

PENERAPAN DAN PENGUJIAN MODEL TEKNOLOGI ANAEROB DIGESTER UNTUK PENGOLAHAN SAMPAH BUAH-BUAHAN DARI PASAR TRADISIONAL

Athanasius P Bayuseno

Program Magister Teknik Mesin, Program Pascasarjana, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto SH, Kampus Tembalang, Semarang 50255

E-mail: apbayuseno@gmail.com; Telp: 024-7460059

Abstrak

Dengan adanya isu lingkungan tentang efek rumah kaca akibat sistem pembuangan sampah yang buruk, maka perlu adanya usaha-usaha dan perhatian dicurahkan oleh pemerintah maupun masyarakat dalam mengembangkan sistem manajemen sampah terpadu, dimana konsep anaerobic digestion sampah rumah tangga terkontrol diharapkan merupakan salah satu solusi dalam menurunkan emisi gas rumah kaca dan memberikan metode terbaik dalam pembuangan sampah organik. Namun demikian penerapan teknologi anaerobic digester di Indonesia untuk penanganan sampah organik rumah tangga masih sangat terbatas. Dengan demikian pendayagunaan teknologi *anaerobic digester* dalam manajemen sampah di masyarakat baik perkotaan dan pedesaan merupakan inti keutamaan dalam penelitian ini. Keutamaan penerapan teknologi ini karena: (i) pertama sebagai cara yang lebih efektif dan ramah lingkungan dalam pengolahan sampah organik dibandingkan dengan pembuangan sampah secara langsung ke TPA atau landfill; (ii) kedua berkaitan dengan potensi teknologi untuk memproduksi energi terbarukan (*renewable*) dan pupuk organik (fertiliser). Kegiatan penelitian dilakukan dengan diawali rancang bangun bioreaktor berbahan plastik dengan kapasitas 225 l. Selanjutnya sampah buah mangga yang dikumpulkan dari pasar Johar Semarang dipilih sebagai benda uji. Sampah buah mangga yang dikumpulkan kemudian *diblender* untuk pembuatan slurry dengan sedikit mencampur air. Kemudian dilakukan pengukuran pH (derajat keasaman) terhadap bubur dan sebagian bubur diambil sample untuk memperoleh rasio C/N. Karena rasio C/N dapat mengetahui kandungan C dan N yang berfungsi pada proses anaerob. Selama proses pencernaan (*digestion*) berlangsung, temperatur dalam tabung reaktor dijaga pada temperatur 40° C. Pada termokontrol ini disetting dengan suhu 40° C ±1, dimana pada suhu 39° C, heater akan hidup. Sedangkan pengaduk akan dihidupkan sehari 3 jam selama 15 hari. Hasil penelitian yang diperoleh bahwa produksi gas metana pada 15 hari 707 ppm vol, pada 30 hari 496.8 ppm vol, pada 45 hari 643.4 ppm vol, pada 60 hari 459.5 ppm vol, pada 75 hari 66 ppm vol. Sementara nilai kuantitas metan pada pengujian ini adalah 0.95 kg per kg sampah, sedang potensi energi kalor per 1 kg metan adalah 50312.5 kJ dan potensi energi per kg sampah adalah 47796.8 kJ, bila dikonversikan dalam kWh adalah 13.28 kWh. Berdasarkan hasil perhitungan *pengaruh Sd terhadap C_o, C_{oe}, dan nilai energi kalor*, diketahui bahwa sampah organik buah mangga memiliki tingkat kuantitas metan serta potensi energi kalor yang cukup baik yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif untuk kebutuhan energi bila diterapkan dalam skala yang lebih optimal

Kata kunci: Anerobic digester, Sampah buah-buahan, Gas metana

1. PENDAHULUAN

Kenaikan harga minyak dunia yang sangat tajam dan ketersediaan cadangan bahan bakar minyak yang semakin menurun, telah mendorong pemerintah untuk mengajak masyarakat untuk mengatasi masalah energi secara bersama-sama. Masalah ini memang sulit sebagaimana yang diungkapkan oleh Presiden Susilo Bambang Yudhoyono dalam pertemuan dengan para Gubernur di Pontianak, Kalimantan Barat, tanggal 22 Juni 2005. Pada kesempatan itu beliau mengajak masyarakat untuk melakukan penghematan energi secara menyeluruh di Indonesia. Krisis energi yang akan terjadi sangat dirasakan oleh semua lapisan masyarakat dan tentu saja mempengaruhi segala aspek perkonomian. Program penghematan energi sebenarnya telah dilakukan sejak pasokan bahan bakar minyak bumi yang berasal dari sumber energi fosil semakin menipis, sedangkan permintaan mengalami

kenaikan secara terus menerus. Kondisi ini berdampak pada harga yang semakin tinggi dan sulit dijangkau oleh sebagian besar masyarakat Indonesia. Salah satu jalan untuk menghemat bahan bakar minyak (BBM) adalah dengan mencari sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui (*renewable*). Sebenarnya sumber energi alternatif di Indonesia cukup tersedia, seperti energi matahari, energi angin dan air. Selama ini energi yang paling banyak dimanfaatkan adalah tenaga air, namun demikian pengembangan sumber energi elternatif lain masih terbuka.

Energi alternatif yang dapat dikembangkan dengan teknologi tepat guna dan relatif sederhana adalah biogas [1]. Energi biogas ini sangat tepat dikembangkan di Indonesia, mengingat rata rata penduduk Indonesia berprofesi sebagai peternak maupun petani. Selain itu energi biogas dapat dihasilkan dengan memanfaatkan limbah sayur-sayuran maupun buah yang busuk yang berasal dari

pasar atau pertanian. Tumpukan limbah buah-buahan ini jarang dimanfaatkan oleh masyarakat, karena sudah tidak layak dikonsumsi untuk makanan ternak. Biasanya sampah buah-buahan hanya dibiarkan saja, sehingga menimbulkan bau yang dapat mengganggu kebersihan lingkungan dan kesehatan. Selain itu sudah sejak lama sampah buah-buahan menjadi masalah yang serius, seperti menimbulkan bau yang mengganggu pernafasan dan berpengaruh pada kesehatan. Oleh sebab itu sampah padat ini merupakan sumber energi alternatif yang potensial untuk menghasilkan biogas berbasis teknologi tepat guna. Selain itu teknologi ini juga mempunyai banyak keuntungan, yaitu (i) menghasilkan gas yang dapat digunakan untuk kebutuhan sehari hari, (ii) bubur sampah buah-buahan (*slurry*) yang telah digunakan untuk menghasilkan gas dapat digunakan sebagai pupuk organik yang sangat baik, karena *slurry* merupakan pupuk organik yang sangat kaya akan unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tanaman. Bahkan, unsur-unsur tertentu seperti protein, selulose, lignin, dan lain-lain tidak bisa digantikan oleh pupuk kimia. Pupuk organik dari bio-gas telah berhasil diuji cobakan pada tanaman jagung, bawang merah dan padi.

Keberadaan sampah buah-buahan yang melimpah memiliki potensi yang besar sebagai sumber biogas dan pupuk organik. Biogas merupakan salah satu sumber energi alternative yang berkembang pesat dalam dasawarsa terakhir ini. Teknologi biogas ini ditujukan untuk memperoleh gas methane dari sampah buah-buahan dengan proses fermentasi secara *anaerob* (tanpa udara). Gas methane hampir sama dengan dengan gas LPG, dimana perbedaannya hanya pada unsur C [2-5]. Untuk gas methane hanya mempunyai satu atom C sedang gas LPG mempunyai banyak atom C. Mengacu pada kondisi diatas, maka pengembangan teknologi anaerob digester ini sangat dibutuhkan. Selain itu gas methane juga mempunyai sifat, yaitu i) tidak menimbulkan asap dan (ii) mempunyai karakteristik pembakaran baik (nyala api stabil dan efisiensi tinggi) [5-7]. Melihat pentingnya penerapan teknologi anaerob digester pada pengolahan sampah pasar tradisional maka tulisan ini disajikan dengan tujuan untuk (i) memperkenalkan rancang bangun alat reaktor biogas dengan kapasitas 225 l, (ii) memanfaatkan sampah organik untuk diolah menjadi sumber energi alternatif metan biogas pengganti bahan bakar minyak bumi, dan (iii) mengetahui kuantitas kandungan gas metan yang terdapat pada sampah buah mangga yang dipengaruhi oleh lama penahanan didalam teknologi anaerob digester. Sasaran penelitian ini untuk memperkenalkan teknologi tepat guna yang mudah diterima oleh masyarakat luas yang memiliki pendidikan rata-rata menengah kebawah.

2. METODOLOGI

2.1 Sampah yang diuji dan penyiapan bahan penelitian

Bahan baku uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampah buah-buahan dari pasar Johar Semarang. Hal ini dimaksudkan karena sampah buah-buahan tersebut banyak kita jumpai dan mudah diperoleh di pasar. Selain itu sampah buah ini jarang dimanfaatkan oleh masyarakat. Berikut adalah persiapan bahan baku, yaitu meliputi :

Bahan baku berupa sampah buah mangga tersebut dihaluskan atau diblender dengan menggunakan mesin blender sampai menjadi seperti bubur (*slurry*). Menimbang berat masing-masing bahan uji (kadar basah) sampah mangga, sebelum kemudian dikeringkan dan akhirnya ditimbang kembali (kadar kering) untuk mengetahui tingkat keluruhan (*losses*) kandungan air pada bahan uji. Cara menghitung nilai kandungan air bahan (K_{ab}) serta *weight losses* pada masing-masing sampah tersebut menggunakan persamaan:

K_{ab} = berat basah bahan – berat kering bahan (kg).

$$W_{losses} = \left(\frac{K_{ab}}{BBB} \right) \times 100\%$$

Dimana :

K_{ab} = nilai kandungan air bahan (kg)

W_{losses} = nilai kehilangan berat (%)

BBB = berat basah bahan (kg)

Diketahui berat basah (BBB) sampah adalah 11,31 kg. Kemudian sampah tersebut dikeringkan dipanas matahari (natural) dan setelah diperkirakan cukup kering (\pm 15 hari) kemudian ditimbang kembali. Data berat kering (BKB) yang diperoleh adalah : 3.77 kg

Dari data tersebut maka dapat kita tentukan nilai kandungan air serta kehilangan berat dari masing-masing sampah dengan menggunakan persamaan diatas.

▪ Mangga

$$K_{ab} = 11.31 - 3.77 = 7.54 \text{ kg}$$

$$W_{losses} = \left(\frac{7.54}{11.31} \right) \times 100\% = 66.67 \%$$

Data-data tersebut agar mudah diamati, kemudian ditampilkan pada tabel 2.1 dibawah ini :

Tabel 2.1. Hasil perhitungan nilai kandungan air sampah uji

Jenis Sampah	BBB (kg)	BKB (kg)	K_{ab} (kg)	W_{losses} (%)
Mangga	11.31	3.77	7.54	66.67

Setelah semua hal tersebut diatas dilakukan, maka sebagian bubur diambil dan dijadikan sebagai sample untuk mengetahui kadar C/N rasio. Pada tahap ini kami bekerjasama dengan Balai Penelitian dan Perindustrian kota Semarang, Jawa Tengah.

Tahap selanjutnya mencampurkan bahan baku sampai rata dengan air, dan di timbang dengan prosentase 80 % air dan 20 % sampah organik. Kemudian dilakukan pengukuran pH (derajat keasaman) terhadap bubur dan sebagian bubur diambil sample untuk memperoleh rasio C/N. Karena rasio C/N dapat mengetahui kandungan C dan N yang berfungsi pada proses *anaerob*. Sampah buah ini dibuat encer supaya proses pembusukan terjadi lebih cepat serta memudahkan dalam proses mixing dengan menggunakan motor DC (Tabel 2.2).

Tabel 2.2 Perbandingan Sampah uji dan Air bersih

Jenis sampah	Berat sampah uji (kg)	Berat Air bersih (kg)
Buah mangga	3.77	191.22

2.2 Teknologi anaerobik digester

Sistem anaerobik digester yang digunakan dalam penelitian ini terdiri sebagai berikut :

A. Tabung Penampung (Reaktor)

Tabung reaktor merupakan tempat terjadinya proses pencernaan bahan baku secara anaerob. Dimana dalam pembuatan skala laboratorium menggunakan beberapa kriteria, yaitu :

- Bagian atas datar dan ditutup dengan menggunakan pencekam yang dikunci dengan baut.
- Kapasitasnya sesuai dengan kapasitas bahan baku dengan prosentase 20% volume gas dan 80% volume bahan baku.
- Tidak bersifat korosif dan dapat menyimpan kalor, sehingga menggunakan drum plastik.
- Bagian luar diisolasi untuk menghindari perpindahan kalor dari dalam tabung ke luar lingkungan.



Gambar 2.1 Tabung reaktor

B. Masukan dan keluaran *slurry*

Inlet adalah tempat untuk memasukan bahan baku. Konstruksi inlet pada alat ini adalah sangat sederhana yaitu langsung melalui mulut drum plastik, tutup dibuka lalu kita masukkan bubur ke dalam reaktor. Outlet berfungsi untuk mengeluarkan bahan baku yang sudah tidak terpakai lagi. Outlet ini terletak di bawah tabung reaktor.

C. Pengaduk

Sedangkan sistem agitation (pengaduk) terdiri dari motor DC, As stainless, dan plat pengaduk. Pengadukan ini bertujuan untuk mengaduk bubur yang ada dalam tabung reaktor sehingga terjadi homogenitas pada bubur dan terjadi sirkulasi gas dalam tabung reaktor.

Pengaduk ini terdiri dari :

- Motor listrik

Motor listrik berfungsi sebagai penggerak As dan plat pengaduk stainless yang terdapat pada tabung penampung (Reaktor). As dan plat pengaduk stainless berfungsi sebagai alat untuk mensirkulasikan gas yang dihasilkan dan juga sebagai pencampur bubur dalam tabung reaktor agar kondisi homogen dapat tercapai.



Gambar 2.2 Alat pengaduk stainless

D. Sistem Pemanas

Sistem pemanas sendiri terdiri dari beberapa komponen diantaranya perpipaan, heater. Sistem pemanas ini memanfaatkan perpindahan kalor dari air panas melalui koil pemanas yang ada dalam tabung reaktor. Material yang digunakan dalam sistem perpipaan air panas harus mempunyai daya konduksi yang tinggi dan tidak bersifat korosif. Tujuan dari pemanasan ini yaitu menjaga temperatur dalam tabung reaktor sehingga dapat mengoptimalkan kerja dari bakteri. Heater berfungsi untuk memanaskan air yang terdapat pada bak penampung .

E. Termokontrol

Termokontrol alat kontrol temperatur dalam proses anaerobik digester dengan menggunakan sumber daya listrik DC 20 A, selain itu dilengkapi dengan termokopel untuk pengukur suhu didalam digester. Termokopel berfungsi sebagai sensor suhu yang dipasang dalam tabung reaktor untuk mengetahui suhu bubur dalam tabung reaktor. Termokopel inilah yang akan mengatur sistem kontrol. Pada anaerobik digester. Pompa dan heater akan bekerja pada temperatur yang telah disetting.

F. Penutup atas tabung reaktor dan mur baut

Fungsi penutup tabung reaktor adalah untuk:

- Dapat menutupi tabung reaktor secara sempurna
- Dapat meminimalisir kebocoran
- Mudah dalam pemasangan dan pembongkaran

Selanjutnya mur-baut berfungsi sebagai pengencang dan penyambung antara beberapa komponen yang akan diassembling sehingga dapat dibongkar pasang dengan mudah.

G. pH meter

Sebelum masuk dan keluar, pH dari *slurry* sebaiknya diukur menggunakan pH meter. Ini dimaksudkan karena proses pembentukan methana dipengaruhi oleh harga pH.

H. Gas Analyzer

Alat yang digunakan untuk menganalisa kandungan gas dari proses anaerobik digester pada digester sistem (Gambar 2.3).



Gambar 2.3 Gas Analyzer

2.3 Set-Up alat uji anaerobik digester dan setting temperatur

Selama proses pencernaan berlangsung, temperatur dalam tabung reaktor dijaga pada temperatur 40 °C. Pada termokontrol ini disetting dengan suhu 40° C ±1, dimana pada suhu 39° C, heater akan hidup. Sedangkan pengaduk akan kita hidupkan sehari 3 jam selama 15 hari.

Termokontrol ini dihubungkan dengan heater. Sedangkan motor DC hanya digunakan sebagai pengaduk sehingga tidak disetting secara otomatis, karena pengadukan hanya dilakukan sejam dalam sehari. Dan pengadukan ini berfungsi untuk mengaduk bubur yang ada dalam tabung reaktor sehingga terjadi homogenitas pada bubur dan terjadi sirkulasi gas dalam tabung reaktor. Sistem pengaduk ini bekerja dengan cara mensirkulasikan kembali gas yang dihasilkan untuk mengaduk bubur.

Setelah setting temperatur selesai, dilanjutkan dengan set up alat anaerobik digester. Set up alat anaerobik digester ini meliputi :

- Mengecek kondisi tabung reaktor jika terdapat kebocoran.
- Mengisi bak penampung air dengan air.
- Mengecek kondisi pengaduk apakah putaran pengaduknya bisa memuat air yang berada dalam tabung berputar naik ke atas.
- Memastikan semua katup atau *valve* dalam keadaan tertutup.
- Memeriksa kondisi *heater* jika berfungsi dengan baik.
- Memeriksa kabel termokopel yang akan dihubungkan pada box termokontrol.
- Setelah semua komponen sudah siap maka langkah selanjutnya adalah memasukkan bahan baku yang berupa bubur (*slurry*) ke dalam tabung reaktor.

Setelah *slurry* (bubur sampah) dimasukkan dapat dilanjutkan dengan memeriksa dan mempersiapkan pengoperasian alat, yaitu:

- Menutup semua katup atau valve yang ada.
- Menghubungkan pengaduk ke dalam arus DC.
- Menghubungkan kabel heater ke dalam termokontrol
- Menghubungkan termokopel ke dalam termokontrol
- Menghidupkan saklar power termokontrol pada box termokontrol
- Menyetting temperatur termokopel ke dalam termokontrol

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sistem teknologi digester

Pada pengujian ini kami menggunakan digester *batch type*. Alasan penggunaan digester ini karena digester tipe ini memiliki beberapa keuntungan diantaranya: konstruksinya yang sederhana, material yang digunakan mudah diperoleh, instalasi yang tidak rumit serta biaya perawatan yang murah. Pengujian *anaerobic digestion* berbahan sampah organik ini adalah pengujian yang bergantung pada kontrol temperatur dan masa penyimpanan (*retention time*). Pengujian *anaerobic digestion* ini menggunakan sistem biodigester sebagai tempat berlangsung proses fermentasi. Pada pengujian ini, beberapa hal yang diperhatikan adalah :

1. Bekerja pada temperatur 40 °C

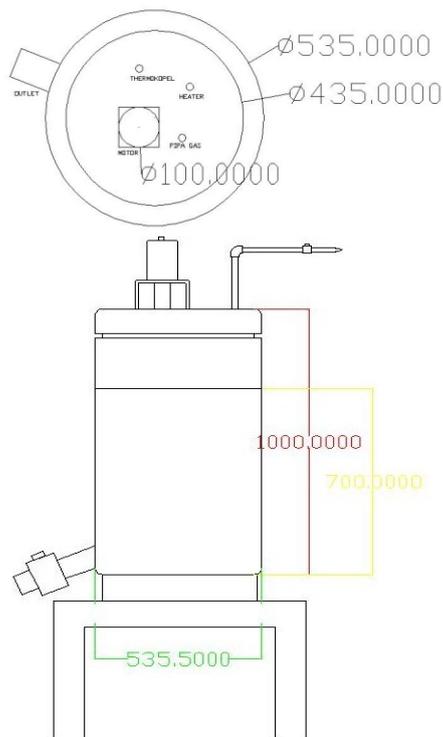
2. *Retention time* selama 15 hari
3. Nilai perbandingan substrat adalah 80 % air dan 20% sampah padat

Sistem biodigester yang digunakan pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui proses kerja dari anaerobic digestion dan untuk mengetahui kuantitas produksi biogas dari bahan uji sampah organik. Digester sistem ini dilapisi dengan gips, bertujuan untuk menyeragamkan temperatur yang diterima dari temperatur kontrol ke seluruh bagian digester sehingga proses biodegradasi dapat berlangsung dengan memanfaatkan energi panas yang diserap.

Tabung Digester

Tabung digester memiliki data-data sebagai berikut :

- Tabung reaktor diasumsikan sebagai tabung
- Tinggi tabung (h)= 100 cm
- Berat wadah= 4.584 kg
- Keliling lingkaran = $2\pi r = 2(3.14) r$
168 cm = 6,28 r
 $r = \frac{168}{6.28} = 26.75 \text{ cm}$
- Jari – jari (r) = 26.75 cm
- Diameter tabung (d) = 53.5 cm



Gambar 3.1 Penampang digester

3.2 Kapasitas Digester

Berdasarkan data kerja diatas, kita dapat menghitung kemampuan kerja digester. Bagian yang menjadi fokus adalah :

a. Volume digester reaktor

Dalam menentukan volume silinder digester kita dapat menggunakan persamaan $V = \pi \cdot r^2 \cdot h$ dengan merujuk pada data wadah digester diatas, maka volume silinder digester adalah :

$$\begin{aligned} V_{\text{tabung}} &= \pi r^2 h \\ &= 3.14 (26.75)^2 (100) \\ &= 224686.63 \text{ cm}^3 \\ &= 224.687 \text{ dm}^3 = 224.687 \text{ liter} \end{aligned}$$

a. Volume Bubur

Dan untuk mengetahui nilai volume bubur di dalam digester adalah dengan menjumlahkan volume bahan uji ditambahkan dengan volume air, sebagaimana tertulis dalam persamaan berikut ini :

$$\begin{aligned} V_{\text{bubur}} &= V_{\text{bahan}} + V_{\text{air}} \\ V_{\text{bubur}} &= 3.77 \text{ kg} + 16.23 \text{ kg} = 20 \text{ kg} \\ V_{\text{bubur}} &= 20 \text{ kg} = 18.8 \text{ L (Nilai 1 kg} = 0.94 \text{ L)} \end{aligned}$$

b. Substrat input

Untuk *substrat input*-nya dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut, yaitu $Sd = \text{biomass} + \text{air}$. Kemudian dengan berdasarkan data pra pengujian dari masing-masing bahan uji dapat kita ketahui nilai substrat inputnya:

$$Sd = 18.8 \text{ L} + 70.2 \text{ L} = 89 \text{ L}$$

c. Volume digester

Untuk volume digester dapat diketahui dengan mengalikan antara nilai substrat input dengan lama proses berlangsung, sebagaimana persamaan berikut ini :

$$Vd = Sd \times 15 \text{ hari (karena RT yang digunakan pada pengujian ini 15 hari) sehingga volume digester yang diperoleh adalah :$$

$$Vd = 89 \times 15 \text{ hari} = 1.34 \text{ m}^3 \text{ (dikonversikan dalam m}^3\text{)}$$

Namun dari volume ini harus disisakan tempat untuk ruang gas yang akan dihasilkan dari proses anaerob sebanyak 20 % dari total volume digester. Dapat kita hitung dengan menggunakan persamaan :

$$Vt = (Lp \times Vd) + 80\% Vt$$

$$Vt - 80\% Vt = (Lp \times Vd)$$

$$Vt = (Lp \times Vd) / 80\%$$

$$Vt = \left(\frac{15 \times 1.34 \text{ m}^3}{80\%} \right)$$

$$Vt = 25.12 \text{ m}^3$$

Jadi, selama 15 hari gas yang dapat ditampung adalah 25.12 m³.

3.3 Pengujian sampah buah mangga

Pada pengujian sampah buah mangga dengan masa penyimpanan 15 hari untuk periode 1 dan 2, hasil serta data yang diperoleh ditampilkan pada tabel 3.1 dan 3.2 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Pengujian periode 1

Uji	Produksi Biogas			
	CO (%)	CO ₂ (%)	CH (ppmvol)	O ₂ (%)
1	0.002	20	944	10.21
2	0.045	20	796	12.64
3	0	20	754	13.19
4	0	20	628	12.59
5	0	20	413	16.20
6	0.047	100	3535	64.83
Mean	0.0094	20	707	12.96

Tabel 3.2 Pengujian periode 2

Uji	Produksi Biogas			
	CO (%)	CO ₂ (%)	CH (ppmvol)	O ₂ (%)
1	0	20	599	11.06
2	0	20	653	12.89
3	0	20	531	12.43
4	0.005	19.59	378	15.07
5	0.007	16.80	323	15.91
6	0.012	96.39	2484	67.36
Mean	0.0024	19.278	496.8	13.47

Langkah selanjutnya adalah melakukan penahanan kembali selama 15 hari dan dilakukan pengadukan secara kontinyu 1 jam setiap harinya. Setelah penahanan (retention time) selama 15 hari kemudian dilakukan pengujian menggunakan gas analyzer. Hasil pengujian disajikan dalam tabel 3.3.

Tabel 3.3 Pengujian periode 3

Uji	Produksi Biogas			
	CO (%)	CO ₂ (%)	CH (ppmvol)	O ₂ (%)
1	0	20	946	12.95
2	0	16.83	842	15.79
3	0	18.24	495	15.34
4	0	16.19	520	16.08
5	0	12.12	414	17.42
6	0	83.38	3217	77.58
Mean	0.00	16.676	643.4	15.516

Dari tabel 3.1-3.3 di atas dapat kita lihat bahwa pada pengujian balon yang pertama kandungan gas CH nya

relatif rendah dan kandungan gas O₂ nya masih tinggi. Hal ini adalah pengaruh pada saat proses pengetesan tutup digester yaitu dengan memberikan tekanan dengan menggunakan kompresor. Sehingga pada proses pengujian balon pertama yang keluar adalah O₂, kemudian untuk balon yang ke-2 dapat kita lihat bahwa kandungan CH nya adalah 919 ppm % vol. Sedangkan kandungan O₂ nya masih cukup tinggi. Hal ini dikarenakan bubur/slurry sudah rusak akibat tercampurnya dengan aspal pada proses penambalan tutup digester. Sehingga bakteri yang ada pada reaktor banyak yang mati dan proses penguraian bakteri terhadap O₂ lambat.

Tahap pengujian selanjutnya yaitu pengujian periode 4 pada tahap pengujian ini kami tahan kembali sampah buah selama 15 hari dengan pengadukan secara kontinyu sehari selama 1 jam. Sama dengan proses pengujian periode 4 kami menggunakan balon sebagai sarana pengujian (Tabel 3.4).

Tabel 3.4 Pengujian periode 4

balon	Produksi Biogas			
	CO (%)	CO ₂ (%)	CH (ppmvol)	O ₂ (%)
1	0.003	18.56	71	12.79
2	0.003	17.04	61	13.49
	0.006	35.60	132	26.28
Mean	0.003	17.8	66	13.14

Menghitung Potensi Energi Biogas dari Sampah Organik Uji

Dalam suatu produksi biogas, karbon (C) adalah komponen yang paling tinggi dihasilkan. Ketika sampah terurai, karbon (C) menjadi materi sel pada mikroba (asimilasi karbon) dan akhirnya menjadi metan (CH₄) dan karbondioksida (CO₂) atau disimilasi karbon. Pada kebanyakan proses anaerob, karbon menjadi metan.

Dengan mengetahui substrat input pengujian untuk sampah uji adalah (94.68 kg), maka dapat dihitung berat karbon dari sampah tersebut. Dari daftar C/N rasio karbon organik uji diketahui bahwa nilai karbon (C) sampah buah adalah :

- Mangga = 0.90% , maka berat karbon sampah buah mangga adalah = $94.68 \text{ kg} \times \frac{0.90}{100} = 0.85 \text{ kg}$

Kemudian untuk menghitung tingkat mampu karbon dalam membentuk biogas dapat menggunakan persamaan berikut :

$$\frac{C_{oe}}{C_o} = 0.014 T + 0.28$$

Dimana : C_{oe} = nilai mampu karbon penghasil biogas (kg); C_o = nilai total karbon (kg) dan T = temperatur ($^{\circ}C$) [8, 9].

Pada temperatur 40 derajat celcius, maka nilai C_{oe} adalah :

$$C_o = 0.85 \text{ kg}$$

$$\frac{C_{oe}}{C_o} = 0.014(40) + 0.28 = 0.84$$

Kita mengetahui nilai $C_o = 0.85 \text{ kg}$, sehingga :

$$C_{oe} = 0.84 \times 0.85 = 0.714 \text{ kg}$$

sehingga diperoleh total karbon pembentuk biogas per kg sampah yaitu,

$$= 0.714 \text{ kg karbon.}$$

Menghitung kuantitas dan energi potensial gas metan

Untuk perhitungan, asumsikan bahwa semua karbon tersebut dikonversi menjadi metan dan diketahui bahwa ikatan senyawa metan adalah CH_4 , dimana berat molekul metan adalah 16 yang terdiri dari $C = 12$ dan $H = 4$, maka kuantitas metannya adalah :

Kuantitas metan = $(16/12) \times 0.714 \text{ kg} = 0.95 \text{ kg / kg}$ sampah

Menghitung energi yang dapat dihasilkan dan nilai energi kalor

Potensi energi kalor per m^3 metan sekitar 33810 kJ/m^3 dan ini berarti bahwa energi kalor per 1 kg metan adalah 50312.5 kJ/kg , menggunakan faktor konversi 0.672 kg/m^3 :

1 kg metan = $(33810 \text{ kJ/m}^3) / (0.672 \text{ kg/m}^3) = 50312.5 \text{ kJ/kg}$

Potensi energi kalor metan per kg sampah padat adalah :

$$= 0.95 \text{ kg} \times 50312.5 \text{ kJ/kg}$$

$$= 47796.8 \text{ kJ}$$

Hasil diatas bila dikonversikan ke dalam kWh harus dibagi dengan 3600 karena 1 kWh sebanding dengan 3600 kJ, sehingga menjadi : $= 47796.8 \text{ kJ} / 3600 = 13.28 \text{ kWh}$

Pembahasan

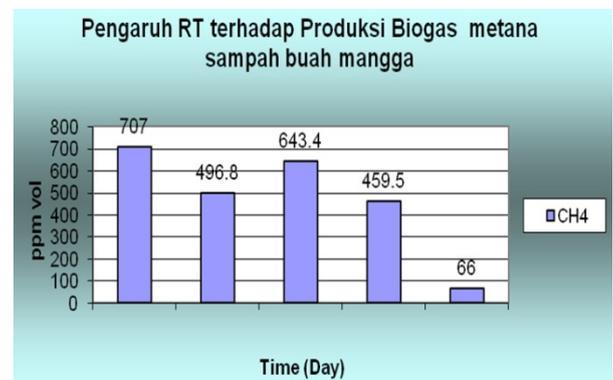
Pada proses *anaerobic digestion*, rasio C/N merupakan faktor yang dapat mempengaruhi tingkat hasil produksi biogas metana materi organik. Dari analisa hasil pengujian diketahui bahwa faktor C/N rasio pada proses *anaerobic digestion* materi organik ini sangat berpengaruh, karena tinggi rendahnya kadar C serta N yang terkandung dalam materi tersebut memiliki dampak profitabilitas terhadap produksi biogas metana.

Tabel 3.5 Daftar C/N rasio sampah organik uji

Jenis Sampah	C (%)	N (%)	C/N (%)
Mangga	0.90	0.05	18

C/N rasio yang berkisar antara 20 – 30 merupakan kadar optimum dalam proses kerja pencernaan anaerob. Bakteri penghasil metan menggunakan karbon 30 kali lebih cepat dari pada nitrogen. C/N rasio dengan nilai 30 ($C/N = 30/1$ atau karbon 30 kali dari jumlah nitrogen) akan menciptakan proses pencernaan pada tingkat yang optimum. Bila terlalu banyak karbon, nitrogen akan habis terlebih dahulu dan hal ini menyebabkan proses berjalan lambat dan mengakibatkan produksi gas rendah. Namun bila nitrogen yang terlalu banyak, maka karbon akan habis terlebih dulu sehingga proses fermentasi akan berhenti dan mengakibatkan nilai pH meningkat [1].

Berdasarkan teori diatas bahwa materi organik yang memiliki C/N rasio yang berkisar antara 20 – 30 merupakan kadar optimum dalam proses kerja pencernaan anaerob. Kadar karbon yang dimiliki sampah buah mangga 0.90% sedangkan nilai Nitrogen 0.05%. Hal tersebut dapat mempengaruhi proses pembentukan biogas yang berjalan lambat serta kuantitas produksi biogas metana rendah. Hal tersebut terlihat pada gambar grafik *pengaruh C/N rasio terhadap produksi biogas metana* dibawah ini (Gambar 3.2).



Gambar 3.2 Grafik Pengaruh RT terhadap Produksi Biogas Metana Sampah Uji

Berdasarkan teori diatas bahwa materi organik yang memiliki kadar karbon yang tinggi dapat mempengaruhi proses pembentukan metana serta kuantitas produksi biogas. Hal tersebut terlihat pada gambar grafik *pengaruh RT terhadap produksi biogas metana* diatas. Berdasarkan grafik kita dapat mengambil kesimpulan bahwa produksi biogas metana dengan C/N rasio 18 kuantitas produksi biogasnya kurang. Tingkat produksi biogas metana jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan tingkat produksi gas-

gas lainnya, seperti O₂ dan CO₂. Berdasar data yang diperoleh diketahui bahwa produksi gas O₂ yang masih sangat dominan disini.

Dari pengamatan diketahui bahwa terdapat kelemahan pada instalasi digester uji yang digunakan. Dalam proses anaerobic digestion, O₂ merupakan inhibitor [10]. Hal ini dapat memberikan dampak yang sangat berpengaruh terhadap produksi biogas metana. Dari grafik (gambar 3.2) terlihat bahwa sampah buah memiliki prosentase tingkat produksi oksigen yang cukup tinggi dan terus meningkat tiap masa periode pengujian. Ada beberapa hal yang dapat menyebabkan O₂ makin meningkat yaitu;

- Proses penutupan inlet pada digester yang mana O₂ yang berasal dari lingkungan sekitar digester yang ikut masuk dalam digester saat tutup digester dipasang.
- Proses penutupan tutup digester yang tidak rapat yang dapat menyebabkan kebocoran. Hal ini adalah permasalahan pada pengujian periode 1.

4. KESIMPULAN

Dari pengujian yang telah dijalankan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Semakin lama penyimpanan mengakibatkan produksi biogas metana menurun. Produksi gas metana pada 15 hari 707 ppm vol, pada 30 hari 496.8 ppm vol, pada 45 hari 643.4 ppm vol, pada 60 hari 459.5 ppm vol, pada 75 hari 66 ppm vol.
- Nilai kuantitas metan pada pengujian ini adalah 0.95 kg per kg sampah, sedang potensi energi kalor per 1 kg metan adalah 50312.5 kJ dan potensi energi per kg sampah adalah 47796.8 kJ, bila dikonversikan dalam kWh adalah 13.28 kWh.
- Berdasarkan hasil perhitungan *pengaruh Sd terhadap C_o, C_{oe}, dan nilai energi kalor*, diketahui bahwa sampah organik buah mangga memiliki tingkat kuantitas metan serta potensi energi kalor yang cukup baik yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif untuk kebutuhan energi bila diterapkan dalam skala yang lebih optimal.

Saran dan Rekomendasi

Dari pengujian yang telah dijalankan, maka saran yang dapat direkomendasikan adalah sebagai berikut :

- Dari hasil pengujian diketahui bahwa produksi gas CO₂ dan O₂ masih sangat dominan. Hal ini menyebabkan produksi gas metan terdegradasi. Untuk menanggulangi hal tersebut perlu ditinjau kembali pada substrat masukan digester. Karena bahan uji yang digunakan merupakan materi organik yang diindikasikan memiliki kandungan air yang cukup tinggi, maka waktu serta temperatur pengeringan harus diperhatikan.
- Untuk meningkatkan produksi biogas pada proses anaerob digestion perlu juga diperhatikan dalam proses perancangan reaktornya .

- Untuk meningkatkan produksi biogas pada proses anaerobic digestion, dapat dicoba dengan menambahkan bakteri anaerob ke dalam bubur.
- Untuk memperoleh hasil produksi gas metan yang optimal perlu diadakan pengujian terhadap buah-buah yang lainnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Laboratorium Metalurgi, khususnya laboran sdr Margono dan beberapa mahasiswa SI yang mengumpulkan data.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Triratoo, E.N., 1979, Natural Gas Fuel for Future? A word survey, Gulf Publishing Company, Houston Texas, Third Edition.
- [2]. Meynell, P.J., 1976, Methane: Planning Digester, Prism Press, Great Britain.
- [3]. Metcalf and Eddy, 2003, Wastewater Engineering: Treatment and Reuse (Fourth Edition), McGraw Hill, New York.
- [4]. Gunnerson, C.G, and D.C Stuckey, 1986, Integrated Resources Recovery Anaerobic Digestion Principles and Practices for Biogas System, Word Bank Technical Paper Number 49, Washington DC.
- [5]. Fry, L.J., 1974, Practical Building of Methane Power Plant for Rural Energy Independence, 2nd Edition, Chavel River Press, Hampshire-Great Britain.
- [6]. Sufyandi, A., 2001, Informasi Teknologi Tepat Guna untuk Pedesaan Biogas, Bandung Tidak Dipublikasikan.
- [7]. Mosey, F.E., 1983, Assesment of the Maximum Concentration on Heavy Metals in Crudge Sewage which will not Inhibit the Anerobic Digestion of Sludge, Water Pollution Controll.
- [8]. Speece, R.E., 1996, Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewaters Vanderbilt University.
- [9]. Bingemer, H.G dan Crutzen, P.J., 1987, The production of methane from solid waste. J. Geophys. Res., 92 (D2), 2181-2187.
- [10]. Mulyono, D., 2000, Biogas Sebagai Sumber Energi Alternatif, Jurnal Teknologi Lingkungan, Bppt, Jakarta.