

## Analysis of the Electrical Power Results from the Conversion of Cow Manure in a Biogas Power Plant

## Analisis Daya Listrik Hasil Konversi Kotoran Sapi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Biogas

\*Agus Siswanto<sup>1</sup>, Muhammad Rizal Ma'arif<sup>2</sup>, Muhamad Soleh<sup>3</sup>, Erfan Subiyanta<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon, Jawa Barat, INDONESIA.

### INFORMASI ARTIKEL

NASKAH DITERIMA: 16 Maret 2021

DIREVISI: 14 April 2021

DISETUJUI: 15 Juni 2021

\*KORESPONDENSI PENULIS :

[asiswanto.untagcrb@gmail.com](mailto:asiswanto.untagcrb@gmail.com)

### Abstract

The need for renewable energy is urgently needed at this time to replace fossil energy as a source of electricity generation. The use of environmentally friendly renewable energy continues to be developed in order to deal with the energy crisis and create a healthy environment. The purpose of writing this final project is to analyze the electrical power resulting from the conversion of cow dung in a biogas power plant, so as to produce the efficiency value of biogas as a power plant. In this final project, electric power is generated from biogas and LPG gas which are converted using a generator set, after which the comparative values of biogas and LPG gas are obtained. The location of this research was conducted at a cattle farm in Girinata Village, Dukuntang District, Cirebon Regency. Calculations are made using varying loads, LPG gas fuel produces electricity that is quite stable compared to biogas which is still unstable. The stability of the electric power is generated due to the presence of high and stable fuel pressure, the more stable the pressure, the stable the generated electric power.

Keywords: Renewable Energy, Biogas, Energy Conversion

### Abstrak

Kebutuhan energi terbarukan sangat diperlukan saat ini untuk menggantikan energi fosil sebagai sumber pembangkit listrik. Pemanfaatan energi terbarukan yang ramah lingkungan terus dikembangkan guna menghadapi krisis energi dan menciptakan lingkungan yang sehat. Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk menganalisa daya listrik yang hasil konversi kotoran sapi pada pembangkit listrik tenaga biogas, sehingga menghasilkan nilai efisiensi biogas sebagai pembangkit listrik. Dalam tugas akhir ini, daya listrik dihasilkan dari biogas dan gas LPG yang di konversi menggunakan generator set, setelah itu diperoleh nilai perbandingan dari biogas dan gas LPG. Lokasi penelitian ini dilakukan di peternakan sapi yang berada di Desa Girinata Kecamatan Dukupuntang Kabupaten Cirebon. Perhitungan dilakukan menggunakan beban yang bervariasi, pada bahan bakar gas LPG menghasilkan daya listrik yang cukup stabil di bandingkan dengan biogas yang masih belum stabil. Kestabilan daya listrik dihasilkan karena adanya tekanan bahan bakar yang tinggi dan stabil, semakin stabil tekanan maka stabil juga daya listrik yang dihasilkan.

**Kata kunci : Energi Terbarukan, Biogas, Konversi Energi**

### I. PENDAHULUAN

#### 1. Latar Belakang

Indonesia sebagai negara tropis memiliki sumber energi baru terbarukan yang melimpah sebagai energi alternatif pengganti energi fosil. Salah satu energi alternatif tersebut adalah energi biogas [6]. Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses anaerobik, molekul karbon kompleks yang terkandung di dalam bahan organik didegradasi menjadi molekul dengan struktur yang lebih sederhana seperti metana (CH<sub>4</sub>) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Tujuan dari pemanfaatan biogas adalah mencari sumber energi lain seperti bensin sebagai bahan bakar genset. Untuk kasus di Indonesia sebagian

besar pemanfaatan biogas hanya terbatas pada kegiatan untuk memasak dan memanaskan, padahal biogas mengandung bahan utama metana (CH<sub>4</sub>) yang dapat dipergunakan sebagai bahan bakar dalam pembangkit energi listrik.

Konversi energi biogas untuk pembangkit tenaga listrik dapat dilakukan menggunakan gas turbine, microturbines dan Otto Cycle Engine. Dengan dilakukannya konversi energi gas menjadi energi listrik menghasilkan satuan-satuan energi listrik yang dihasilkan sebuah pembangkit listrik tenaga biogas. Maka dari itu diperlukan sebuah "Analisis Daya Listrik Hasil Konversi Kotoran Sapi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Biogas" untuk pengembangan dan uji kelayakan. Dilakukannya

analisis tersebut bertujuan untuk memperoleh daya input dan daya output listrik dari konsumsi gas metana serta membandingkan dengan liquefied petroleum gas (LPG).

**2. Biogas Sebagai Energi Alternatif**

Biogas adalah gas produk akhir pencernaan atau degradasi anaerobik dari bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerobik, termasuk diantaranya kotoran manusia dan hewan, limbah domestik (rumah tangga), sampah biodegradable atau setiap limbah organik yang biodegradable dalam kondisi anaerobik. Komponen terbesar (penyusun utama) biogas adalah metana (CH<sub>4</sub>, 50 - 70 %) dan karbondioksida (CO<sub>2</sub>, 30 - 40 %). Namun, komposisi biogas bervariasi tergantung dengan asal proses anaerobik yang terjadi. Beberapa kandungan biogas dapat dilihat pada Tabel 1 dan potensi produksi gas dari berbagai jenis kotoran pada Tabel 2.

Tabel 1. Kandungan Penyusun Biogas [5]

Komponen	Persentase %
Metan (CH <sub>4</sub> )	50-70%
Karbondioksida (CO <sub>2</sub> )	30-40%
Air (H <sub>2</sub> O)	0,3%
Hidrogen sulfide (H <sub>2</sub> S)	Sedikit sekali
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	1- 2%
Hidroge	5-10%

Tabel 2. Potensi produksi gas dari berbagai jenis kotoran

Jenis Kotoran	Produksi Gas Per m <sup>3</sup>
Sapi / Kerbau	0,023 – 0,040
Babi	0,040 – 0,059
Unggas	0,065 – 0,116
Manusia	0,020 – 0,028

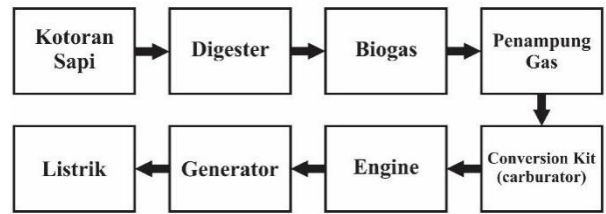
Pemanfaatan energi alternatif kotoran sapi menjadi biogas dapat meminimalisasi pencemaran lingkungan, mengantisipasi habisnya ketersediaan kayu bakar dan mengurangi penggunaan BBM. Beberapa keuntungan pemanfaatan kotoran sapi menjadi biogas adalah:

1. Mengurangi biaya pembelian minyak tanah atau gas elpiji serta hemat tenaga dalam mencari kayu bakar,
2. Ramah lingkungan karena limbah ternak yang selama ini dibiarkan dapat dimanfaatkan,
3. Menghasilkan produk ikutan berupa lumpur organik yang dapat diolah menjadi pupuk kompos,
4. Mendukung program pemerintah hemat energi.

**3. Konversi Energi**

Pembangkitan tenaga listrik sebagian besar dilakukan dengan cara memutar generator sehingga menghasilkan energi listrik. Energi mekanik yang diperlukan untuk menggerakkan generator di dapatkan dari mesin penggerak atau yang sering di gunakan yaitu : mesin diesel, turbin uap, turbin air, dan turbin gas.

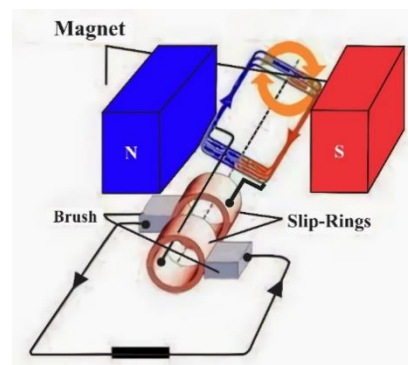
Jadi sesungguhnya mesin penggerak melakukan penggerakan energi primer menjadi energi mekanik, penggerak energi mekanik di kopel ke generator untuk menghasilkan energi listrik.



Gambar 1. Alur diagram dari kotoran sapi menjadi listrik

Generator adalah mesin yang dapat mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik melalui proses induksi elektromagnetik. Generator ini memperoleh energi mekanis dari prime mover atau penggerak mula. Arus listrik yang diberikan pada stator menimbulkan momen elektromagnetik yang bersifat melawan putaran rotor sehingga menimbulkan EMF (*Electromotive Force*) pada kumparan rotor.

Tegangan EMF ini menghasilkan suatu arus jangkar. Jadi diesel sebagai prime mover memutar rotor generator, kemudian rotor diberi eksitasi agar menimbulkan medan magnet yang berpotongan dengan konduktor pada stator dan menghasilkan tegangan pada stator. Karena terdapat dua kutub yang berbeda yaitu utara dan selatan, maka pada 90° pertama dihasilkan tegangan maksimum positif dan pada sudut 270° kedua dihasilkan tegangan maksimum negatif. Ini terjadi secara terus menerus/continue. Bentuk tegangan seperti ini lebih dikenal sebagai fungsi tegangan bolak-balik.



Gambar 2. Jenis Generator dengan Medan Magnet diam

**II. METODE PENELITIAN**

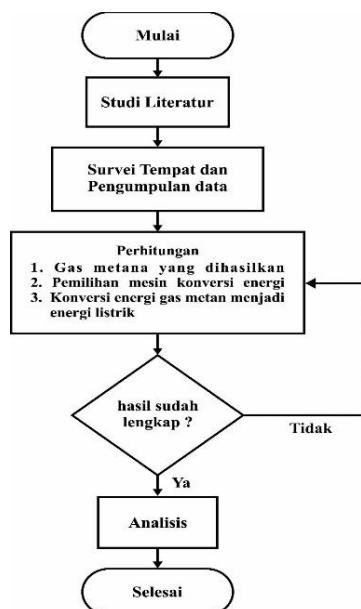
**1. Alur Penelitian**

Proses studi literatur dilakukan sebagai acuan penelitian, digunakan beberapa pustaka dari jurnal dan penelitian sebelumnya mengenai Pemanfaatan kotoran ternak sebagai energi alternatif dan analisis konversi energi biogas. Selanjutnya literatur tersebut digunakan sebagai acuan untuk menyusun kerangka penelitian atau rancangan observasi yang

dilakukan dilapangan. Hal ini bertujuan agar data yang diperoleh tervalidasi.

Dalam melakukan penelitian mengenai Analisis daya listrik hasil konversi kotoran sapi pada pembangkit listrik tenaga biogas di Desa girinata Kabupaten Cirebon. Dibutuhkan data dan lokasi yang tepat untuk memenuhi kebutuhan analisis.

Dari hasil survei dan pemilihan lokasi penelitian didapat data-data yang dibutuhkan sementara sebelum membangun pembangkit listrik tenaga biogas. Selanjutnya didapat hasil perhitungan data yang sudah di dapat untuk memulai analisis.



Gambar 3. Alur Penelitian

## 2. Alat dan Bahan.

Peralatan utama dan pendukung yang digunakan dalam melakukan penelitian antara lain :

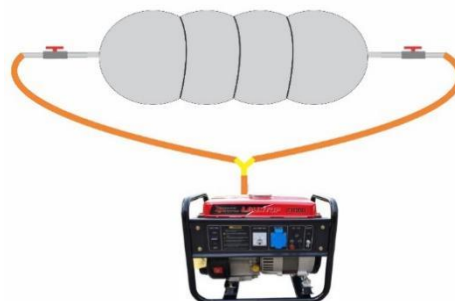
1. PC (Personal Computer) / Laptop
2. Generator set yang telah dimodifikasi
3. AC Panel Meter
4. Timbangan
5. Penampung gas Plastik dan Ban dalam
6. Selang Gas
7. Sambungan Selang Gas Cabang “Y”
8. Sambungan Selang Gas Cabang “+”
9. Filter Biogas

## 3. Pengujian Generator Set

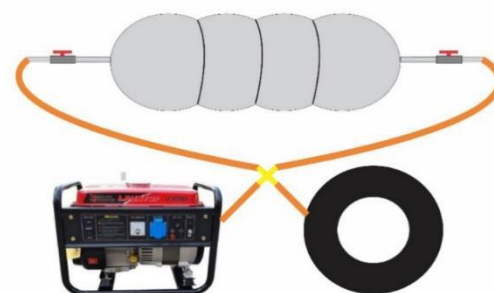
Dalam tahap pengujian ini, penulis melakukan pengujian dengan gas LPG dan biogas yang sudah tersedia sebagai bahan bakar Generator Set. Pengujian dilakukan 3 tahapan, pertama pengujian menggunakan gas LPG, kedua pengujian menggunakan 2 saluran biogas, ketiga pengujian menggunakan 3 saluran biogas.



Gambar 4. Pengujian Menggunakan Gas LPG



Gambar 5. Pengujian Menggunakan 2 Saluran Biogas



Gambar 6. Pengujian Menggunakan 3 Saluran Biogas

## 4. Perhitungan dan Pengukuran Data

Pada tahap perhitungan dan pengukuran data, penulis melakukan perhitungan dan pengukuran yang di tentukan sebagai dasar untuk pengambilan data. Perhitungan dan pengukuran yang dilakukan antara lain sebagai berikut :

1. Perhitungan Tegangan Dan arus  
Dalam Penelitian ini data hasil tegangan dan arus yang terpasang pada beban di ukur dengan cara pengukuran langsung terhadap tegangan dan arus menggunakan AC Panel Meter.
2. Perhitungan Daya Listrik  
Dalam Penelitian ini data hasil daya listrik di ukur dengan cara pengukuran langsung terhadap daya listrik menggunakan AC Panel Meter. Selain menggunakan AC Panel Meter, penulis melakukan pengukuran dengan menggunakan persamaan  $P = V \times I \times \cos \phi$ .
3. Perhitungan Volume Gas Terpakai
  - a. Volume Gas LPG 3kg  
Pada penelitian ini perhitungan volume gas LPG 3kg dilakukan dengan menggunakan timbangan badan. Persamaan yang digunakan seperti pada persamaan

Volume gas terpakai = Volume gas penuh – Volume sisa gas

b. Volume Biogas

Pada Penelitian ini perhitungan volume biogas dilakukan dengan menggunakan rumus volume tabung dikarenakan penampung gas yang berbentuk tabung dengan diameter 100 cm dan tinggi 150 cm. Rumus yang digunakan seperti pada persamaan

$$V = \Pi \times r^2 \times t.$$

Setelah menggunakan rumus tabung. Untuk mengetahui biogas yang terpakai yaitu menggunakan persamaan seperti pada persamaan Volume biogas terpakai = Volume biogas penuh – pengurangan pada tinggi penampung .

4. Perhitungan Nilai Efisiensi Pada Generator Set Pada Perhitungan nilai efisiensi, penulis menggunakan persamaan seperti pada persamaan

$$\eta = \frac{\text{Data Hasil Uji Tegangan Listrik} \times 100}{\text{Tegangan Maksimal Generator}} \%$$

Pada saat melakukan pengujian, diambil 3 data pada masing-masing percobaan. Dari masing-masing percobaan tersebut, penulis dapat menyimpulkan pada percobaan mana yang paling efisien yang digunakan pada Generator Set sebagai pembangkit listrik.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian Genset

a. Hasil Pengujian menggunakan Genset

Pengujian menggunakan gas LPG dilakukan dengan beban 0, 20, 25, sampai 45 Watt untuk mengetahui hasil rata-rata pada setiap pengukuran selama 15 menit.

Data hasil pengujian genset menggunakan gas LPG dapat di lihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Menggunakan Gas LPG

Bahan Bakar	Beban (Watt)	Pengukuran			
		Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)	Konsumsi Gas (Kg)
Gas LPG	0	221	0	0	0.28
	20	216	0.09	19.44	0.35
	25	217	0.11	23.87	0.37
	35	214	0.13	27.82	0.49
	45	208	0.14	29.12	0.43

b. Hasil Pengujian Menggunakan 2 saluran Biogas

Pengujian menggunakan 2 saluran biogas dilakukan dengan beban 0, 20, 25, sampai 45 Watt untuk mengetahui hasil rata-rata pada setiap pengukuran selama 15 menit.

Data hasil pengujian genset menggunakan 2 saluran biogas dapat di lihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Menggunakan 2 Saluran Biogas

Bahan Bakar	Beban (Watt)	Pengukuran			
		Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)	Konsumsi Gas (m3)
Biogas	0	219	0	0	0.165
	20	215	0.07	15.05	0.187
	25	215	0.09	19.35	0.315
	35	214	0.11	23.54	0.315
	45	210	0.13	27.3	0.315

c. Hasil Pengujian Menggunakan 3 saluran Biogas

Pada pengujian genset menggunakan 3 saluran Biogas ini Generator Set tidak menyala, di karenakan beberapa faktor yaitu:

1. Bedanya jenis penampung yang mengakibatkan beda tekanan gas.
2. Pada 3 saluran biogas tekanan terlalu berlebih menyebabkan pengapian pada generator set tidak berfungsi.

3. Hasil Perhitungan Efisiensi Terhadap Generator

Data hasil perhitungan efisiensi terhadap generator set diambil dari masing-masing pengujian dengan tegangan maksimal generator set ketika diukur menggunakan AC panel meter mencapai 222V. Hasil data perhitungan efisiensi dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan efisiensi Generator Set

No.	Metode Pengujian	Hasil Rata-rata Tegangan	Nilai Efisiensi 100%
1.	Gas LPG 3Kg	215	97%
2.	Biogas	214	96%

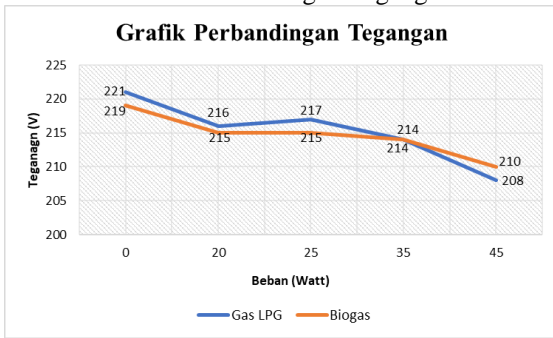
Dari hasil perhitungan nilai efisiensi pada Tabel 5, dapat disimpulkan bahwa nilai efisiensi gas LPG lebih besar karena gas LPG memiliki tekanan yang tinggi dan mudah terbakar sehingga kestabilan generator dibilang cukup baik, sedangkan Biogas bersifat mudah terbakar tetapi memiliki tekanan yang rendah (kurang stabil) sehingga untuk kestabilan generator kurang baik.

Bahan bakar yang memiliki sifat mudah terbakar dan tekanan yang stabil maka kinerja generator berkerja dengan baik. Ini sangat berpengaruh terhadap nilai efisiensi yang dihasilkan generator set.

2. Grafik Perbandingan Gas LPG

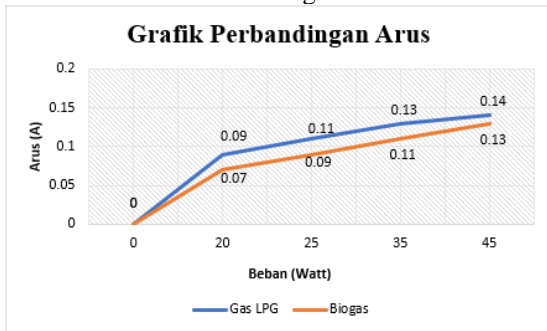
Data grafik hasil perbandingan gas LPG dengan Biogas di hitung menggunakan data dari pengujian gas LPG dan pengujian menggunakan 2 saluran biogas, hasil perbandingan gas LPG dan Biogas sebagai berikut :

a. Grafik Perbandingan Tegangan



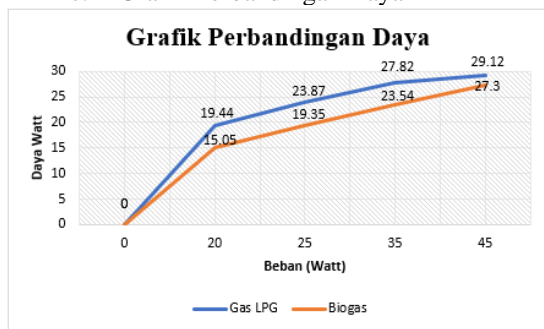
Gambar 7. Grafik Perbandingan Tegangan Gas LPG dan Biogas

b. Grafik Perbandingan Arus



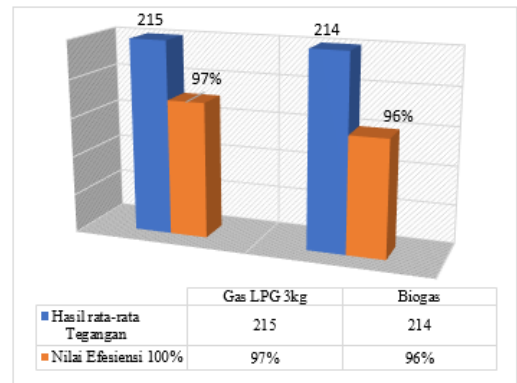
Gambar 8. Grafik Perbandingan Arus Gas LPG dan Biogas

c. Grafik Perbandingan Daya



Gambar 9. Grafik Perbandingan Daya Gas LPG dan Biogas

d. Grafik Perbandingan Nilai Efisiensi gas LPG dan Biogas



Gambar 10. Grafik Perbandingan Efisiensi gas LPG dan Biogas

#### IV. KESIMPULAN

Bedasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

##### 1. Hasil Pengujian Generator Set

Dari hasil pengujian generator set tegangan listrik yang di dihasilkan mendapatkan hasil yang berbeda. Hasil pengujian generator set menggunakan gas LPG menghasilkan tegangan listrik yang stabil berkisar dari 221 sampai 208 Volt, hal ini dapat di lihat dari nilai tegangan. Hasil pengujian generator set menggunakan biogas menghasilkan tegangan listrik yang lebih rendah yaitu 219 sampai 210 Volt, hal ini berpengaruh karena tekanan gas yang masuk ke generator set kurang stabil.

##### 2. Hasil Perhitungan Efisiensi

Dari hasil perhitungan efisiensi di dapat tingkat efisiensi yang berbeda. Efisiensi dari hasil pengujian menggunakan gas LPG lebih tinggi dari pengujian menggunakan Biogas. Hal ini terjadi karena perbedaan tekanan dari setiap bahan bakar, ketika tekanan bahan bakar stabil maka generator set berjalan dengan stabil juga.

Dalam Penelitian ini meskipun gas LPG memiliki nilai efisien yang lebih tinggi dibandingkan Biogas tetapi gas LPG memiliki sifat yang mudah terbakar, jika ada kebocoran gas di takutkan menimbulkan kebakaran. Sedangkan untuk Biogas tidak terlalu mudah terbakar, jadi lebih aman untuk tidak terjadinya kebakaran.

#### REFERENSI

- [1] Kementerian ESDM, “Dewan Energi Nasional Rubah Komposisi Bauran Energi Nasional”, esdm.go.id, 25 Juni 2010, [http://www.esdm.go.id/berita/umum/37\\_umum/3516-dewan-energinasional\\_rubah-komposisi-bauran-energi\\_nasional.html](http://www.esdm.go.id/berita/umum/37_umum/3516-dewan-energinasional_rubah-komposisi-bauran-energi_nasional.html), (diakses 18 Juni 2021).
- [2] Lubis, A. (2007). Energi terbarukan dalam pembangunan berkelanjutan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 8(2).
- [3] Fitradiansyah, D. R. (2008). Studi Pemanfaatan Kotoran Sapi Untuk Genset Listrik Biogas, dan Memasak Menuju Desa Nongkojajar (Kecamatan Timur) Mandiri Energi. *Institut Teknologi Sepuluh Noverber. Surabaya*, 25.

- [4] Arianto, M. R. (2017). Evaluasi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Berbahan Kotoran Sapi (Studi Kasus: Desa Jungkat, Kecamatan Siantan, Kabupaten Mempawah). *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2(1).
- [5] ARNANDO, R., SYAHRIAL, S., & WALUYO, W. (2015). Studi Analisis Daya Pembangkit Listrik Biogas Dari Kotoran Sapi dan Manusia Di Pondok Pesantren Baiturrahman Jawa Barat. *REKA ELKOMIKA*, 3(2).
- [6] Waskito, D. (2011). Analisis pembangkit listrik tenaga biogas dengan pemanfaatan kotoran sapi di kawasan usaha peternakan sapi= Biogas power generation analysis with cow manure utilization area business in beef cattle.
- [7] Romadhona, G., Winarso, W., & Mukholik, A. (2020). Pemanfaatan Biogas Sebagai Sumber Alternatif Tenaga Listrik Di BBPTU HPT Baturren. *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)*, 21(1), 21-28.
- [8] Anggito Tri, A. (2014). Studi Pembangkitan Energi Listrik Berbasis Biogas (Doktoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).