

STUDI EKSPERIMENTAL BAHAN BAKAR BIOGAS DARI KOTORAN SAPI DENGAN VARIASI DIGESTER

Muhammad Basri Katjo¹⁾, Robertho S. Mambraku²⁾

¹⁾Staf Pengajar Program Studi Teknik Mesin ,

²⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknologi Industri dan Kebumian Universitas Sains dan Teknologi Jayapura

Email: mubaka65@gmail.com

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui seberapa besar massa biogas yang dapat dihasilkan, serta menganalisa nilai kalor dari masing-masing kedua penampung.

Pengujian ini dimulai dengan merancang tabung digester,kemudian melakukan perakitan instalasi tabung digester dengan komponen lainnya. Selanjutnya dilakukan proses pengecekan terhadap semua komponen instalasi sebelum dilakukan pengujian. Kemudian dilakukan proses pengisian bahan baku berupa limbah perternakan (kotoran sapi). Proses fermentasi dilakukan selama 30 hari.

Hasil pengujian di dapatkan massa biogas sebesar 0.9443 kg dari drum yang tampa sekat menghasilkan kalor sebesar 216,8069 kJ. Sedangkan dari massa biogas 1,1438 kg dari drum yang disekat menghasilkan kalor sebesar 334,0108 kJ.

Kata Kunci : Biogas, variasi tabung digester, kotoran sapi.

1. PENDAHULUAN

Energi sudah menjadi kebutuhan pokok masyarakat Indonesia pada saat ini. Tingginya penggunaan energi di Indonesia dipengaruhi oleh meningkatnya pertumbuhan penduduk dan meningkatnya perkembangan industri. Besarnya penggunaan minyak sebagai sumber energi didominasi oleh transportasi, industri dan pembangkit daya atau listrik.

Pasokan untuk mendapatkan energi saat ini masih didominasi oleh sumber energi fosil yang tidak dapat diperbarui yaitu minyak bumi, batubara, dan gas alam. Penggunaan minyak sebagai sumber energi menimbulkan persoalan serius pada lingkungan berkaitan dengan emisi gas rumah kaca, terutama CO₂, yang merupakan penyebab terjadinya pemanasan global, maka dibutuhkan energi alternatif yang ramah lingkungan dan memiliki sumber yang dapat diperbarui.

Daerah transmigrasi Koya Timur merupakan daerah dengan mata pencaharian bertani dan beternak. Hampir semua petani di desa Koya Timur memiliki setidaknya 3-4 ekor sapi, tapi hampir 100% tidak menyadari manfaat dari kotoran sapi yang cukup melimpah.

Produksi bahan bakar minyak dunia, nyata telah mencapai titik puncaknya sementara kebutuhan energi di seluruh dunia meningkat pesat. Biogas merupakan sumber renewable energy penting sebagai substitusi unggul dan mampu menyumbangkan andil untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar rumah tangga.

Biogas merupakan salah satu alternatif sumber energi terbarukan yang dapat menjawab kebutuhan energi. Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik, Biogas yang dihasilkan dapat digunakan untuk memasak, penerangan, dan bahan bakar motor atau genset.

Biogas adalah bahan bakar yang bersih karena tidak menghasilkan asap (seperti halnya kayu, arang), sehingga alat-alat dapur dapat tetap bersih selama digunakan, dan berfungsi sebagai bahan bakar minyak atau gas alam pengganti yang unggul. Sebagian peternak telah mulai membuat biogas untuk kebutuhan rumah tangganya, dengan menggunakan limbah ternak.

Adapun tujuan dari penulisan ini adalah :

- a. Untuk mengetahui seberapa besar massa biogas yang dapat dihasilkan.
- b. Menganalisis kalor dari pembakaran biogas yang dihasilkan.

- c. Menjadikan limbah perternakan (kotoran sapi) sebagai sumber energi alternatif.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang di gunakan dalam penelitian ini adalah secara eksperimen melalui pembuatan biodigester yang berfungsi sebagai tempat fermentasi kotoran sapi menjadi biogas. Bahan yang di gunakan dalam penelitian ini adalah limbah kotoran sapi dari Koya Timur Kota Jayapura.

2.1. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :
Alat yang di gunakan yaitu :

1. Pressure gauge

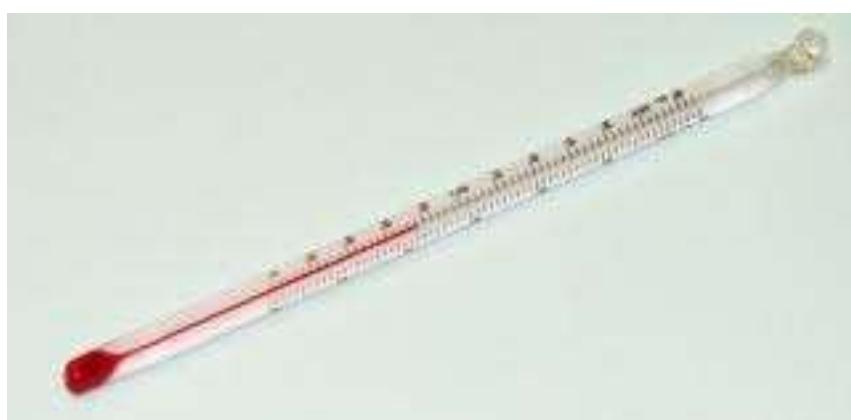
Pressure gauge ini digunakan untuk mengukur tekanan gas digester



Gambar 2.1 Pressure gauge
Sumber : (google.com)

2. Termo meter

Termo meter ini di gunakan untuk mengukur perubahan suhu



Gambar 2.2 Termometer
Sumber : (google.com)



3. Timbangan

Timbangan di gunakan untuk mengukur bahan isian biodigester

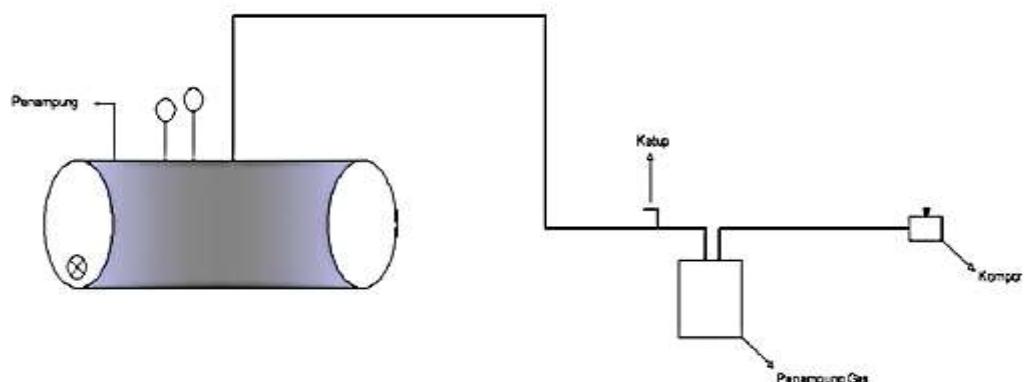


Gambar 2.3 Timbangan
Sumber : (google.com)

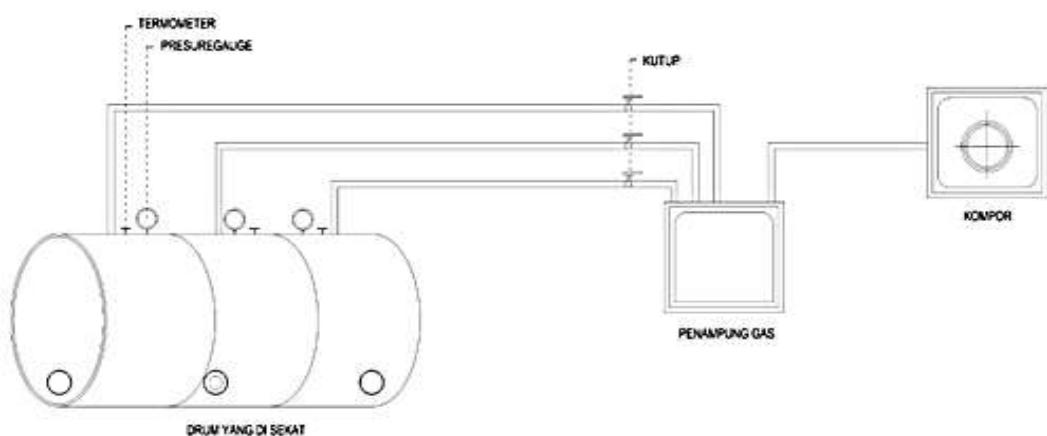
Bahan

Bahan yang digunakan yaitu :

1. Kotoran Sapi
2. Air



Gambar 2.3 Sketsa Instalasi Biodigester yang tanpa di sekat



Gambar 2.4 Sketsa Instalasi Biodigester yang di sekat



1. Katup inlet
Berfungsi sebagai lubang pemasukan bahan isian.
2. Tabung digester
Berfungsi sebagai tempat fermentasi mikro organisme yang akan menghasilkan gas
3. Katup outlet
Berfungsi sebagai lubang untuk proses keluarnya bahan isian ketika proses fermentasi sudah selesai.
4. Tabung penyimpan gas
Berfungsi sebagai tempat menyimpan biogas
5. Kompor modifikasi
Kompor gas LPG buatan pabrik yang telah dimodifikasi digunakan sebagai media pembakar gas.
6. Selang penyalur biogas
Berfungsi sebagai penyalur biogas dari penampung biogas ke kompor
7. Pipa pvc ukuran AW $\frac{1}{2}$ " (22 mm)
8. Pressure gauge
Berfungsi untuk mengetahui tekanan gas dalam tabung tertutup.
9. Katup (kran)
Berfungsi mengatur atau mengontrol aliran dari suatu cairan (gas).

2.2 Tahapan Proses Fermentasi

Reaksi kimia Proses fermentasi biogas (Gas Metana) ada tiga tahap, yaitu :

- a. Reaksi Hidrolisa atau tahap pelarutan, pada tahap ini bahan yang tidak larut seperti selulosa dan lemak diubah menjadi bahan yang larut dalam air seperti karbohidrat dan asam lemak. Tahap pelarutan berlangsung pada suhu 25°C di digester.
- b. Reaksi Asidogenik atau tahap pengasaman, pada tahap ini, bakteri asam menghasilkan karbon dioksida, hidrogen dan asam asetat dalam suasana anaerob. Tahap ini berlangsung pada suhu 25°C di digester.
- c. Reaksi metanogenik atau tahap gasifikasi, pada tahap ini, bakteri metana membentuk gas metana secara perlahan, pada umumnya biogas dapat terbentuk pada 4-5 hari setelah digester di isi, dan produksi biogas yang banyak umumnya terjadi pada hari ke 20-25 dan produksinya akan turun jika biodigesternya tidak diisi kembali.

2.3. Tahapan Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini yaitu :

1. Periksa kelengkapan alat dan bahan
2. Menakar kebutuhan bahan isian reaktor
3. Fermentasi berlangsung dengan menunggu selama 20 hari.
4. Uji coba setelah 20, apa gas mampu menghasilkan api.
5. Pada saat gas metana bisa menghasilkan api, proses selanjutnya pengujian pembakaran, buka katup penyalur gas metana nyalakan pembakaran.
6. Uji coba konversi energi panas antara gas metana, minyak tanah dan LPG dengan menggunakan air 1 liter dari suhu 27°C sampai $100 \pm 0^\circ\text{C}$ dalam waktu yang sama.

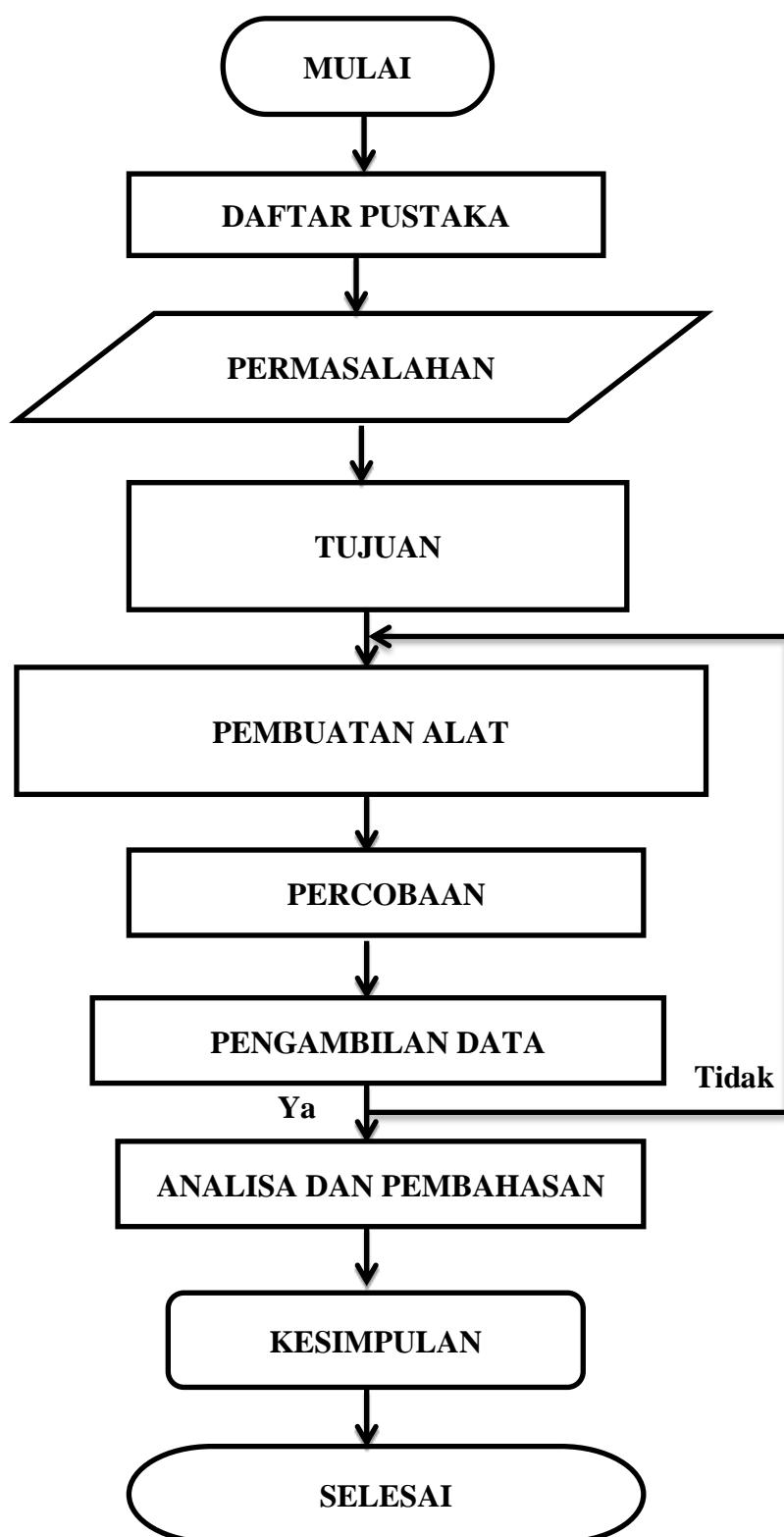
2.4. Variable Penelitian

Ada tiga variable yang dikaji dalam penelitian ini yaitu :

1. Variable bebas (*independent variable*) : Variable yang besarnya ditentukan nilainya oleh peneliti yaitu : hari/tanggal, waktu (Jam 09.00 – 17.00 WIT).
2. Variable terikat (*dependent variable*) : Variable yang besarnya tidak dapat ditentukan oleh peneliti yaitu : nilai molar gas, massa gas dan kalor.
3. Variable terkontrol : Variable yang ditentukan oleh peneliti yaitu : jumlah isian biodigester.



2.5. Diagram Alir Penelitian





Gambar 2.5 Penampung tanpa sekat



Gambar 2.6 Penampung dengan sekat

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Hasil Pengujian

Persiapan penelitian dimulai dengan menyiapkan bahan baku yaitu kotoran sapi, kotoran sapi yang digunakan adalah kotoran sapi yang baru paska proses pemberian makan pada sapi yang dilakukan oleh petani di Desa Koya Barat.

Kemudian bahan baku (kotoran sapi) yang baru itu di kumpul sebanyak 20 kg. Tahap berikut menyiapkan air sebanyak 20 liter, kotoran sapi dan air selanjutnya dicampurkan dan dimasukkan kedalam kedua penampung (biodigester) yang disekat dan panampung (biodigester) yang tanpa sekat lalu dilakukan pengadukan.

Setelah itu biodigester ditutup rapat sehingga terjadi proses Permentasi. Volume bahan baku dari drum yang tanpa di sekat adalah terdiri dari kotoran sapi 20 kg dan air 20 L.

Volume bahan baku dari drum yang disekat adalah terdiri dari kotoran sapi 20 kg dan air 20 L. Pada penelitian ini, dilakukan pengamatan terhadap alat ukur yaitu pressure gauge dan thermometer dari hari pertama sampai hari ke 30 setelah bahan baku di masukan ke dalam panampung (biodegester).

Setelah didapatkan data rata-rata biogas kemudian dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan nilai kalor biogas pada kedua penampung (biodigestes) tersebut.



Tabel 3.1 Pengambilan Data Dilapangan

Hari	Tekanan Digester P (kg/cm ²)		Suhu (°C)		
	Digester Tanpa Sekat	Digester Yang Disekat	T1 (Digester)	T2 (Penampung Gas)	
				Tanpa sekat	Disekat
1	-	-	30	48	48
2	-	-	30	45	45
3	-	-	29	39	39
4	-	-	30	50	50
5	1.2 x 98,04	3.1 x 98,04	31	51	51
6	1.3 x 98,04	3.3 x 98,04	30	49	49
7	1.4 x 98,04	3.9 x 98,04	31	46	46
8	2.6 x 98,04	3.3 x 98,04	29	50	50
9	3.8 x 98,04	4.8 x 98,04	32	51	51
10	4.6 x 98,04	4.9 x 98,04	29	35	35
11	6.7 x 98,04	7.8 x 98,04	29	49	49
12	4.6 x 98,04	4.9 x 98,04	30	50	50
13	5.7 x 98,04	7.8 x 98,04	31	50	50
14	3.7 x 98,04	4.8 x 98,04	31	50	50
15	4.8 x 98,04	5.3 x 98,04	29	48	48
16	4.8 x 98,04	5.4 x 98,04	32	50	50
17	4.9 x 98,04	6.9 x 98,04	29	50	50
18	5.9 x 98,04	6.6 x 98,04	29	49	49
19	7.10 x 98,04	8.6 x 98,04	30	48	48
20	5.6 x 98,04	6.2 x 98,04	31	50	50
21	3.6 x 98,04	4.2 x 98,04	29	49	49
22	3.8 x 98,04	4.2 x 98,04	29	48	48
23	3.6 x 98,04	4.5 x 98,04	29	48	48
24	3.4 x 98,04	4.5 x 98,04	31	50	50
25	2.6 x 98,04	3.9 x 98,04	29	40	40
26	3.5 x 98,04	4.8 x 98,04	29	32	32
27	3.4 x 98,04	4.5 x 98,04	31	50	50
28	2.6 x 98,04	3.9 x 98,04	29	40	40
29	3.5 x 98,04	4.8 x 98,04	29	32	32
30	3.4 x 98,04	4.5 x 98,04	31	50	50



3.2. Pengolahan Data

Dari hasil pengambilan data, kemudian dilakukan pengolahan data untuk memperoleh hasil perhitungan untuk tekanan gas dan temperature penampung. Pengolahan data menggunakan rumus-rumus yang telah diuraikan di BAB II dan perhitungan ini menggunakan data pada table 4.1 dan 4.2.

A. Perhitungan massa gas pada drum yang tanpa sekat

1. Menghitung Volume Penampung Gas

$$V = \pi \times r^2 \times t$$

Dimana :

$$\pi = 3,14$$

$$r = 28,5 \text{ cm} = 0,285 \text{ m}$$

$$t = 88,5 \text{ cm} = 0,885 \text{ m}$$

Maka :

$$V = 3,14 \times 0,285^2 \text{ m} \times 0,885 \text{ m}$$

$$= 3,14 \times 0,081225 \text{ m}^2 \times 0,885 \text{ m}$$

$$= 0,2257161525 \text{ m}^3$$

2. Perhitungan Massa Gas

Massa biogas dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

Contoh perhitungan massa gas pada hari ke 19

$$P.V = m.R.T$$

$$m = \frac{P.V}{R.T}$$

Dimana :

$$P = 696,084 \text{ kN/m}^2$$

$$V = 0,2257161525 \text{ m}^3$$

$$T = 51^\circ\text{C} + 273 = 324 \text{ K}$$

$$R = 0,51835 \text{ kJ/kg-K}$$

Maka :

$$m = \frac{696,084 \times 0,2257161525}{0,51835 \times 324}$$

$$= \frac{157,1174023}{167,9454}$$

$$= 0,9443 \text{ kg}$$

3. Kalor

a. Persamaan kalor pada drum yang tanpa sekat

$$Q = m.C_p.\Delta T$$

Dimana :

$$m = 0,9443 \text{ kg}$$

$$C_p = 1,0035 \text{ kJ/kg-K}$$

$$\Delta T = 51^\circ\text{C} - 31^\circ\text{C} = 20^\circ\text{C} + 273 = 293 \text{ K}$$

Maka :

$$Q = 0,9443 \times 1,0035 \times 293$$

$$= 216,8069 \text{ kJ}$$

Tabel 3.2 Hasil perhitungan pada drum yang tanpa sekat

Hari	P (kN/m ²)	T (°C)	m (kg)	Q (kJ)	Hari	P (kN/m ²)	T (°C)	m (kg)	Q (kJ)
1	-	48			16	470.592	50	0.6344	185.256
2	-	45			17	480.396	50	0.6476	191.0608
3	-	39			18	578.436	49	0.7822	229.9867
4	-	50			19	696.084	48	0.9443	275.7531



5	117.648	51	0.1581	46.4854	20	549.024	50	0.7399	216.8069
6	127.452	49	0.1723	50.4877	21	352.944	49	0.4773	140.3384
7	137.256	46	0.1874	54.3482	22	372.552	48	0.5054	148.0933
8	254.904	50	0.3634	101.3719	23	352.944	48	0.4788	140.2989
9	372.552	51	0.5007	146.7161	24	333.336	50	0.4494	131.6841
10	540.984	35	0.6376	176.5935	25	254.904	40	0.3546	101.0589
11	656.868	49	0.8883	261.1829	26	343.14	32	0.4899	135.6856
12	450.984	50	0.6079	178.7381	27	235.296	33	0.3348	92.7282
13	558.828	50	0.7534	220.7628	28	323.532	32	0.4619	127.4671
14	362.748	50	0.4889	143.2585	29	333.336	32	0.4759	131.3306
15	470.592	48	0.6384	187.7059	30	245.1	48	0.3325	97.0962

B. Perhitungan massa gas pada drum yang disekat

1. Perhitungan Volume Penampung Gas

$$V = \pi \times r^2 \times t$$

Dimana :

$$\pi = 3,14$$

$$r = 28,5 \text{ cm} = 0,285 \text{ m}$$

$$t = 29,5 \text{ cm} = 0,295 \text{ m}$$

Maka :

$$V = 3,14 \times 0,285^2 \text{ m} \times 0,295 \text{ m}$$

$$= 3,14 \times 0,081225 \text{ m}^2 \times 0,295 \text{ m}$$

$$= 0,0752387175 \times 3$$

$$V = 0,225716153 \text{ m}^3$$

2. Perhitungan Massa Gas

Massa biogas dapat di cari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

Contoh perhitungan massa gas pada hari ke 19

$$P.V = m.R.T$$

$$m = \frac{P.V}{R.T}$$

Dimana :

$$P = 843,144 \text{ kN/m}^2$$

$$V = 0,225716153 \text{ m}^3$$

$$T = 51^\circ\text{C} + 273 = 324 \text{ K}$$

$$R = 0,51835 \text{ kJ/kg-K}$$

Maka :

$$m = \frac{843,144 \times 0,225716153}{0,51835 \times 324}$$

$$= \frac{190,3112201}{167,9454}$$

$$= 1,1438 \text{ kg}$$

3. Kalor

Persamaan kalor pada drum yang disekat

$$Q = m.C_p.\Delta T$$

Dimana :

$$m = 1,1438 \text{ kg}$$

$$C_p = 1,0035 \text{ kJ/kg-K}$$

$$\Delta T = 32^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C} = 2^\circ\text{C} + 273 = 275 \text{ K}$$

Maka :

$$Q = 1,1438 \times 1,0035 \times 275$$

$$= 334,0108 \text{ kJ}$$



Tabel 3.3 Hasil perhitungan pada drum yang di sekat

Hari	P (kN/m ²)	T (°C)	m (kg)	Q (kJ)	Hari	P (kN/m ²)	T (°C)	m (kg)	Q (kJ)
1	-	48			16	529.416	50	0.7137	208.4136
2	-	45			17	676.476	50	0.9119	269.0369
3	-	39			18	647.064	49	0.8750	257.2723
4	-	50			19	843.144	48	1.1438	334.0108
5	303.924	51	0.4085	120.1094	20	607.848	50	0.8195	240.1315
6	323.532	49	0.4375	128.1971	21	411.768	49	0.5568	163.7134
7	382.356	46	0.5219	151.3570	22	411.768	48	0.5589	163.7699
8	323.532	50	0.4362	128.6916	23	441.18	48	0.5985	175.3737
9	470.592	51	0.6325	185.3364	24	441.18	50	0.5948	174.2895
10	480.396	35	0.6792	190.1600	25	382.356	40	0.5319	151.5883
11	764.712	49	1.0341	304.018	26	470.592	32	0.6719	186.0935
12	480.396	50	0.6476	190.4109	27	352.944	39	0.4926	139.3994
13	764.712	50	1.0309	302.0764	28	411.768	32	0.5879	162.2384
14	470.592	50	0.8085	185.3364	29	470.592	32	0.6719	186.0935
15	519.612	48	0.7049	206.5512	30	323.532	48	0.4389	128.1669

4. KESIMPULAN

Berdasarkan data penelitian yang diperoleh, maka didapatkan hasil bahwa:

1. Massa biogas total yang tertinggi dihasilkan dari drum yang tanpa sekat adalah sebesar 0.9443 kg. Sedangkan massa biogas tertinggi dihasilkan dari drum yang di sekat adalah sebesar 1,1438 kg.
2. Nilai kalor biogas yang tertinggi adalah dari drum yang tanpa sekat yaitu 216,8069 kJ. Sedangkan nilai kalor biogas tertinggi dihasilkan dari drum yang di sekat adalah sebesar 334,0108 kJ.
3. Limbah peternakan (kotoran sapi) bisa dimanfaatkan menjadi energi alternatif, meski biogas yang dihasilkan agak rendah.
4. Diperlukan reaktor biogas (biodigester) yang disekat memiliki kapasitas yang lebih besar, agar biogas yang dihasilkan lebih banyak lagi.
5. Diperlukan lebih banyak lagi bahan (baku kotoran) sapi agar bisa menghasilkan biogas yang lebih besar

DAFTAR PUSTAKA

- A.C. Aditya warman, dkk, (2015), *Pengolahan Limbah Ternak Sapi Secara Sederhana di Desa Pattalassang Kabupaten Sinjai Sulawesi Selatan*.
- Adi Heru Husodo, (2014), *Pemanfaatan Feses Ternak Sapi Sebagai Energi Alternatif Biogas Bagi Rumah Tangga Dan Dampaknya Terhadap Lingkungan*.
- Y. Sulistiyanto Dkk, (2016), *Pemanfaatan Kotoran Sapi Sebagai Sumber Biogas Rumah Tangga Di Kabupaten Pulang Pisau Provinsi Kalimantan Tengah*.
- Tuti Haryati, (2006), *Limbah peternakan yang menjadi sumber energy alternatif*, Balai penelitian ternak, Bogor.
- Destilia Anggraini, (2012), *Pengaruh Jenis Sampah, Komposisi Masukan Dan Waktu Tinggal Terhadap Komposisi Biogas Dari Sampah Organik*, Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Effendi Arrif, (2011), *Thermodynamika Teknik*, Makassar.
- Kharistya Amaru, (2004), *Rancang Bangun Dan Uji Kinerja Biodigester Plastik Polyethylene Skala Kecil*, Universitas Padjajaran, Bandung.

