

BIOGAS HASIL KONVERSI LIMBAH KOTORAN SAPI SEBAGAI BAHAN BAKAR GENSET UNTUK MENGHASILKAN ENERGI LISTRIK KAPASITAS 0,3 kWATT

Sahrul Effendy¹⁾, Aida Syarif²⁾, Tahdid³⁾, LetyTrisnaliani⁴⁾

*^{1),2),3) 4)} TeknikEnergi, Politeknik Negeri Sriwijaya
Jl. Srijaya Negara Palembang
Email : sahrul_e@polsri.ac.id*

Abstrak. Biogas merupakan bahan bakar gas hasil fermentasi anaerobik bahan organik menggunakan bakteri metanogenesis. Penelitian ini dilakukan untuk mengurangi volume limbah kotoran sapi yang berdampak mengotori lingkungan dengan mengkonversinya menjadi biogas sebagai bahan bakar genset untuk menghasilkan energi listrik 0,3 kW per hari selama 1 jam. Konversi limbah kotoran sapi menjadi biogas dilakukan di dalam Fixed Dome Digester. Tujuan penelitian untuk mendapatkan komposisi gas metan dalam biogas perhari dan nilai kesetaraan bahan bakar biogas terhadap bahan bakar lain. Pada penelitian ini didapatkan biogas dengan komposisi gas metan 53,22%, karbondioksida 37,46%, oksigen 0,92%, nitrogen 7,98% dan hidrogen 0,04%. Diketahui bahwa semakin lama proses di dalam digester maka komposisi gas metan pada biogas semakin meningkat. dengan kata lain kualitas biogas hasil konversi semakin baik. Nilai kalor 1 m³ biogas yang diproduksi setara dengan nilai kalor 0,49 m³ Fuel Oil dan 0,48 m³ Natural Gas. Produksi biogas perharinya berkisar 1,716 m³ dan kapasitas listrik yang dihasilkan 0,286 kWatt.

Kata kunci : biogas, digester, kotoran sapi, nilai kalor

1. Pendahuluan

Penggunaan energi yang terus meningkat sampai saat ini sudah menjadi pembicaraan dunia, khususnya di Indonesia. Saat ini sebagian besar energi yang digunakan rakyat Indonesia berasal dari bahan bakar fosil, yaitu minyak bumi (BBM), batubara, dan gas. Kerugian penggunaan bahan bakar fosil selain merusak lingkungan, tidak terbarukan (*nonrenewable*) dan tidak berkelanjutan (*unsustainable*). Berdasarkan audit BPK, kebutuhan gas untuk pembangkit listrik PLN di Jawa dan Sumatera 1.459 juta kaki kubik perhari, sedangkan pasokan gas yang disediakan hanya 590 juta kaki kubik perhari. Dari data tersebut terlihat kekurangan pasokan gas sebanyak 869 juta kaki kubik perhari.

Porsi pembangkitan energi listrik berbahan bakar gas hingga tahun 2015 hanya mencapai 15,99% dibandingkan dengan berbahan bakar minyak sebesar 34,37% [1]. Penggunaan gas yang sedikit merupakan kebijakan pemerintah yang membebani rakyat dengan menaikkan tarif listrik sebagai dampak besarnya biaya BBM untuk bahan bakar listrik, sehingga subsidi listrik sebesar 11 triliun harus dihapuskan. Jika penggunaan bahan bakar gas sesuai kebutuhan, penghematan anggaran bisa mencapai 1.189 triliun [2]. Meningkatkan volume gas untuk kebutuhan pembangkit listrik bukan jalan yang mudah, sehingga peneliti berpikir untuk mengkonversi limbah kotoran sapi menjadi biogas sebagai bahan bakar genset untuk menghasilkan listrik 0,3 kW per hari selama 1 jam. Berdasarkan Peraturan Presiden RI No. 5 tahun 2006 tentang bauran energi primer nasional 2025, pemerintah Indonesia memiliki sasaran bahwa penggunaan energi baru terbarukan (EBT) seperti Panas Bumi, Biofuel, Biomassa dan lain-lain harus mencapai 17%, hal tersebut bertujuan mengurangi ketergantungan energi nasional terhadap energi fosil. Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme pada kondisi langka oksigen (anaerob) [3]. Nilai kalori 1 m³ biogas setara dengan 0,6-0,8 liter minyak solar, oleh karena itu, biogas sangat cocok menggantikan minyak tanah, LPG dan bahan bakar fosil lainnya.

Biogas memiliki kandungan energi yang tinggi, untuk menghasilkan listrik 1KWH dibutuhkan 0,62-1 m³ biogas [4]. Bahan baku biogas adalah bahan non-fosil, umumnya adalah biomassa yang mengandung bahan organik yang tersedia sangat melimpah di Indonesia, diantaranya adalah limbah

industri makanan dan limbah peternakan seperti sapi [5]. Kotoran sapi tersusun atas 22,59% selulosa, 18,32% hemiselulosa, 10,20% lignin, 34,72% total karbon organik, dan 1,26% total nitrogen [6]. Kotoran sapi juga mengandung 0,37% fosfor dan 0,68% kalium. Dengan kandungan selulosa yang tinggi, kotoran sapi dapat menghasilkan biogas dalam jumlah yang banyak. Menurut [7], emisi metan dari peternakan sapi mencapai 20 – 35% dari total emisi yang dilepaskan ke atmosfer. Dengan meningkatkan kapasitas produksi biogas dari kotoran sapi tentunya akan bermanfaat juga bagi kelestarian lingkungan sebagai akibat berkurangnya jumlah gas metan yang berkontribusi terhadap emisi atmosfer.

Penelitian mengenai produksi biogas telah banyak dilakukan salah satunya oleh PT. SHGW (*Stichting Het Groene Woudt*) Bio Tea Indonesia pada bulan Oktober sampai November 2011. Pengujian dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian Pemanfaatan Iptek Nuklir (P3IN) Fakultas Pertanian dan Laboratorium Nonruminansia Fakultas Peternakan Universitas Andalas. Penelitian ini menggunakan digester tipe *Fixed Dome* menggunakan pengaduk mixer. Hasil penelitian terhadap komposisi gas yang dihasilkan adalah CH₄ sebesar 50,13%, CO₂ sebesar 49,53%, O₂ sebesar 0,33% dan H₂S sebesar 0,0057%. Terlihat nilai gas metan yang dihasilkan masih dibawah komposisi metana yang ideal yaitu sekitar 60% - 70%. [8] dalam Jurnal Kajian Biogas Sebagai Sumber Pembangkit Tenaga Listrik di Pesantren Saung Balong Al-Barokah, Majalengka, Jawa Barat. Pada penelitiannya digunakan digester jenis Batch berukuran 7 m³ dengan jumlah rata-rata biogas yang dihasilkan sebanyak 1,92 m³/hari yang akan dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik di Pesantren Saung Balong Al-Barokah, Majalengka, Jawa Barat. Penelitian ini belum menghasilkan produksi biogas yang optimal. Berdasarkan teori digester berkapasitas 7 m³ seharusnya dapat menghasilkan 4-6 m³ biogas perhari.

Permasalahan pada penelitian ini adalah “Bagaimana mendapatkan biogas dari limbah kotoran sapi sebagai bahan bakar genset untuk memproduksi energi listrik per hari sebesar 0,3 kW selama 1 jam. Tujuan penelitian yang hendak dicapai adalah:

1. Mendapatkan komposisi gas metan dalam biogas yang dihasilkan per hari
2. Mengetahui kesetaraan nilai kalor yang dihasilkan dengan bahan bakar lain
3. Mendapatkan hubungan biogas yang dihasilkan dengan lama penyalaan genset

Kotoran sapi merupakan bahan baku potensial dalam pembuatan biogas karena mengandung pati dan lignoselulosa. Kotoran sapi adalah biomassa yang mengandung karbohidrat, protein, dan lemak. Secara teori, produksi metana yang dihasilkan dari karbohidrat, protein, dan lemak berturut-turut adalah 0,37 ; 1,0 ; 0,58 m³ CH₄ per kg bahan kering organik. Kotoran sapi mengandung ketiga unsur bahan organik tersebut sehingga dinilai lebih efektif untuk dikonversi menjadi gas metana. Salah satu cara menentukan bahan organik yang sesuai untuk menjadi bahan masukan sistem biogas adalah dengan mengetahui perbandingan karbon (C) dan nitrogen (N) atau disebut rasio C/N. Beberapa percobaan yang telah dilakukan oleh ISAT menunjukkan bahwa aktivitas metabolisme dari bakteri metanogenik akan optimal pada nilai rasio C/N sekitar 8-20.

Laju proses pembuatan biogas ditentukan oleh faktor-faktor yang mempengaruhi mikroorganisme, diantaranya ialah temperatur, pH, salinitas dan ion kuat, nutrisi, inhibisi dan kadar toksisitas pada proses, serta konsentrasi padatan.

1. Temperatur

Gas metana dapat diproduksi pada tiga range temperatur sesuai dengan bakteri yang digunakan. Bakteri psychrophilic 0–7°C, bakteri mesophilic pada temperatur 13–40°C, sedangkan thermophilic pada temperatur 55–60°C. Temperatur yang optimal untuk digester adalah temperatur 30–35°C, kisaran temperatur ini mengkombinasikan kondisi terbaik untuk pertumbuhan bakteri dan produksi metana di dalam digester dengan lama proses yang pendek. Temperatur yang tinggi/range thermophilic jarang digunakan karena sebagian besar bahan sudah dicerna dengan baik pada range temperatur mesophilic, selain itu bakteri thermophilic mudah mati karena perubahan temperatur, keluaran/ sludge memiliki kualitas yang rendah untuk pupuk, berbau dan tidak ekonomis untuk mempertahankan pada temperatur yang tinggi, khususnya pada iklim dingin.

2. Derajat keasaman (pH)

Pada dekomposisi anaerob, faktor pH sangat berperan karena pada rentang pH yang tidak sesuai, mikroba tidak dapat tumbuh dengan maksimum. Bahkan dapat menyebabkan kematian yang pada akhirnya dapat menghambat perolehan gas metana. Bakteri-bakteri anaerob membutuhkan pH optimal antara 6,2 – 7,6, tetapi pH yang terbaik adalah 6,6 – 7,5. Pada awalnya media mempunyai pH ± 6 selanjutnya naik sampai 7,5. Bila pH lebih kecil atau lebih besar maka akan mempunyai sifat toksik terhadap bakteri metanogenik. Bila proses anaerob sudah berjalan menuju pembentukan biogas, pH berkisar 7-7,8. Pengontrolan pH secara alamiah dilakukan oleh ion NH_4^+ dan HCO_3^- . Ion-ion ini akan menentukan besarnya pH.

3. Nutrisi dan Penghambat bagi Bakteri Anaerob

Bakteri anaerobik membutuhkan nutrisi sebagai sumber energi untuk menjalankan proses reaksi anaerob. Nutrisi tersebut dapat berupa vitamin esensial dan asam amino yang dapat disuplai ke media kultur dengan memberikan nutrisi tertentu untuk pertumbuhan dan metabolismenya. Selain itu, juga dibutuhkan mikronutrien untuk meningkatkan aktivitas mikroorganisme, misalnya besi, magnesium, kalsium, natrium, barium, selenium, kobalt dan lain-lain.

4. Faktor Konsentrasi Padatan (Total Solid Content/TS)

Total solid content adalah jumlah material padatan yang terdapat dalam limbah pada bahan organik selama proses *digester* terjadi yang mengindikasikan laju penghancuran/pembusukan material padatan limbah organik. Konsentrasi ideal padatan untuk memproduksi biogas adalah 7-9% kandungan kering. Kondisi ini dapat membuat proses *digester* anaerob berjalan dengan baik. Nilai TS sangat mempengaruhi proses pencernaan/*digester* bahan organik.

5. Volatile Solids (VS)

VS merupakan bagian padatan TS yang berubah menjadi fase gas pada tahap asidifikasi dan metanogenesis sebagaimana dalam proses fermentasi limbah organik. Dalam pengujian skala laboratorium, berat saat bagian padatan bahan organik hilang terbakar pada proses gasifikasi pada suhu 538°C disebut *volatile solid*.

6. Rasio Carbon Nitrogen (C/N)

C/N ratio menunjukkan perbandingan jumlah dari kedua elemen tersebut. Pada bahan yang memiliki jumlah karbon 15 kali dari jumlah nitrogen akan memiliki *C/N ratio* 15 berbanding 1. *C/N ratio* dengan nilai 30 ($\text{C/N} = 30/1$ atau karbon 30 kali dari jumlah nitrogen) akan menciptakan proses pencernaan pada tingkat yang optimum, bila kondisi yang lain juga mendukung.

2. Pembahasan

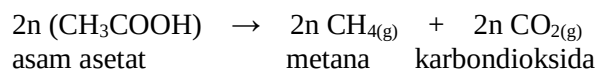
Biogas yang dihasilkan pada penelitian ini mengandung beberapa komponen gas yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Gas Yang Dihasilkan Pada Biogas Hasil Penelitian

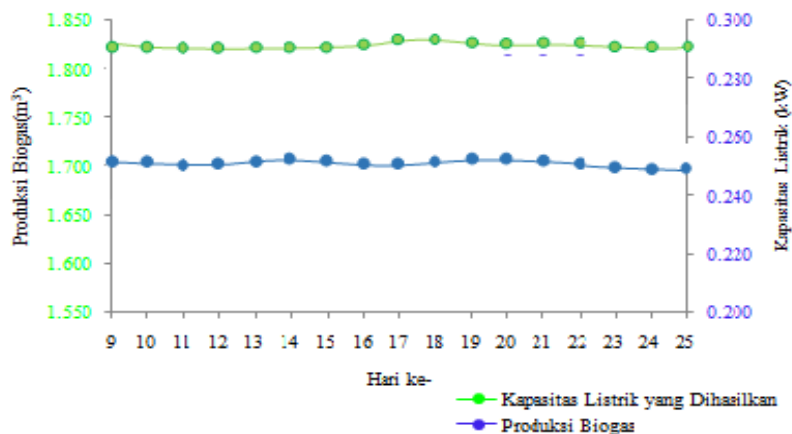
No.	Komponen	% mol	GHV	Relative Density
1	Metan	47,16		
2	Karbendioksida	42,93		
3	Oksigen	1,07	511 btu/cuft	0,989 thp udara
4	Nitrogen	7,68		
5	Hidrogen	0,05		

Biogas yang dihasilkan setiap hari di dalam digester dianalisa. Sampel biogas yang dianalisa adalah produksi biogas hari ke10, 16, 20, 22 dan 24 mewakili sampel produksi biogas hari ke 9 sampai 25. Dari hasil analisa yang telah dilakukan, diketahui bahwa komposisi metana yang terkandung di dalam biogas mengalami peningkatan dan diikuti oleh penurunan komposisi karbon dioksida. Pada sampel harike 10, komposisi Metane 47,16%, Karbondioksida 42,93%, Oksigen 1,07%, Nitrogen 7,68% dan Hidrogen 0,05%. Semakin lama proses di dalam digester, komposisi gas metana pada biogas semakin meningkat.

Pembentukan gas metana terjadi pada tahap metanogenesis. Bakteri yang berperan dalam proses ini, antara lain *Methanococcus*, *Methanobacillus*, *Methanobacterium*. Gas metana terbentuk karena adanya reaksi dekarboksilasi asetat dan reduksi CO₂. Pada tahap ini, bakteri metana membentuk gas metana secara perlahan dalam kondisi anaerob. Proses ini berlangsung selama 14 hari dengan suhu 25°C di dalam digester. Pada proses ini dihasilkan 70% CH₄, 30 % CO₂, sedikit H₂ dan H₂S (Price dan Cheremisinoff, 1981). Reaksi pembentuk gas metana adalah sebagai berikut.

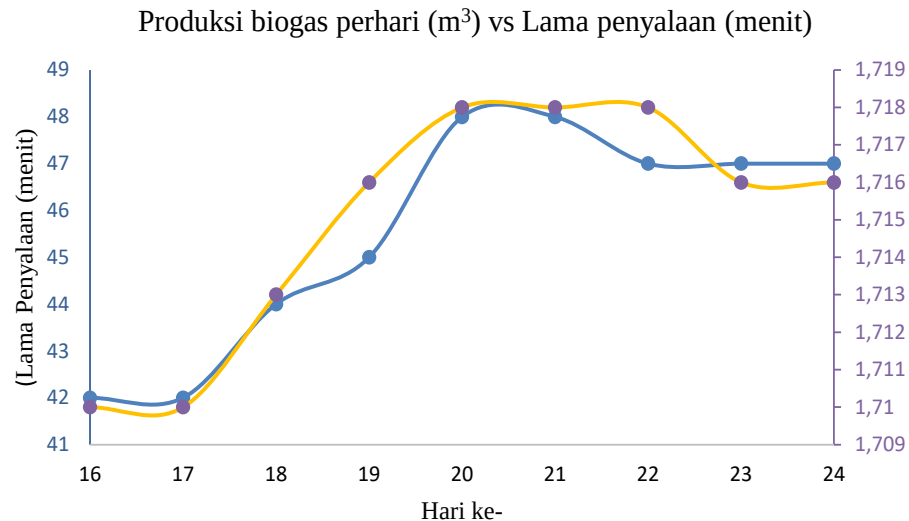


Dari hasil analisa biogas yang diperoleh memenuhi komposisi standar biogas sesuai teori, selain itu dari hasil analisa GHV juga diketahui bahwa nilai kalor dari 1 m³ biogas yang diproduksi, setara dengan nilai kalor dari 0,49 m³ *Fuel Oil* dan 0,48 m³ *Natural Gas*. Sedangkan berdasarkan literatur, nilai kalor dari 1 m³ biogas setara dengan 0,52 liter *Fuel Oil* dan 0,46 kg Elpiji.



Gambar 1. Hubungan Antara Produksi Biogas dan Kapasitas Listrik yang Dihasilkan

Dari Gambar 1, energi listrik yang dihasilkan berkisar rata rata 0,286 kW lebih rendah dari target yang direncanakan 0,3 kWatt, hal ini disebabkan pertumbuhan bakteri anaerob semakin lambat, dan sebagian bakteri anaerob mati, akibatnya produksi gas metana juga menurun, sehingga energi listrik yang ditargetkan tidak tercapai.



Gambar 2. Grafik Hubungan produksi biogas perhari terhadap lama penyalaaan genset

Dari Gambar 2 laju pertumbuhan produksi biogas perhari sebanding dengan lama penyalaaan genset dengan beban 0,3 kW. Peningkatan jumlah produksi biogas yang dihasilkan terjadi karena proses perombakan bahan organik didalam *fixed dome digester* yang didukung oleh kondisi suhu dan pH yang stabil mendukung pertumbuhan bakteri di dalam *fixed dome digester* menyebabkan populasi mikroba meningkat yang bekerja secara konsorsium sehingga proses degradasi oleh bakteri berlangsung lebih cepat dalam merombak bahan organik yang terdapat di kotoran sapi menjadi biogas. Dari grafik tersebut terlihat produksi biogas tertinggi terjadi pada hari ke 20-22 sebanyak $1,718 \text{ m}^3$ dengan lama penyalaaan 48 menit.

3. Simpulan

1. Produksi biogas setiap harinya mendekati produksi biogas hasil desain, yaitu berkisar $1,715 \text{ m}^3$ perhari dengan komposisi Metane 47,16%, Karbon dioksida 42,93%, Oksigen 1,07%, Nitrogen 7,68% dan Hidrogen 0,05%
2. Dari analisa GHV diketahui bahwa nilai kalor dari 1 m^3 biogas yang diproduksi, setara dengan nilai kalor dari $0,49 \text{ m}^3 \text{Fuel Oil}$ dan $0,48 \text{ m}^3 \text{Natural Gas}$.
3. Kapasitas listrik yang dihasilkan juga mendekati target 0,3 kW, dimana pada keadaan aktualnya kapasitas listrik yang dihasilkan berkisar 0,286 kW.

Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini tim peneliti menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya atas dukungan dana penelitian penugasan melalui dana PNBPTahun 2017.
2. Ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Kepala P3M Politeknik Negeri Sriwijaya.

Daftar Pustaka

- [1]. Ali Nur Yasin, 2008. Penetapan Tarif Listrik Sendiri Melanggar Undang-Undang. Download from url:<http://www.tempointeraktif.com>. Asseded 2008, Maret 20
- [2]. Kementrian Keuangan, 2015, Kebutuhan Bahan Bakar Gas Indonesia.
- [3]. Syarif, 2011. Buku Pintar Beternak dan Bisnis Sapi Perah.
- [4]. Sri Wahyuni MP., 2009. Analisa Kelayakan Pengembangan Biogas, Bogor
- [5]. Lailan Ni'mah, 2014. "Biogas From Solid Waste of Tofu Production and Cow Manure Mixture: Composition Effect", Jurnal CHEMICA, Jurnal Teknik Kimia, Vol.1 No. 1, 2014, Hal. 1-9, ISSN: 2355-875X e-ISSN:2355-8776, Prodi Teknik Kimia, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.

- [6]. Rika.2011. Biogas dari Limbah Ternak. Nuansa Cendekia. Bandung.
- [7]. Maulana Arifin, Aep Saepudin dan Arifin Santosa, 2011. Kajian Biogas Sebagai Sumber Pembangkit Tenaga Listrik Di Pesantren Saung Balong AlBarokah, Majalengka, Jawa B
- [8]. Deublein et al., 2008. “*Biogas from Waste and Renewabe, Irlandia.*”