

## RANCANG BANGUN PURWARUPA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOMASSA

Mochammad Sahri\*, Fachrudin, Sabar Setiawidayat

*Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Widyagama Malang*  
email: [sahriirhas93@gmail.com](mailto:sahriirhas93@gmail.com)

### ABSTRAK

*Pengelolaan bahan biomassa sampah organik dan kotoran ternak hingga saat ini masih banyak dimanfaatkan sebagai pupuk dan masih jarang dilakukan untuk pembangkit tenaga listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengolah bahan biomassa menjadi tenaga listrik. Biomassa diproses menggunakan digester selama 28 hari untuk dijadikan gas metan. Keluaran gas dari digester disalurkan ke ruang pembakaran yang terdapat di motor bakar pada genset. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan biomassa sampah organik dan kotoran ternak 105 kg dapat menghasilkan gas metan 25 kg yang dapat menghasilkan tegangan listrik 228 Volt dengan beban listrik 150 Watt.*

**Kata Kunci :** Konversi, Biomassa, Gas metan, dan Energi listrik

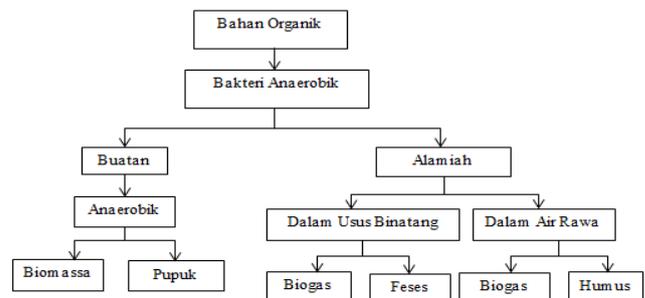
### PENDAHULUAN

Keberadaan sampah saat ini masih belum dimanfaatkan secara positif. Berdasarkan data statistik pengelolaan sampah Kota Malang Tahun 2013-2018, Jumlah timbulan sampah di Kota Malang adalah sekitar ±659,21 ton/hari. Sampah non organik mencapai 253,70 ton/hari dan sampah organik mencapai 405,41 ton/hari (Statistics of Malang Municipality, 2015). Limbah peternakan seperti kotoran, urine beserta sisa pakan ternak sapi merupakan salah satu sumber biomassa yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan gas metan, (Waskito, 2011). Biomassa dapat diolah menjadi gas metan. Gas metan yang dihasilkan dimanfaatkan sebagai bahan bakar motor untuk menggerakkan genset (Rakhmadani, 2017). Genset untuk menghasilkan daya listrik, disebut sebagai generator set adalah satu set peralatan gabungan dari dua perangkat yaitu *engine* sebagai pemutar dan generator sebagai pembangkit listrik (Asmoro dan Dominggos, 2012). Tenaga yang dihasilkan oleh motor bakar digunakan untuk memutar rotor generator sehingga menghasilkan tenaga listrik

### TINJAUAN PUSTAKA

Digestifikasi anaerobik adalah suatu proses pembusukan bahan organik oleh bakteri anaerobik pada kondisi anaerob (Gambar 1). Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintetik, baik berupa produk maupun buangan. (Kong, 2013). Biomassa, juga merupakan salah satu jenis bioenergy. Bahan organik seperti kotoran ternak, kotoran manusia, jerami, sekam dan daun-daun hasil sortiran sayur difermentasi atau mengalami proses metanisasi (Soerawidjaja, 2011). Gas metan terbentuk dari berbagai macam limbah organik, seperti sampah biomassa, kotoran manusia,

kotoran hewan (Tabel 1). Nilai biomassa sebagai pembangkit listrik setara dengan 60 – 100 watt lampu selama 6 jam penerangan (Tabel 2).



Gambar 1 Proses Digestifikasi Anaerobik (Waskito, 2011)

Tabel 1 Komponen Penyusun Biomassa

Jenis Gas	Persentase
Karbondioksida (CO <sub>2</sub> )	30-40%
Metan (CH <sub>4</sub> )	50-70%
Air (H <sub>2</sub> O)	0,30%
Hidrogen sulfide (H <sub>2</sub> S)	Sedikit sekali
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	5-10%
Hidrogen	1- 2%

(Waskito 2011)

Pengolahan limbah organik menjadi biomassa pada prinsipnya menggunakan metode dan peralatan yang sama dengan pengolahan biomassa yang lain. Pembentukan gas dapat dibedakan menjadi tiga proses (Padmono, 2011) yaitu :

1. Hidrolisis, pada tahap ini terjadi penguraian bahan-bahan organik, mudah larut dan pemecahan bahan.
2. Pengasaman, pada tahap pengasaman

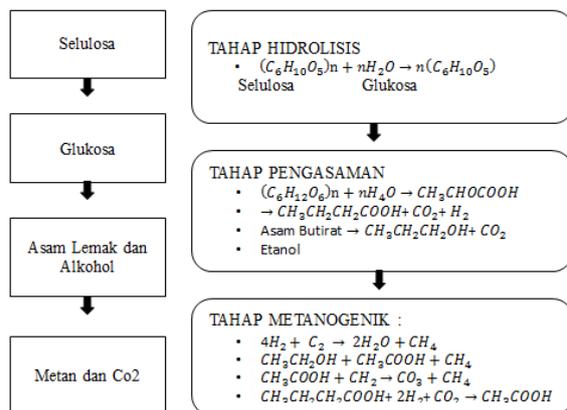
komponen monomer atau (gula sederhana) yang terbentuk pada tahap hidrolisis akan menjadi bahan makanan bagi bakteri pembentuk asam

3. Metanogenik, pada tahap metanogenik mengalami proses.

Tabel 2 Kesetaraan Nilai Biomassa dan Energi terbarukan

Aplikasi	1m <sup>3</sup> Biomassa setara dengan
1 m <sup>3</sup> biomassa	Minyak Solar 0,52 liter
	Minyak tanah 0,62 liter
	Elpiji 0,46 kg
	Kayu bakar 3,50 kg

(Waskito, 2011)



Gambar 2 Tahap Pembentukan Gas Metan (Waskito, 2011)

Berdasarkan hasil penelitian, hasil buangan dimanfaatkan sebagai pupuk yang mengandung lebih sedikit bakteri pathogen (Butar-Butar, Amin, dan Kasim, 2013) yang berasal dari limbah buangan digester (Gambar 3, 4 dan 5). Ada tiga kondisi digestifikasi anaerobik berdasarkan suhu digesternya (Waskito, 2011)

- Kondisi Psikoprilik : Pada kondisi ini, suhu digester antara 10-18<sup>0</sup> C, dan sampah cair terdigestifikasi selama 30-52 hari.
- Kondisi Mesopilik : Pada kondisi ini, suhu digester antara 20-45<sup>0</sup> C, dan sampah cair, terdigestifikasi selama 18-28 hari. gas yang dihasilkan lebih sedikit dan volume digester lebih besar.
- Kondisi Termopilik : Pada kondisi ini, suhu digester antara 50-70<sup>0</sup> C, dan sampah cair terdigestifikasi selama 11-17 hari. Digester pada kondisi termopilik menghasilkan banyak gas, tapi biaya investasinya tinggi dan pengoperasiannya rumit.



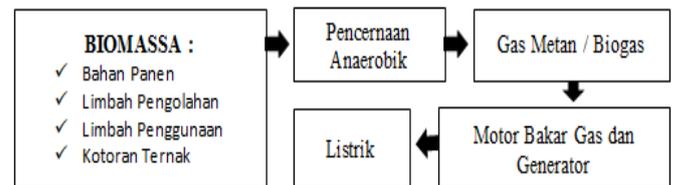
Gambar 3 Digester Fiber (India, 2013)



Gambar 4 Digester Plastik (India, 2013)



Gambar 5 Digester Semen (India, 2013)



Gambar 6 Konversi biomassa menjadi energi listrik (Waskito, 2011)

Konsentrasi kandungan kimia mineral-mineral atau tingkatan racun dari beberapa zat penghambat, yang terdapat dalam proses pencernaan limbah organik ditunjukkan pada Tabel 3. Karbon dan Nitrogen adalah sumber makanan utama bagi bakteri anaerob, dibutuhkan untuk membentuk struktur sel bakteri. Kandungan nitrogen dan rasio karbon nitrogen ditunjukkan pada Tabel 4. Pengadukan sangat bermanfaat bagi bahan yang berada di dalam digester anaerob, karena memberikan peluang material tetap tercampur dengan bakteri dan temperatur terjaga merata diseluruh bagian.

Persamaan yang menentukan proses pembentukan gas dan fermentasi limbah organik adalah :

1. Persamaan Produksi Gas Spesifik

$$SBP(day - 1) = \frac{Gas\ Production(m^3\ per\ Hari)}{Digester\ Volume(m^3)}$$

2. Persamaan Produksi Gas Metan Spesifik

$$SMP(m^3 CH_4 \text{ kg ODM}) = \frac{Volume \text{ Gas } CH_4 (m^3 \text{ per Hari})}{Laju \text{ Penambahan Bahan Organik}(kg \text{ ODM per Hari})}$$

Biomassa, dapat digunakan sebagai bahan bakar dan sebagai sumber energy alternatif untuk penggerak generator pembangkit tenaga listrik serta menghasilkan energi panas.

Tabel 3 Tingkatan Racun dari Beberapa Zat Penghambat

Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	5,000 ppm
Sodium Klorida atau garam (NaCl)	40,000 ppm
Cyanide Below	25 mg/l
Alkyl Benzene Sulfonate (ABS)	40 ppm
Ammonia	3000 mg/l
Nitrat (dihitung sebagai N)	0.05 mg/l
Tembaga (Cu <sup>2+</sup> )	100 mg/l
Khrom ((Cr <sup>+3</sup> ))	200 mg/lg
Nikel (Ni <sup>+3</sup> )	200 – 500 mg/l
Sodium (Na <sup>+</sup> )	3,500 – 5,500 mg/l
Potasium (K <sup>+</sup> )	2,500 – 4,500 mg/l
Kalsium (Ca <sup>+2</sup> )	2,500 – 4,500 mg/l
Magnesium (Mg <sup>+2</sup> )	1,000 – 1,500 mg/l
Mangan (Mn <sup>+2</sup> )	diatas 1,5001 500 mg/l

(Waskito, 2011)

Tabel 4. Rasio Carbon (C) dan Nitrogen (N) beberapa bahan organik

Bahan Organik	Rasio C/N
Kotoran bebek	8
Kotoran manusia	8
Kotoran ayam	10
Kotoran kambing	12
Kotoran babi	18
Kotoran domba	19
Kotoran kerbau/sapi	24
Enceng Gondok (water hyacinth)	25
Kotoran gajah	43
Jerami (jagung)	60
Jerami (padi)	70
Jerami (gandum)	90
Sisa gergajian	diatas 200

Penentuan Kapasitas Biomassa (Produksi Gas Metan) dan Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLT Biomassa) (Yulianto, Adi, dan Priyambodo, 2010) dilakukan mengikuti prosedur berikut :

1. Penentuan data Bahan Baku dengan pemanfaatan sampah organik (kg/hari)
2. Perhitungan jumlah total solid (TS) volatile solid (VS) dalam proses anaerobik digestion.

$$TS = TS \times Ps \text{ Kg}$$

$$VS = VS \times TS \text{ Kg}$$

$$Ps$$

$$= \text{Data Potensi Bahan Baku Biogas (Kg per hari)}$$

$$TS = \text{total solid (Kg / hari)}$$

$$VS = \text{volatile solid (Kg / hari)}$$

3. Perhitungan jumlah volume gas metan

$$Vgm = 0,417 \times VS \text{ m}^3$$

$$Vgm = \text{Jumlah Volume Gas Metan}(m^3)$$

$$VS = \text{volatile solid}(Kg / \text{hari})$$

4. Perhitungan Potensi Energi Listrik

$$E = Vgm \times FK \text{ kWh}$$

$$E = \text{Produksi Energi Listrik}(kWh)$$

$$Vgm = \text{Jumlah Volume Gas Metan}(m^3)$$

$$FK = \text{Faktor Konversi}(kWh / m^3)$$

Tabel 5 Konversi Gas Metan Menjadi Listrik

Jenis Energi	Setara Energi	Referensi
1. 1 Kg Gas Metan	6,13 x 10 <sup>7</sup> J	Renewable Energy Conversion, Transmsision and Storage, Bent Sorensen, Juni 2007
2. 1 kWh	3,6 x 10 <sup>6</sup> J	
3. 1 m <sup>3</sup> Gas Metan Massa	4,0213 x 10 <sup>7</sup> J	
Jenis Gas Metan adalah 0,656 Kg/m <sup>3</sup>		
4. 1 m <sup>3</sup> Gas Metan	11,17 kWh	

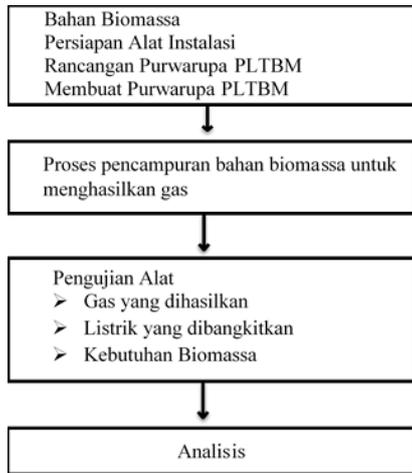
(Sørensen, 2007)

Gas metan mengandung unsur-unsur yang tidak bermanfaat untuk pembakaran khususnya H<sub>2</sub>O dan H<sub>2</sub>S. Bila gas metan digunakan untuk bahan bakar kendaraan atau bahan bakar pembangkit listrik gas H<sub>2</sub>S yang berpotensi menyebabkan korosi pada komponen mesin harus dibuang melalui peralatan penyaring/ filter sulfur (Waskito, 2011). Filterisasi dilakukan untuk memfilter H<sub>2</sub>S yang dikandung gas atau zat lain. Dalam biogas seperti air, karbon dioksida, asam sulfat, merupakan polutan yang mengurangi kadar panas. Pembakaran gas bahkan dapat menyebabkan karat yang merusakkan mesin.

Zeolit merupakan kelompok mineral yang mempunyai sifat dapat menyerap air dan melepaskannya lagi. Kemampuan adsorpsi zeolit juga dipengaruhi oleh perbandingan Si/Al dan geometri pori-pori zeolit. Variabel yang berpengaruh lainnya termasuk luas permukaan dalam, distribusi ukuran pori (Dienullah dan Tira, 2017). Air mineral dalam pengujian ini dipakai untuk mencampur zeolit dan fly ash agar mudah dibentuk menjadi pelet. Tepung yang digunakan adalah tepung tapioka yang ada di pasaran yang berfungsi sebagai bahan perekat. Campuran ini diharapkan dapat mengoptimalkan proses pembakaran menjadi lebih sempurna. Fly ash berperan sebagai penyerap air atau H<sub>2</sub>O sehingga air berkurang. Karena sifat fly ash menyerap air sehingga panas yang diambil O<sub>2</sub> lebih banyak, yang mengakibatkan gas C<sub>o</sub>, H<sub>c</sub> maupun N<sub>o</sub> yang keluar dari knalpot gas buang mesin diesel semakin kecil.

**METODE PENELITIAN**

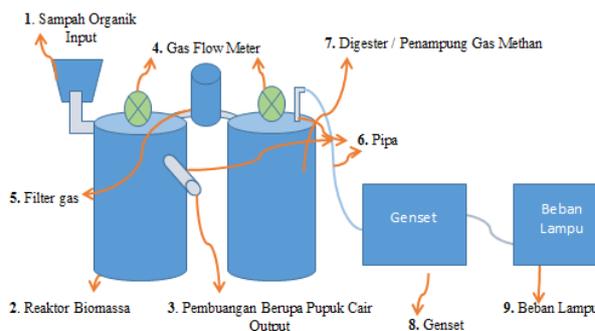
Pelaksanaan kegiatan dimulai dari pengumpulan data, survei lokasi, potensi bahan biomassa, merancang instalasi dan pengujian hasil. Tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 7.



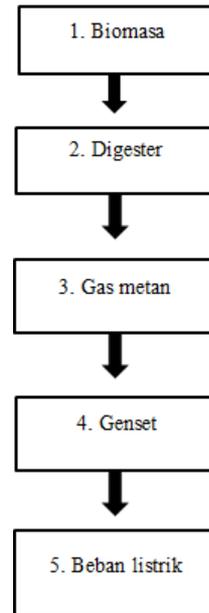
Gambar 7 Diagram Tahapan Riset PLTBM

Perolehan data dilakukan menggunakan Desain Instalasi PLTBM sebagai berikut:

- a. Reaktor (digester) yang terdiri dari :
  - Bak Pencampur
  - Bak (corong) Pemasukan Bahan
  - Bejana Pencerna ( memiliki pipa / kran keluaran gas)
  - Bak keluaran Bahan
  - Bejana untuk filter
  - Alat Pengaduk/pencampur
  - Alat Penusuk
- b. Alat Pengukur tekanan dengan metode kolom air.
  - Alat Pencatat Waktu (jam)
  - Alat Uji Kadar Air
  - Cawan Petri
- c. Bahan :
  - Sampah Organik dan Kotoran Sapi
  - Starter EM4
  - Air



Gambar 8 Purwarupa Instalasi PLT biomassa



Gambar 9 Sistem Kerja Instalasi PLT biomassa. Bahan biomassa dicampur dengan air sampai menjadi bubur setelah itu dituangkan EM4 bakteri fermentasi 249 ml dengan perbandingan 1:1 yaitu 1 satuan volume biomassa dan 1 satuan volume air. Di dalam digester bahan biomassa terfermentasi dan mengalami proses anaerobik untuk menghasilkan gas metan. Gas metan yang dihasilkan dari proses anaerobik akan terfilterisasi sehingga bersih dari unsur pengotor yang dapat merusak mesin Gas metan yang sudah bersih dari unsur pengotor masuk melalui saluran yang menuju ke ruang bakar motor dan terjadi proses pembakaran karena percikan bunga api busi dan terjadi ledakan. Tegangan listrik dari genset dapat dimanfaatkan untuk menghidupkan beban lampu.

Proses Pencampuran Biomassa dilakukan sesuai langkah-langkah berikut :

- a. Sampah organik dan kotoran sapi dikumpulkan dan dicampur di dalam wadah
- b. Menimbang masing-masing sampah organik dan kotoran sapi guna menentukan yang ditentukan dalam proses pencampuran bahan biomassa dengan air.
- c. Untuk sampah organik dapat dilakukan penggilingan agar mendapatkan ukuran sampah organik lebih halus, agar mempermudah proses pencernaan dalam fermentasi pembentukan gas metan.
- d. Bahan biomassa dimasukkan ke dalam bak dan ditambahkan air sehingga diperoleh bahan dengan komposisi 1 : 1 air dan bahan biomassa
- e. Pada saluran masukan masuk bahan biomassa yang telah tercampur didorong dengan alat pendorong (jika konstruksi reaktor sempurna, maka akan masuk secara otomatis, dan mendorong bahan biomassa yang telah menjadi ampas).

f. Tutup lubang saluran masuk dengan rapat agar tidak ada udara maupun benda asing dari luar yang masuk dan dapat mempengaruhi proses dan hasil dari gas metan tersebut



Gambar 10 Gas Metan Menjadi Bahan Bakar Genset. Gas metan yang telah terbentuk siap dimanfaatkan. Saluran gas pada genset selang bensin di karburator dilepas dan diganti dengan selang gas. Dengan menutup chock dan menutup lubang anginnya. Sehingga pada saat genset dihidupkan yang masuk dalam ruang pembakaran motor adalah gas metan dengan sedikit udara. Ruang bakar : Gas metan yang masuk dalam ruang bakar meledak karena percikan api busi yang mendorong piston dan menggerakkan poros engkol sehingga terjadi unjuk kerja mekanik yang memutar poros generator. Generator : Poros generator berputar sehingga timbul medan magnet yang membangkitkan tegangan listrik

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Tabel 6 dan 7 berikut digunakan untuk bahan acuan perhitungan potensi limbah biomassa.

Tabel 6 Potensi Jenis Bahan Baku Biogas

Tipe Limbah Organik	Produksi Biogas Per Kg Waste (m3) (% VS)
Sapi (Lembu/Kerbau)	0.023 - 0.040
Babi	0.040 - 0.059
Ayam	0.065 - 0.116
Manusia	0.020 - 0.028
Sampah Sisa Panen	0.037
Air Bakau (Water hyacinth)	0.045

(United Nations, 1984)



Gambar 11 Lumpur Buangan (Bio solid)



Gambar 12 Kotoran sapi dan sampah organik dalam bioreaktor

Tabel 7 Unjuk Kerja Sampel Instalasi Biogas

Uraian	Referensi	Hasil Uji dan Analisa
<i>Undergraduate</i>		
<b>1. Kondisi bahan (kotoran sapi)</b>		
- Total Solid, kg / ekor/ hari	4,8	4,2
- Volatile Solid, kg / ekor/ hari	3,9	3,8
- Kadar air, %	7 - 9	13,59
- C/N rasio	1: 25 - 1: 30	1:17
- COD, mg/l	-	19 800
- BOD / COD	-	0,06
<b>2. Kondisi dalam reaktor (proses)</b>		
- Suhu, °C	35	25 - 27
- pH	7,0 - 8,0	7 - 8,6
<b>3. Kandungan Kimia Biogas</b>		
- CH <sub>4</sub> , %	50 - 60	77,13
- CO <sub>2</sub> , %	30 - 40	20,88
- H <sub>2</sub> S, µg / m <sup>3</sup>	< 1%	1544,46
- NH <sub>3</sub> , µg / m <sup>3</sup>	-	40,12
<b>4. Kondisi lumpur buangan dari reaktor</b>		
COD	500 - 2500	1 960
BOD / COD	0,5	0,37
<b>Kandungan unsur hara</b>		
• Nitrogen	1,45	1,82
• Pospor	1,1	0,73
• Kalium	1,1	0,41
<b>5. Unjuk Kerja</b>		
- Lampu penerangan, m <sup>3</sup> /jam	0,11 - 0,15	0,15 - 0,3
	(penerangan setara dengan 60 watt lampu bohlam ≈ 100 candle power ≈ 620 lumen). Tekanan: 70 - 85	Tekanan = 30 - 60 mmH <sub>2</sub> O
- Kompor gas, m <sup>3</sup> /jam	0,2 - 0,45	0,2 - 0,4
	0,3 m <sup>3</sup> / orang / hari Tekanan: 75 - 90 mmH <sub>2</sub> O	Tekanan = 60 - 85 mmH <sub>2</sub> O

Dari data tersebut dapat dihitung kapasitas biogas yang dihasilkan dari potensi yang ada, yaitu:

TS menggunakan Tabel 7 adalah 4,2 (kg/hari) sampah organik dan kotoran sampel 25 (kg/hari) adalah

$$(\%)TS = \frac{4,2 \text{ (kg / ekor / hari)}}{25 \text{ (kg / ekor / hari)}} \times 25 \times 6 = 25,2(\%)$$

$$(\%)VS = \frac{3,8 \text{ (kg / ekor / hari)}}{25 \text{ (kg / ekor / hr)}} \times 25 \times 6 = 22,8(\%)$$

Maka bahan biomassa yang dihasilkan 25 (kg/hari)  
 $TS = 25,2(\%) \times 25 \text{ (kg/ ekor/ hari)} \times 6$   
 $= 37,8 \text{ (kg/ hari)}$   
 $VS = 22,8(\%) \times 25 \text{ (kg/ ekor/ hari)} \times 6$   
 $= 28,5 \text{ (kg/ hari)}$

Potensi volume biogas (VBM)  
 $= 0,023 \text{ (m}^3/\text{kg)} \times 105 \text{ (kg/ hari)}$   
 $= 25,4 \text{ (m}^3/\text{hari)}$

Laju produksi gas tiap m<sup>3</sup> perhari adalah Volume produksi biogas  
 $= VBM \times VS = \text{Volume produksi biogas} \times VS$   
 $= 25,4 \text{ (m}^3/\text{hari)} \times (28,5 \text{ kg / hari)}$   
 $= 723,9 \text{ (m}^3/\text{kg)}$

Perhitungan Produksi Gas Metan  
 $VGM = 70 (\%) \times VBS$   
 $= 70 (\%) \times 25,4 \text{ (m}^3/\text{ hari)}$   
 $= 17,78 \text{ (m}^3/\text{ hari)}$

Tabel 8 Komposisi biogas (%) kotoran sapi dan campuran kotoran ternak dengan sisa pertanian

Jenis gas	Biogas	
	Kotoran sapi	Campuran kotoran + sisa pertanian
Metan (CH4)	65,7	54 – 70
Karbon dioksida (CO2)	27	45 – 57
Nitrogen (N2)	2,3	0,5 - 3,0
Karbon monoksida (CO)	0	0,1
Oksigen (O2)	0,1	6
Propena (C3H8)	0,7	-
Hidrogen sulfida(H2S)	-	Sedikit
Nilai kalor (kkal/m2)	6513	4800 – 6700

(Waskito 2011)

Perhitungan potensi energi listrik yang dihasilkan diketahui volume gas metan yang dihasilkan, yaitu 17,78 m<sup>3</sup>/hari, dan Faktor Konversi (FK) berdasarkan Tabel 8 (1 m<sup>3</sup> Gas Metan setara 11,72 kWh), sehingga

$$E = VGM \times FK$$

$$= 17,78 \times 11,72$$

$$= 208,3816 \text{ (kWh/ hari)}$$

Daya listrik yang dibangkitkan perhari dibagi dengan 24 jam, yaitu:

$$FK = \frac{E}{24} = \frac{208,3816}{24}$$

$$= 8,68 \text{ kW} \approx 0,00868 \text{ MW}$$

Variable yang diuji coba:

Sesuai dengan tabel 2.2 nilai kesetaraan 1 m<sup>3</sup> = 0,46 kg LPG

$$VBS:0,46 = 52,4 : 0,46$$

$$= 24,104 \approx 25 \text{ kg}$$

Dalam penelitian ini digunakan genset merk Lakoni seperti ditunjukkan pada Gambar 13 dan spesifikasinya ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 9 Hasil perhitungan kapasitas biogas PLTBiomassa

No	Jenis Proses Perhitungan	Hasil Perhitungan
1.	Potensi Bahan biomassa (Q)	105 kg/hari
2.	Perhitungan jumlah dari total solid (TS)	37,5 kg/hari
3.	Perhitungan jumlah dari volatile solid (VS)	28,5 kg/hari
4.	Perhitungan jumlah volume produksi biogas (VBS)	52,4 m <sup>3</sup> /hari
5.	Perhitungan jumlah volume gas metan (VGM)	17,78 m <sup>3</sup> /hari
6.	Perhitungan potensi energi listrik (E)	208,3816 kWh/hari
7.	Daya yang dibangkitkan	0,00868 MW

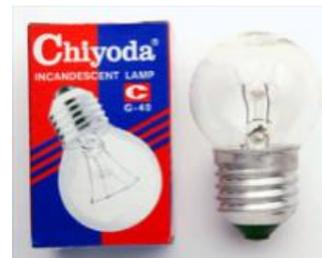


Gambar 13 Genset Lakoni 850 Watt Zeus 1000

Tabel 10 Spesifikasi Genset Lakoni 850 Watt Zeus 1000

Daya Output	0.85 KVA (at 50 Hz)
Frekuensi	50 Hz
Voltage	220 V/ 1 Phase
Model Mesin	2.6HP BENSIN (GASOLINE)
Tipe Mesin	4 Stroke, 1 Cylinder
Sistem Starter	Recoil
Kapastias Tangki	5,5 L
Kapasitas Oli	0.5 liter
Lama Operasi	6 jam
Konsumsi Bensin	0,92 Ltr/Jam

Dalam penelitian ini digunakan lampu merk chiyoda seperti ditunjukkan pada Gambar 14 dan spesifikasinya pada Tabel 11



Gambar 14 Lampu Chiyoda 5 Watt

Karakteristik hasil perhitungan berdasarkan data-data di atas ditunjukkan pada Gambar 15-17 di bagian akhir artikel ini.

Tabel 11 Spesifikasi Lampu Chiyoda

Diameter:	40 mm
Max Length:	
E27 Base:	73 mm
B22 Base:	71.5 mm
Voltage:	115-125
	220-240
Filament:	SC
Base:	E27 and B22
Wattage:	5 and 10

Tabel 12 Kondisi Genset terhadap penambahan beban

No	Beban (Watt)	Hasil Pengukuran		
		V (Volt)	I (Ampere)	P (Watt)
1	0	35	0	0
2	5	107	0,04	6,75
3	10	100	0,06	7,76
4	15	166	0,14	23,52
5	20	181	0,22	40,79
6	25	194	0,28	55,97
7	30	197	0,34	67,93
8	35	200	0,40	80,60
9	40	196	0,44	88,11
10	45	199	0,50	100,6
11	50	238	0,66	160,6
12	55	214	0,68	147,8
13	60	223	0,73	171,1
14	65	217	0,79	174,2
15	70	209	0,84	176,3
16	75	192	0,87	166,9
17	80	193	0,87	168,3
18	85	206	0,96	200,1
19	90	218	1,08	237,5
20	95	231	1,18	273,6
21	100	230	1,23	185,2
22	105	230	1,28	195,1
23	110	206	1,25	258,4
24	115	247	1,46	360,3
25	120	213	1,32	196,3
26	125	202	1,39	282,3
27	130	219	1,51	333,0
28	135	225	1,60	361,1
29	140	223	1,65	368,6
30	145	222	1,73	384,9
31	150	228	1,86	426,5

Tabel 13 Uji beda dua sample beban lampu terhadap daya output

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances		
	Variable 1	Variable 2
Mean	75	183.8751613
Variance	2066.666667	14884.54198
Observations	31	31
Hypothesized Mean Difference	0	
df	38	Df/ DRAJAT KEBEBASAN
t Stat	-4.65596089	NILAI HITUNG
P(T<=t) one-tail	1.93246E-05	NILAI P VALUE
t Critical one-tail	1.68595446	NILAI T TABLE
P(T<=t) two-tail	3.86492E-05	NILAI P VALUE
t Critical two-tail	2.024394164	NILAI T TABLE

**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Sampah organik dan kotoran sapi dapat menghasilkan tenaga listrik.
2. Bahan biomassa 105 kg/hari dapat menghasilkan total solid (TS) 31,5 kg/hari dan menghasilkan volatile solid (VS) 28,5 kg/hari
3. 105 kg sampah organik dan kotoran sapi dapat menghasilkan 25 kg gas metan.
4. Melalui proses digestifikasi, bahan biomassa dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku

produksi biogas. Selanjutnya biogas dapat dimanfaatkan menjadi bahan bakar genset 4 langkah.

5. Gas metan sebanyak 25 kg dapat menghasilkan tegangan 228 Volt untuk beban 150 Watt.

**DAFTAR PUSTAKA**

Asmoro, Pungut, Dan Dominggos Dominggos. 2012. “Modifikasi Generator Listrik (Genset) Menggunakan Bahan Bakar Biogas Untuk Penerangan Lampu Jalan.” *Waktu* 10 (1): 50–58.

Butar-Butar, David Partogi, M. Natsir Amin, Dan Surya Tarmizi Kasim. 2013. “Analisa Biaya Produksi Listrik Per Kwh Menggunakan Bahan Bakar Biogas Limbah Cair Kelapa Sawit (Aplikasi Pada PltbgS Pks Tandun).” *Singuda Ensikom* 3.

Dienullah, Muhammad, Dan Hendry Sakke Tira. 2017. “Pemurnian Biogas Dengan Sistem Berlapis Menggunakan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Zeolit Sintetik Dan Zeolit Alam” 15: 8.

India, Mart. 2013. “Household Biogas Plant.” 2013.

Kong, Gan Thay. 2013. *Peran Biomassa Bagi Energi Terbarukan*. Elex Media Komputindo.

Padmono, Djoko. 2011. “Biogas Sebagai Energi Alternatif Antara Mito Dan Fakta Ilmiah.” *Jurnal Teknologi Lingkungan* 8 (1).

Rakhmadani, Poppy. 2017. “Pembangkit Listrik Tenaga Biogas.”

Soerawidjaja, Tatang H. 2011. “Rintangan-Rintangan Percepatan Implementasi Bioenergi.” Dalam *Seminar Kadin “Memasuki Era Energi Baru Dan Terbarukan Untuk Kedaulatan Energi Nasional*. Vol. 14.

Sørensen, Bent. 2007. *Renewable Energy Conversion, Transmission, And Storage*. Elsevier.

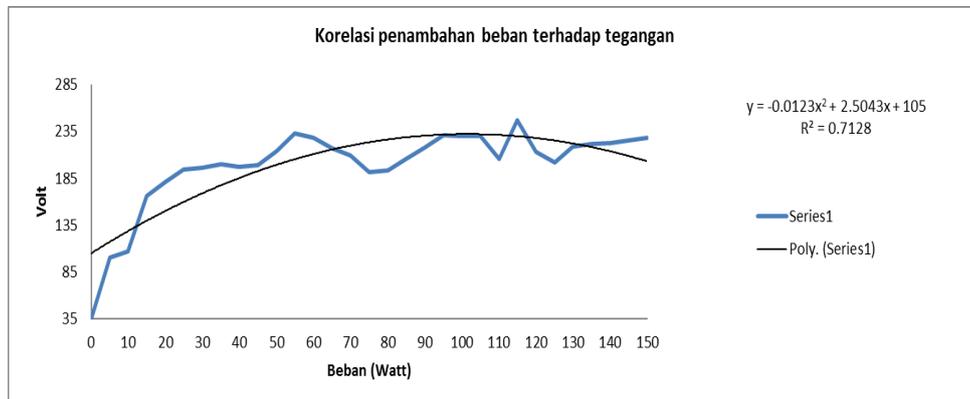
(Statistics Of Malang Municipality), Badan Pusat Statistik Kota Malang. 2015. “Data Statistik Limbah Organik Kota Malang.” <https://Malangkota.Bps.Go.Id/Statictable/2015/03/21/502/Volume-Dan-Pengelolaan-Sampah-Di-Kota-Malang-M3-2010---2012.Html>.

United Nations (1984), Kalle, G.P. & Menon; K.K.G., T.T. “Updated Guidebook On Biogas Development - Energy Resources Development Series 1984, No. 27, United Nations, New York, Usa, 1984 - Penelusuran Google.” Diakses 16 Juli 2019. Biogas Development - Energy Resources Development Series.

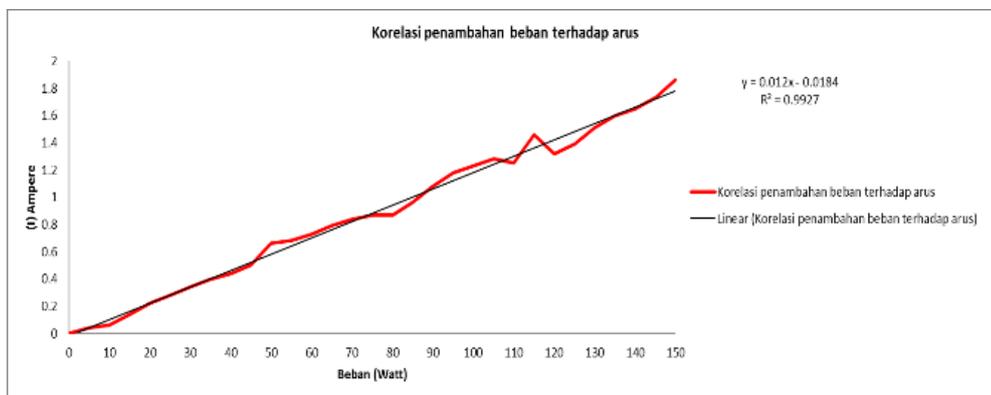
Waskito, Didit. 2011. "Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Dengan Pemanfaatan Kotoran Sapi Di Kawasan Usaha Peternakan Sapi," 103.

Pemanfaatan Biogas Sebagai Pembangkit Energi Listrik Di Dusun Kaliurang Timur, Kelurahan Hargobinangun, Pakem, Sleman, Yogyakarta." *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan 2* (2): 83–89.

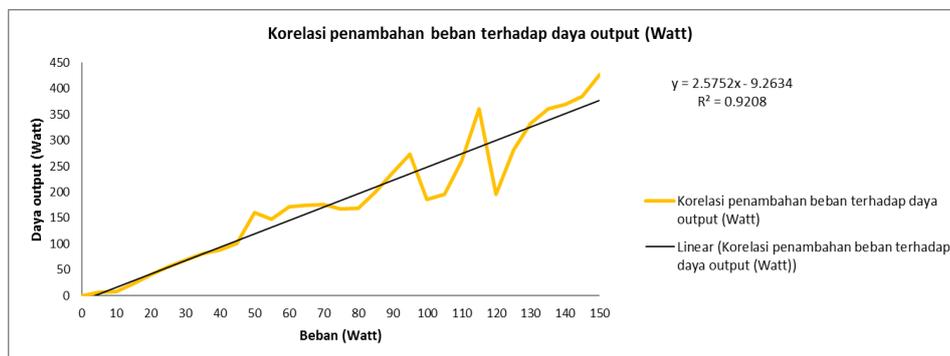
Yulianto, Andik, Agung Nugroho Adi, Dan Hervian Lanang Priyambodo. 2010. "Studi Potensi



Gambar 15 Kurva hubungan penambahan beban lampu terhadap tegangan



Gambar 16 Kurva hubungan penambahan beban lampu terhadap arus listrik



Gambar 17 Kurva hubungan beban lampu terhadap daya output listrik