C also with the longest flame, which is for 72 seconds using a portable stove

Keywords : Biogas, cow manure, *Hydrilla verticillata*, water hyacinth, elephant grass, methane gas (CH₄), portable stove.

PENDAHULUAN

Energi biogas adalah salah satu dari bahan bakar non fosil atau sumber energi bersifat dapat terbarukan juga alternatif bioenergi karena diperoleh dari kotoran peternakan, sampah organik pasar, dan limbah industri makanan lainnya. Biogas didapatkan melalui proses fermentasi dengan bantuan mikroorganisme. Sistem produksi biogas mempunyai beberapa kelebihan yaitu dapat mengurangi pengaruh gas rumah kaca, dapat mengurangi polusi bau yang tidak sedap, residu akhir dapat dijadikan pupuk, serta dapat memproduksi daya dan panas (Wahyuni & Saleh, 2011).

Biogas merupakan gas yang memiliki sifat mudah terbakar, dihasilkan oleh proses fermentasi bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerob. Hampir semua jenis bahan organik dapat diproses untuk dijadikan biogas. Energi biogas sendiri memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan energi nuklir atau batu bara yaitu tidak memiliki resiko tinggi bagi lingkungan sekitar serta tidak menghasilkan polusi tinggi maka sanitasi lingkungan tetap terjaga (Hastuti, 2009).

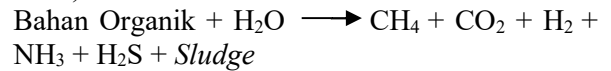
Berikut merupakan karakteristik dari biogas menurut SNI 8019:2014:

- Gas yang tidak berwarna dan tidak berbau yang dihasilkan melalui proses fermentasi bahan-bahan organik dalam kondisi tanpa kehadiran oksigen
- Biogas bersifat mudah terbakar dan mempunyai kandungan gas metan sekitar 50-70%
- Mempunyai nilai kalor yang cukup tinggi, yaitu sekitar 6400 sampai dengan 6600 kcal/m³
- Kandungan 1 m³ setara dengan 0,62 kg minyak tanah atau 0,46 liter LPG

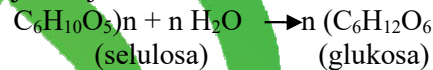
Tabel -1 : Komposisi Biogas

Komponen	%
Metana (CH ₄)	55-75
Karbon Dioksida (CO ₂)	25-45
Nitrogen (N ₂)	0-0,3
Hydrogen (H ₂)	1-5
Hydrogen Sulfida (H ₂ S)	0-3
Oksigen (O ₂)	0,1-0,5

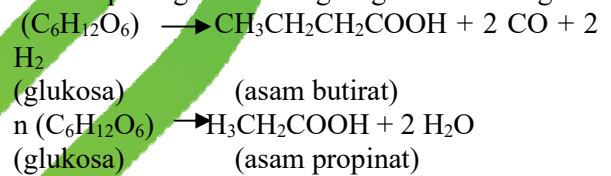
Proses pembentukan biogas ini dilakukan dengan proses secara anaerob dengan bantuan mikroorganisme-mikroorganisme yang akan merombak bahan-bahan organik (Wulansari, 2015).



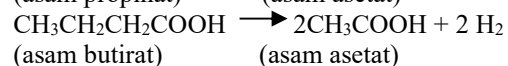
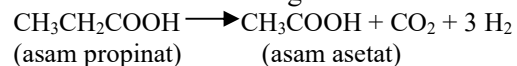
Hidrolisis merupakan proses pemecahan bahan organik dalam bentuk yang lebih sederhana sehingga lebih mudah untuk terurai oleh bakteri dan larut dalam air. Molekul kompleks seperti protein, lemak, juga karbohidrat akan dihidrolisi menjadi asam lemak, gula, dan asam amino. Bakteri yang terdapat dalam tahap ini adalah sekelompok bakteri anaerobik. Untuk proses hidrolisi pada protein dan lemak memerlukan waktu beberapa hari, sedangkan untuk karbohidrat memerlukan waktu beberapa jam saja.



Asetogenesis pada tahap ini produk yang telah dihidrolisa dikonversikan menjadi asam lemak volatil (VFA), alkohol, aldehid, keton, amonia, karbondioksida, air dan hidrogen oleh bakteri pembentuk asam. Asam organik yang terbentuk adalah asam asetat, asam propionat, asam butirat dan asam valeric. Asam lemak volatile dengan rantai lebih dari empat-karbon tidak dapat digunakan langsung oleh metanogenn

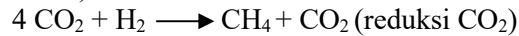
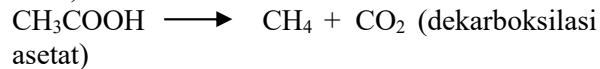


Asetogenesis juga termasuk pada Produksi asetat dari hydrogen dan karbon dioksida oleh asetogen dan homoasetogen. Pada tahap ini sebagian besar hasil fermentasi asam harus dioksidasi dibawah kondisi anaerobik menjadi asam asetat, CO₂, dan hydrogen yang menjadi substrat bakteri metanogen.



Metanogenesis merupakan langkah penting dalam seluruh proses digestasi anaerobik, karena proses reaksi biokimia yang paling lambat. Metanogenesis ini sangat dipengaruhi oleh kondisi operasi. Komposisi bahan baku, laju

umpan, temperatur adalah contoh faktor yang mempengaruhi proses pembentukan gas metan. Bakteri metanogen seperti *methanococcus*, *methanosarcina*, dan *methano bacterium* akan mengubah menjadi gas metan, karbondioksida, dan air yang merupakan komponen penyusun biogas. Berikut reaksi perombakan yang dapat terjadi pada tahap metanogenesis. (Wahyuni, 2013).



Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam proses fermentasi yaitu faktor nutrisi dan faktor lingkungan. Faktor nutrisi mencakup makronutrien, mikronutrien, rasio C/N, dan ukuran partikel. Sedangkan faktor lingkungan yaitu temperatur dan kadar air.

1. Rasio C / N

Rasio C / N mewakili jumlah karbon dan trogen dalam bahan baku dan merupakan proses penting parameter untuk padatan tinggi AD. Baik karbon dan nitrogen sangat penting untuk pertumbuhan dan fungsi sel mikroba. Nitrogen hadir dalam bahan baku memfasilitasi sintesis asam amino, protein, dan asam nukleat, sementara karbon bertindak sebagai unit struktural dan juga energy sumber untuk mikroba. Bagian dari nitrogen organik hadir dalam bahan baku diubah menjadi amonia. Amoniak berkurang dalam digester juga membantu menetralkan volatile asam yang diproduksi oleh bakteri fermentasi dan membantu menjaga pH dalam kisaran netral. Secara umum, mikroba anaerobic memanfaatkan karbon 25-30 kali lebih cepat daripada nitrogen. Jadi untuk produksi biogas yang efisien, Rasio C / N di feedstock harus dipertahankan pada 20-30: 1. Kelebihan karbon, seperti dalam kasus hasil panen menghasilkan akumulasi CO₂ dalam biogas, sedangkan bahan baku yang kaya akan nitrogen seperti urin, limbah rumah jagal, dan kotoran babi dan unggas dapat menyebabkan akumulasi amonia di dalam digester. Rasio C / N yang tepat dalam digester dapat dicapai dengan mencerna bahan baku yang kaya akan karbon, seperti hasil sisa panen.

2. Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor yang menentukan keberlangsungan hidup

mikroorganisme anaerobik. Suhu tidak terlalu berpengaruh pada terjadinya proses hidrolisis. Hal ini karena bakteri pada proses hidrolisis tidak terlalu peka terhadap perubahan suhu. Suhu optimal untuk bakteri pembentuk asam yaitu 32-42 °C (mesofilik) dan 48-55 °C (termofilik), sedangkan bakteri metanogenik kebanyakan hidup pada suhu mesofil dan sebagian kecil lainnya hidup pada suhu thermophil. Bakteri metanogenik sangat sensitif terhadap perubahan suhu. Bakteri metanogenik yang hidup pada suhu thermofil lebih sensitif terhadap perubahan suhu jika dibandingkan dengan bakteri metanogenik mesofil. Selain itu, digester dengan suhu rendah ini dapat dijadikan alternatif pembuatan biogas di daerah beriklim tropis (Wiratmana dkk., 2012).

3. Kadar Air dan Pengadukan

Dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme juga tergantung dari kadar air yang terdapat pada bahan tersebut, kadar air adalah bagian penting dalam proses fermentasi. Kadar air yang optimum penting untuk memperoleh hasil yang bermutu tinggi, karena semua mikroorganisme pada proses ini membutuhkan air untuk kelangsungan hidupnya. Air adalah bahan penting bagi protoplasma sel yang berfungsi sebagai pelarut makanan. Kadar air dibawah 20% mengakibatkan proses metabolisme berjalan lambat dan akan menghambat jika kadar air diatas 70%. Air diperlukan selama proses untuk memelihara kelembapan yang tepat bagi aktivitas mikroorganisme. Pada kadar air yang terlalu besar, bahan menjadi lebih rapat dan mengakibatkan pengurangan jumlah udara yang bersirkulasi, sehingga menghambat proses fermentasi. Apabila kadar air tidak mencukupi, suhu menjadi lebih rendah sehingga kondisi tersebut mengakibatkan penambahan waktu penguraian (Herawati & Wibawa, 2010).

Kotoran sapi merupakan limbah peternakan yang dihasilkan dari suatu kegiatan usaha Peternakan yang berupa limbah padat, cair, dan gas. Semakin berkembangnya usaha peternakan, limbah yang dihasilkan juga akan semakin meningkat. Menurut Ramadhani (2010), makanan yang telah tertelan masuk kedalam rumen dan mengalami proses fermentasi oleh

mikroorganisme di dalam rumen. Sisa hasil pencernaan Sapi (kotoran sapi) juga mengandung beberapa jenis bakteri. Salah satu bakteri rumen adalah bakteri yang terkandung di dalam kotoran sapi yaitu Metanogen Kotoran sapi berpotensi dijadikan kompos karena memiliki kandungan kimia sebagai berikut : nitrogen 0,4 – 1%, phosphor 0,2 – 0,5%, kalium 0,1 – 1,5%, kadar air 85 – 92%. (Dewi, 2017).

Tanaman *Hydrilla verticillata*, eceng gondok merupakan jenis tanaman air yang tumbuh liar di sungai yang tumbuh pada permukaan air dapat menghambat masuknya cahaya matahari kedalam badan menyebabkan turunnya kualitas dan kuantitas oksigen, suhu, air serta pada populasi ikan juga tanaman air lainnya. Disamping hal tersebut juga dapat mempengaruhi kegiatan rekreasi seperti mengganggu nelayan pada motor menjadi kusut dan terikat. Selain itu juga sering menghambat pengendalian banjir, menciptakan air tergenang yang menjadi tempat berkembang biak jentik-jentik nyamuk dan lalat (Dorpaime, 2013). Eceng gondok mempunyai Kandungan selulosa dan hemiselulosa dapat digunakan dalam proses biogas. Sumber serat untuk pakan ternak ruminansia dan memiliki selulosa tinggi yang membuat produksi biogas semakin tinggi, dengan rasio C/N adalah 10,8. *Hydrilla verticillata* mengandung 1,74% protein, 0,54% lemak, 1,37 Nitrogen, 14,47% Karbon Organik, 1,82% serat kasar, 1,51% abu, 3,97% karbohidrat dan 90,42% air (Tungka & Rondo, Universitas Sumatera Utara 7 7 1991, dalam Tanor, 2004). Rumpun gajah mempunyai kelebihan antara lain produksi tinggi, kadar protein cukup tinggi, lebih tahan terhadap kekeringan dan disukai hewan ternak. Karena memiliki kandungan selulosa dan lignin maka rumput lebih lama terdekomposisi, sehingga dibutuhkan campuran kotoran ternak mendapatkan hasil yang optimal.(wahyuni,2013). Kandungan nutrient rumput gajah terdiri atas: bahan kering (BK) 19,9%; (BO) Bahan Organik 88,83% ; protein kasar (PK) 10,2%; lemak kasar (LK) 1,6%; serat kasar (SK) 34,2%; abu 11,7%; bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN) 42,3% ; karbohidrat 3,40%; kadar air 89% (Rukmana, 2005).

METODELOGI PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Kotoran sapi sebanyak 4 kg didapatkan dari peternakan sapi.
2. Rumput gajah sebanyak 1 kg didapatkan dari sekitar peternakan.
3. Tanaman air *hydrilla verticillata* dan eceng gondok sebanyak 1 kg didapatkan dari sungai.

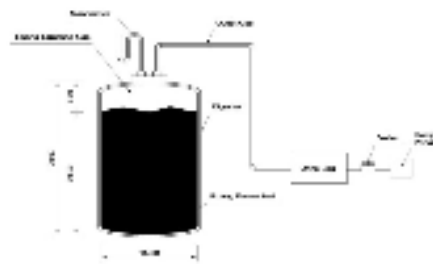
Peralatan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yakni:

1. Galon 6 ltr
2. Urine bag
3. Selang
4. Lem
5. Timbangan
6. Bak pencampur bahan
7. Termometer
8. Selang untuk pipa U
9. Bor
10. Penggaris
11. Cat hitam
12. Corong

Prosedur Kerja

1. Persiapkan bahan dan alat yang akan digunakan.
2. Masukkan bahan-bahan pada bak pencampur dan aduk secara merata.
3. Kemudian masukkan bahan-bahan tersebut kedalam reaktor.
4. Sisakan sekitar 20% ruang kosong dari volume reaktor untuk ruang penampung hasil gas dari proses yang terjadi didalamnya.
5. Tutup reaktor dengan rapat dan kuat.
6. Pengamatan disesuaikan dengan waktu proses yaitu 15,25 dan 30 hari.
7. Gas yang telah terkumpul sesuai dengan waktu proses akan dilakukan pengujian kadar gas metan, uji nyala api, tekanan, suhu/temperatur.
8. Catat semua hasil pengamatan untuk kemudian dilakukan analisa.



Gambar - 1: Sketsa reaktor penelitian

Variabel Perlakuan

1. Rasio Bahan
Perbandingan Limbah Kotoran Sapi , *Hydrilla Verticillata*, Eceng gondok, Rumpuk Gajah adalah 2 : 1 dan 1 : 1
2. Waktu Fermentasi : 15, 25, 30 hari

Variabel Tetap

1. Volume reaktor : 6 liter.
2. Jenis reaktor :Batch dan Anaerobic.
3. Pengukuran kadar : Air dan C/N Rasio.
4. Waktu fermentasi : 15,25, dan 30 hari.
5. Pengukuran kadar hasil : Tekanan, suhu, nyala api, dan CH4

HASIL DAN PEMBAHASAN

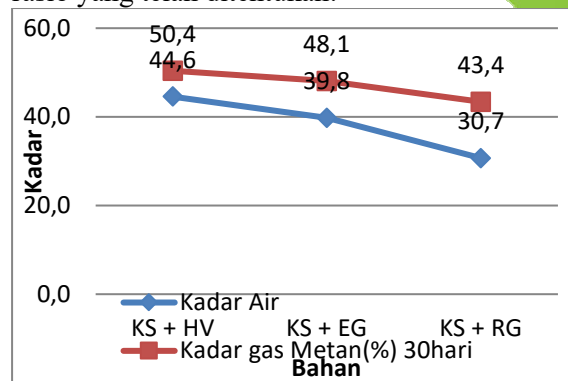
Dari hasil penelitian menunjukkan adanya variasi bahan dalam proses anaerob secara batch akan menghasilkan biogas dengan kadar gas metan yang bervariasi. Selain itu juga ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses didalamnya, yakni kadar air, kadar C/N rasio, tekanan,suhu.

Tabel -2 Hasil Analisa Kadar Air, C/N Rasio, dan Kadar gas metan(%)

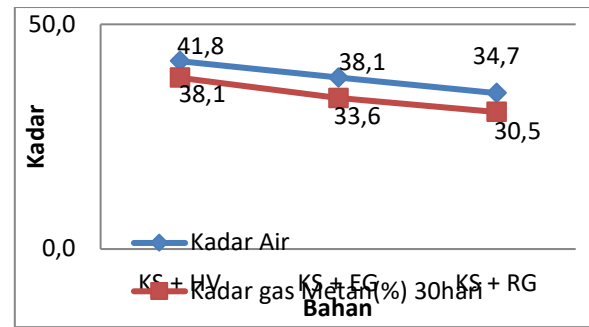
Bahan	Kadar air(%)	Rasio C/N(%)	Kadar gas Metan(%) 30hari
KS + HV	41,3	21,5	50,4
KS + EG	39,8	22,7	48,1
KS + RG	30,7	23,8	43,4
HV + EG	61,8	31,1	38,1
HV + RG	62,1	24,6	33,6
EG + RG	64,7	26,1	30,5

Pengaruh Kadar Air terhadap Kadar Gas Metan

Berikut merupakan hasil analisa kadar air (%) dan kadar gas metan (%) pada bahan dengan rasio yang telah ditentukan:



Gambar -2: Grafik Hubungan Kadar Air dan Kadar Gas Metan

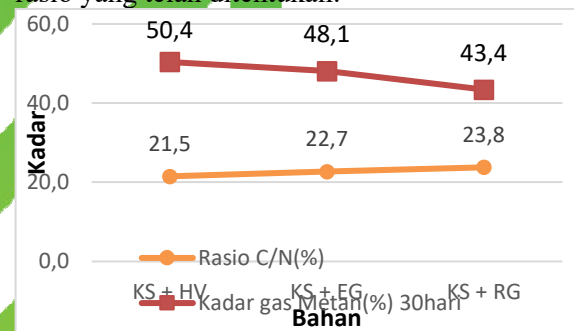


Gambar -3: Grafik Hubungan Kadar Air dan Kadar Gas Metan

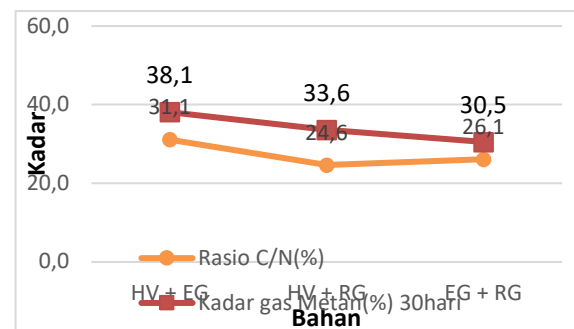
Pada penelitian ini dapat dilihat data pada **Gambar -2** Dari hasil data tersebut kadar air sudah optimal yaitu sekitar 20% - 70%. Hasil kadar gas metan yang cukup tinggi yaitu dari bahan kotoran sapi dengan *hydrilla verticillata* yaitu 50,4% dengan kadar air 44,6%. Pada **Gambar-3** variasi campuran bahan tanaman *hydrilla verticillata* dengan eceng gondok pada perbandingan 1 : 1 merupakan hasil kadar gas metan yang cukup tinggi yaitu 41,8% kadar air dan kadar gas metan sebesar 38,1%.

Pengaruh Kadar Rasio C/N terhadap Kadar Gas Metan

Berikut merupakan hasil analisa Rasio C/N (%) dan kadar gas metan (%) pada bahan dengan rasio yang telah ditentukan:



Gambar -4 : Grafik Hubungan Kadar Rasio C/N dan Kadar Gas Metan

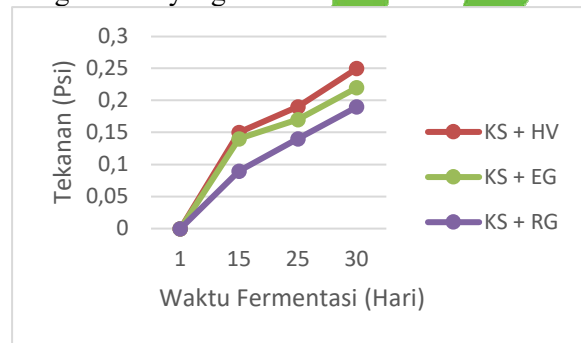


Gambar -5 : Grafik Hubungan Kadar Rasio C/N dan Kadar Gas Metan

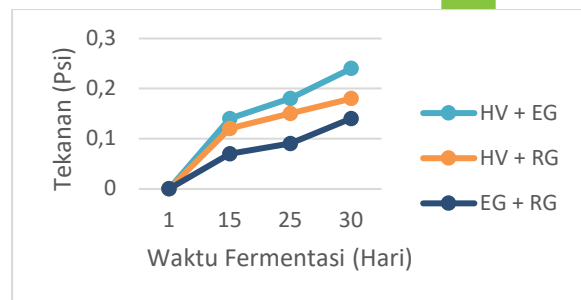
Pada penelitian ini dapat dilihat data pada **Gambar-4** Hasil analisa pengaruh kadar C/N rasio (%) terhadap kadar gas metan (%) pada penelitian ini menunjukkan kadar C/N telah mencapai optimal pada variasi dengan campuran kotoran sapi dengan tanaman yang terbaik yaitu pada campuran bahan *hydrilla verticillata* dengan kotoran sapi dengan perbandingan bahan 2 : 1 didapatkan hasil 21,5% kadar gas metan dan 50,4% kadar gas metan yang dihasilkan. Pada grafik **Gambar-5** Hasil analisa pengaruh kadar C/N rasio (%) terhadap kadar gas metan (%) pada penelitian ini menunjukkan bahan *hydrilla verticillata* dengan eceng gondok dengan variasi bahan 1 : 1 melebihi batas optimum yang telah ditentukan yaitu di dapatkan hasil kadar C/N Rasio sebesar 31,1% dengan kadar gas metan sebesar 38,1%.

Pengaruh Tekanan terhadap waktu fermentasi

Berikut merupakan hasil analisa tekanan terhadap waktu fermentasi pada variasi bahan dengan rasio yang telah ditentukan:



Gambar -6: Grafik Hubungan tekanan dan Terhadap waktu fermentasi



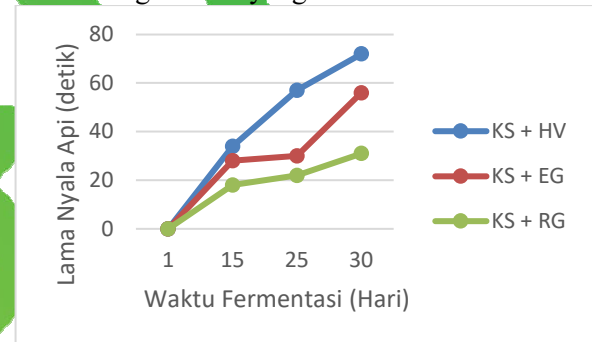
Gambar -7: Grafik Hubungan tekanan dan Terhadap waktu fermentasi

Pada penelitian ini dapat dilihat data pada **Gambar -6**. Sesuai dengan pernyataan (Bangun, Biogas, Portable, Limbah, & Sapi, 2017) bahwa peningkatan tekanan gas pada waktu fermentasi dari hari ke 10 hingga 30 hari meningkatkan produksi gas sebesar 50%. Peningkatan tekanan

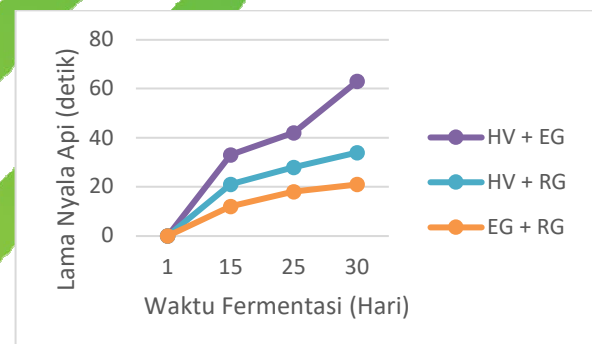
berbeda pada masing-masing perbandingan rasio bahan yang dicampurkan. Tekanan biogas yang semakin besar mengidentifikasi bahwa biogas yang dihasilkan semakin banyak. variasi bahan dengan campuran bahan kotoran sapi dengan campuran tanaman tekanan maksimal tercapai pada hari ke-30 sebesar 0,25 tekanan Psi dengan perbandingan 2 : 1 Kotoran Sapi dengan tanaman *Hydrilla Verticillata*. Dan pada grafik **Gambar-7** variasi bahan campuran tanaman tekanan maksimal tercapai pada campuran *hydrilla verticillata* dengan campuran bahan eceng gondok dengan perbandingan bahan 1 : 1 yaitu sebesar 0,24 tekanan Psi.

Pengaruh Lama Nyala api terhadap waktu fermentasi

Berikut merupakan hasil analisa Lama nyala api terhadap waktu fermentasi pada variasi bahan dengan rasio yang telah ditentukan:



Gambar -8: Grafik Hubungan tekanan dan Terhadap waktu fermentasi



Gambar -9: Grafik Hubungan tekanan dan Terhadap waktu fermentasi

Pada penelitian ini dapat dilihat data pada **Gambar -8**. Pada hari ke 15 kandungan gas metan yang dihasilkan kemungkinan masih 50% dalam hal ini dikarenakan mikroorganisme belum bekerja secara optimal. Pada hari ke 25 dan hari ke 30 gas yang di hasilkan telah optimal. Hal ini bisa terjadi karena didalam tahap fermentasi anaerob terdiri dari proses hidrolisis,

asidogenesis, asetogenesis dan metanogenesis. Pada hari ke 25 dan hari 30 proses perombakan berjalan secara seimbang dan mengalami proses metanogenesis lebih lama sehingga produksi metan lebih terbentuk dan gas dapat menyala. Dapat dilihat dari tabel uji nyala api terbesar yaitu kotoran sapi dengan campuran tanaman *Hydrilla verticillata* yaitu pada hari 15 (30 detik), pada hari 25 (57 detik) dan pada 30 hari (72 detik). pada **Gambar-9** uji nya api terbesar pada variasi bahan 1 : 1 campuran tanaman yaitu pada tanaman *hydrilla verticillata* dengan tanaman eceng gondok yaitu pada hari 15 (33 detik), pada hari 25 (42 detik) dan pada 30 hari (63 detik).

PENUTUP

Kesimpulan

1. Pembuatan biogas dengan memanfaatkan Kotoran sapi saja tidak bisa maksimal karena memiliki nilai C/N rasio yang cukup tinggi yakni (49,2%) yang dapat mengganggu dan menghambat proses pembentukan protein, energi, dan metabolisme mikroba.
2. Efektivitas produksi kadar gas metan tertinggi didapatkan pada campuran variasi bahan Kotoran sapi dan *hydrilla verticillata* dengan perbandingan 2 : 1 sebesar 50,4% pada waktu 30 hari. Dengan kadar air sebesar 44,6% dan Rasio C/N sebesar 21,5%. Dan produksi gas metan tertinggi pada variasi campuran bahan tanaman yaitu tanaman *hydrilla verticillata* dan eceng gondok dengan perbandingan bahan 1 : 1 yaitu 38,1% dengan kadar air 41,8% dan Rasio C/N 31,1%.
3. Pengaruh tekanan gas dan nyala api yang optimal dalam pembuatan biogas ini didapatkan pada variasi campuran bahan Kotoran sapi dan *hydrilla verticillata* pada rasio 2 : 1 menunjukkan hasil tertinggi pada waktu fermentasi 30 hari dengan ketinggian 18 cmH₂O dikonversi kedalam satuan Psi menghasilkan 0,25 tekanan Psi. Dan lama nyala api yang cukup lama sebesar 72 detik dengan menggunakan kompor portable. Dan variasi bahan campuran tanaman tekanan maksimal tercapai pada campuran *hydrilla verticillata* dengan campuran bahan eceng gondok dengan perbandingan bahan 1 : 1 yaitu sebesar 0,24 tekanan Psi dan lama nyala api sebesar 63 detik.

Saran

1. Selalu melakukan pengamatan setiap hari dengan teliti untuk mengontrol perubahan setiap parameter.
2. Diperlukan pengembangan penelitian lanjutan terhadap slurry dari bahan yang telah difermentasi untuk dijadikan pupuk atau briket.
3. Diperlukan lebih dari satu reaktor apabila digunakan untuk sehari-hari karena sistem batch memakan waktu yang cukup lama.

DAFTAR PUSTAKA

Jurnal

- Afifudin Muchamad Ardian dan M. Mirwan. (2019). Pemanfaatan Sampah Organik Dengan Kombinasi Ampas Tempe & *Hydrilla Verticillata* Sebagai Bahan Pembuatan Biogas, Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Pembangunan Veteran Jawa Timur.
- Aji Kendali Wongso. (2015). Pengaruh Penambahan EM4 (Effective Microorganism-4) pada Pembuatan Biogas dari Eceng Gondok dan Rumen Sapi. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Negri Semarang.
- Haryanto Agus dkk. (2019). Pengaruh Komposisi Subtrat dari Campuran Kotoran Sapi dan Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*) terhadap Produktivitas Biogas pada Digester Semi Kontinu. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
- Marsudi, M. (2012). Produksi Biogas dari Limbah Rumah Tangga sebagai Upaya Mengatasi Krisis Energi dan Pencemaran Lingkungan. Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 1(2).
- Natalia, M. dan Panca N. 2013. Pengolahan Sampah Organik (Sayur-sayuran) Pasar Tugu Menjadi Biogas dengan Menggunakan Starter Kotoran Sapi dan Pengaruh Penambahan Urea secara Anaerobic pada Reaktor Batch. Skripsi. Fakultas Teknik Unila. Bandar Lampung.
- Priyadi,F., dan Subiyanta E. Studi Potensi Biogas dari Kotoran Ternak Sapi sebagai Energi Alternatif untuk Penerangan. Cirebon: Teknik Elektro,Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 (UNTAG '45).

Wahyuni, S., & Saleh, A. (2011). Analisis Kelayakan Pengembangan Biogas sebagai Energi Alternatif berbasis Individu dan Kelompok Peternak. MANAJEMEN IKM: Jurnal Manajemen Pengembangan Industri Kecil Menengah, 4(2), 217-224.

