

## Analisis Optimalisasi Produksi Biogas dari Kotoran Sapi dan Jerami dengan Menggunakan Energi Termal

<sup>1</sup>Wahyu Hidayat, <sup>1</sup>Wirawan Pisen, <sup>1</sup>Damawidjaya Biksono,  
<sup>2</sup>Asifa Asri, <sup>1</sup>Yusman H Putra

<sup>(1)</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Manufaktur, Universitas Jenderal Achmad Yani Bandung

<sup>(2)</sup>Program Studi Fisika, FMIPA Universitas Tanjung Pura, Pontianak. Kota Pontianak

Email : [wahyu.hidayat@lecture.unjani.ac.id](mailto:wahyu.hidayat@lecture.unjani.ac.id)

### Abstrak

Energi terbarukan merupakan jenis energi yang bisa diperbaharui dalam waktu yang relatif singkat. Salah satu energi alternatif yang murah, efektif, efisien dan mudah untuk diaplikasikan oleh masyarakat luas adalah Biogas. Bahan baku dalam pembuatan biogas sangatlah berpengaruh terhadap gas metan yang dihasilkan. Idealnya, bahan baku biogas dipilih dan di campur dalam proporsi yang sesuai untuk menghasilkan biogas yang berkualitas. Dengan mencampurkan kotoran sapi dan sekam jerami padi dimana jumlah rasio C/N yang besar dari kedua bahan baku tersebut diharapkan dapat menghasilkan produksi biogas yang lebih optimal secara kualitas dan kuantitas dibandingkan biogas berbahan baku 100% kotoran sapi. Hal ini diharapkan dapat bermanfaat bagi masyarakat khususnya di daerah pedesaan. Produksi biogas dilakukan dengan menggunakan 2 digester yang diisi dengan bahan baku campuran kotoran sapi dan sekam padi dengan komposisi yang sama (60:40) dan dicampurkan air dengan perbandingan 1:1. Proses terbentuknya biogas rata-rata paling tinggi terjadi pada hari ke-7. Produksi biogas tertinggi dihasilkan dari hasil perlakuan pengadukan selama interval 8 jam dan suhu tetap dijaga konstan pada 35°C yang menghasilkan tekanan gas sebesar 102070 Pa. Untuk nilai energi dalam paling besar terjadi pada T 35°C (308 K) sebesar 691.038 kJ/kg dengan tekanan yang dihasilkan sebesar 102070 Pa.

**Kata kunci : biogas, sekam padi, energi panas, energi dalam, optimalisasi biogas**

### Abstract

*Renewable energy is a type of energy that can be renewed in a relatively short time. One of the alternative energies that are cheap, effective, efficient and easy to apply by the wider community is biogas. The raw material for making biogas is very influential on the methane gas produced. Ideally, biogas feedstock is selected and mixed in appropriate proportions to produce good quality of biogas. By mixing cow dung and rice straw husk, where the large C / N ratio of the two raw materials is expected to produce biogas production that is more optimal in quality and quantity compared to biogas made from 100% cow dung. It is expected to be useful for people, especially in rural areas. Biogas production is carried out using 2 digesters filled with a mixture of cow dung and rice husk with the same composition (60:40) and mixed with water with a ratio of 1: 1. The highest biogas formation process occurs on the seventh day. The highest biogas production resulted from stirring treatment for 8 hours intervals and the temperature was kept constant at 35°C which resulted in a gas pressure of 102070 Pa. For the greatest internal energy value occurs at T 35°C (308 K) of 691,038 kJ / kg with the resulting pressure of 102070 Pa.*

**Key words: biogas, rice husk, heat energy, internal energy, biogas optimization**

### PENDAHULUAN

Biogas dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik yang dibantu oleh bakteri anaerob di lingkungan tanpa oksigen bebas, biogas didominasi oleh gas metan (55%-75%), karbondioksida (25%-45%), dan beberapa gas lain dalam jumlah yang lebih kecil. Biogas dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik yang dibantu oleh bakteri anaerob di lingkungan tanpa oksigen bebas, biogas didominasi oleh

gas metan (55%-75%), karbondioksida (25%-45%), dan beberapa gas lain dalam jumlah yang lebih kecil (Widyastuti, 2017).

Karakteristik bahan baku biogas harus memiliki karakteristik yang khas agar keberhasilan proses fermentasi substrat berjalan dengan lancar. Idealnya, bahan baku biogas di pilih dan di campur dalam proporsi tepat untuk menghasilkan biogas yang berkualitas. Kandungan air, derajat keasaman pH dan kualitas bahan baku biogas merupakan hal yang sangat penting dan perlu diperhatikan. Karakteristik bahan baku yang harus diperhatikan adalah C/N perbandingan jumlah karbon (C) dengan nitrogen (N) dalam suatu bahan. Bahan baku yang biasa di jadikan biogas adalah kotoran ternak, gulma air, dan limbah-limbah yang dihasilkan dari produk samping pertanian dan bahkan pemanfaatan limbah eceng gondok juga dapat dijadikan bahan sebagai sumber Carbon (C) dan Nitrogen (N) dalam pembentukan gas metana (Siswanto, 2018). Kotoran sapi memiliki rasio C/N 27,52 paling tinggi dibandingkan dengan bahan lainnya. Kotoran ayam memiliki rasio C/N paling rendah yaitu 13,71.

Bahan dengan rasio C/N yang rendah akan menghasilkan rasio C/N campuran yang rendah pula. Produksi biogas yang berbeda antar perlakuan diduga disebabkan oleh rasio C/N yang berbeda. Dengan bahan baku kotoran sapi murni tanpa campuran bahan lain dengan kapasitas volume digester 2 liter dapat menghasilkan produksi gas sebanyak 84 ml/hari (Yahya, 2017). Jerami padi pun merupakan salah satu limbah pertanian yang banyak ditemukan di Indonesia khususnya di daerah pantai utara. Jerami padi belum dinilai sebagai produk yang memiliki nilai ekonomis. Pada umumnya jerami padi dibakar petani setelah memanen padi, atau sebelum mengolah lahan untuk musim tanam berikutnya. Pembakaran tersebut menghasilkan gas CO<sub>2</sub> dan asap yang berbahaya terhadap kesehatan petani itu sendiri dan lingkungan sekitarnya (Haryanto, 2019). Menurut (Suyitno, Sujono, & Dharmanto, 2010) kandungan rasio C/N yang dimiliki oleh padi-padian adalah 80 – 140 sehingga dimungkinkan dapat menghasilkan produksi biogas yang lebih optimal dibandingkan kotoran sapi.

Biogas dapat diproduksi dari bahan organik dengan bantuan bakteri untuk proses fermentasi anaerobnya. Pada umumnya hampir semua jenis bahan organik dapat diolah menjadi biogas. Untuk biogas sederhana, bahan organik yang paling banyak digunakan di Indonesia adalah dari kotoran dan urine hewan. Beberapa bahan lain yang digunakan adalah dari kotoran manusia, sampah bio (organik), dan sisa proses pembuatan tahu (Suyitno, Sujono, & Dharmanto, 2010).

Proses pembentukan biogas secara anaerobik terjadi dalam tiga langkah proses yaitu hidrolisis, asidogenesis dan metanogenesis. Dalam tahap hidrolisis, senyawa organik kompleks dipecah oleh bakteri hidrolitik. Selanjutnya, dalam tahap asidogenesis, senyawa selanjutnya dipecah menjadi molekul sederhana oleh bakteri pembentuk asam. Kemudian, dalam tahap metanogenesis, bakteri metanogenik akan mengubah asam menjadi gas metana dan karbon dioksida. Proses ini terjadi tanpa kehadiran oksigen. Kualitas biogas ditentukan oleh konsentrasi C (karbon) dan N (nitrogen) dalam material. Limbah organik kebanyakan memiliki rasio C/N antara 10-30. Kenyataannya, beberapa limbah organik tersebut sering bercampur satu sama lain untuk mengoptimalkan atau menyesuaikan rasio C/N. (Rachman, Notosudjono, & Soebagia, 2018).

Gas lain yang juga ikut dihasilkan sebagai produk sampingan pada proses ini dapat dianggap sebagai gas pengotor karena memiliki sifat yang merugikan (seperti menyebabkan korosi atau mengurangi efisiensi pembakaran). Untuk mereduksi kandungan gas pengotor, perlu ditambahkan sistem filtrasi sehingga kemurnian biogas yang dihasilkan dapat ditingkatkan. Tiga jenis gas pengotor yang cukup signifikan mempengaruhi kualitas biogas sebagai bahan bakar adalah karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), hydrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ), dan uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Prinsip filtrasi ketiga jenis gas tersebut adalah sebagai berikut (Asri, 2013).

Pemilihan bahan biogas dapat ditentukan dari perbandingan kadar C (karbon) dan N (nitrogen) dalam bahan tersebut. Bahan organik yang umumnya mampu menghasilkan kualitas biogas yang tinggi mempunyai rasio C/N sekitar 20-30 atau 20-25. Perbandingan C dan N dalam bahan biogas merupakan faktor penting untuk berkembangnya bakteri yang akan menguraikan bahan organik tersebut. Pada perbandingan C/N kurang dari 8, dapat menghalangi aktivitas bakteri akibat kadar amonia yang berlebihan. Pada perbandingan C/N lebih dari 43 mengakibatkan kerja bakteri juga terhambat.

Dalam penelitian ini bahan baku yang akan digunakan adalah campuran kotoran sapi dan limbah jerami padi (sekam padi) dengan variasi perlakuan pengadukan dalam interval 8 jam dan pengondisian suhu dalam reaktor. Jumlah rasio C/N yang besar dari kedua bahan baku dan variasi perlakuan yang dilakukan tersebut diharapkan dapat menghasilkan produksi biogas yang lebih optimal dari biogas berbahan baku 100% kotoran sapi tanpa diberikan perlakuan apapun.

## METODOLOGI

Bahan baku penghasil biogas (6 kg kotoran sapi, 4 kg sekam padi) dimasukan kedalam tabung reactor lalu diberi air dengan perbandingan air dan bahan baku 1:1 dan diaduk hingga menjadi bentuk bubur. Perlakuan pengadukan disini selain untuk mengencerkan bahan baku, juga berperan untuk menaikkan suhu dalam tabung reaktor hingga mencapai suhu  $35^\circ\text{C}$  yang bertujuan agar bakteri pembentuk gas dapat bereaksi cepat. Setelah semua perlakuan tersebut selesai barulah dilakukan proses fermentasi anaerob selama 7 hari sampai gas metan terbentuk. Selama 7 hari itu pula bahan baku dalam tabung reaktor diaduk selama 6 jam sekali setiap harinya.

Setelah tahap perlakuan selesai, gas metan yang terbentuk akan ditampung di tempat penampungan. Gas metan yang terbentuk nantinya akan disaring terlebih dahulu dengan sistem filtrasi pertama yang bertujuan untuk menyaring sisa zat-zat pengotor yang terbawa dan selanjutnya gas akan mengalir melalui selang yang dihubungkan dari reaktor menuju tempat penampungan biogas. Biogas yang tertampung nantinya akan disaring kembali dengan water trap untuk menyaring sisa air yang terbawa dan barulah dialirkan menuju manometer untuk mengukur tekanan yang dihasilkan.

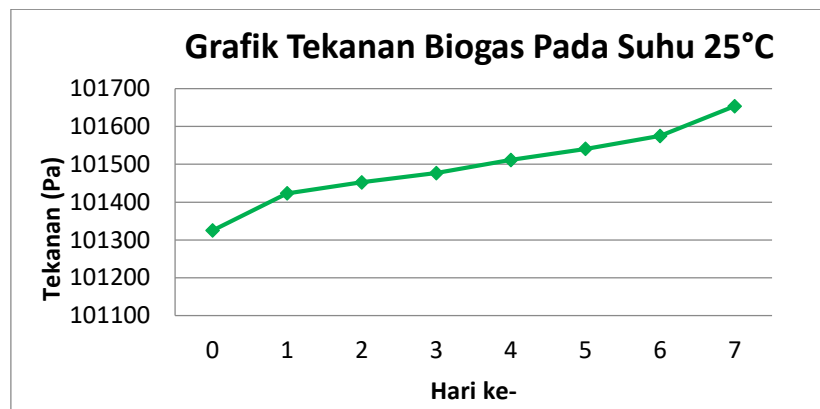
Biogas yang terbentuk nantinya akan menuju manometer, nantinya tekanan gas metan yang terbentuk dapat dilihat dengan naiknya zat cair pada manometer. Untuk manometer tabung terbuka, dibuat dengan menggunakan selang berukuran 1/5 inchi yang dibentuk huruf U dan ditempelkan pada papan kayu yang dipasang tegak lurus dengan alas dudukan. Zat cair yang digunakan untuk mengisi manometer adalah air. Penggaris plastik 30 cm ditempel ditengah papan dengan posisi tepat disisi pipa manometer.



Gambar 1. Instalasi Alat (A) dilakukan perlakuan pengadukan dan  $T=35^{\circ}\text{C}$ , dan (B) tanpa perlakuan

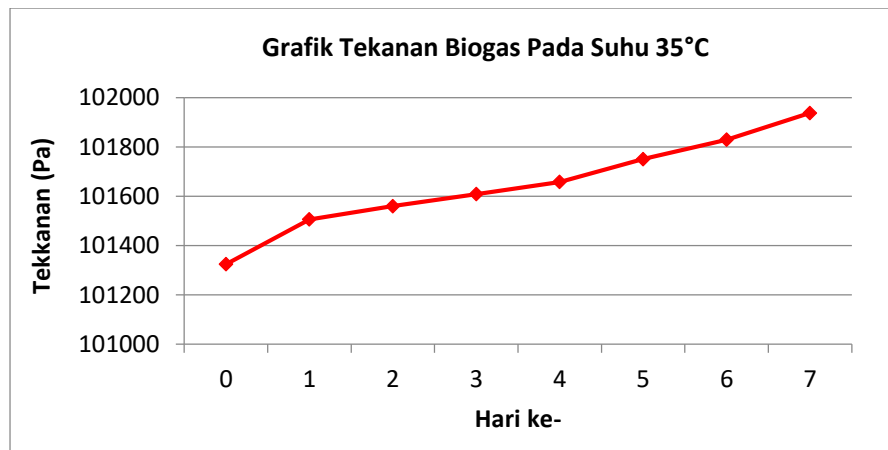
#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengamatan selama 7 hari dan semua data terkumpul maka didapatkan sebuah grafik produksi gas metan terhadap waktu.



Gambar 2. Grafik tekanan biogas pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$

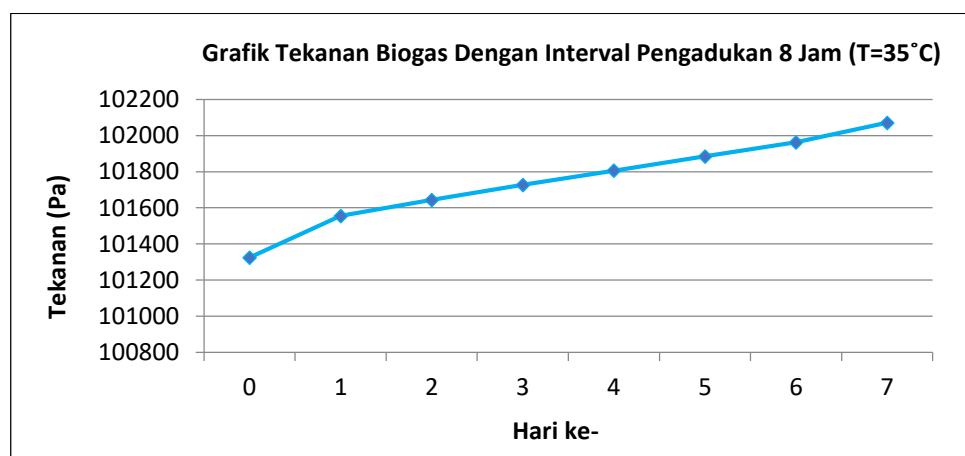
Gambar 2 menunjukkan grafik produksi tekanan biogas tanpa perlakuan apapun dan suhu mengikuti lingkungan  $25^{\circ}\text{C}$ . Dari grafik dapat terlihat bahwa gas mulai terbentuk pada hari ke-1 sebesar 101423 Pa, dan mengalami kenaikan sampai hari ke-6 dan mengalami kenaikan yang cukup tinggi pada hari ke-7 sebesar 101653 Pa.



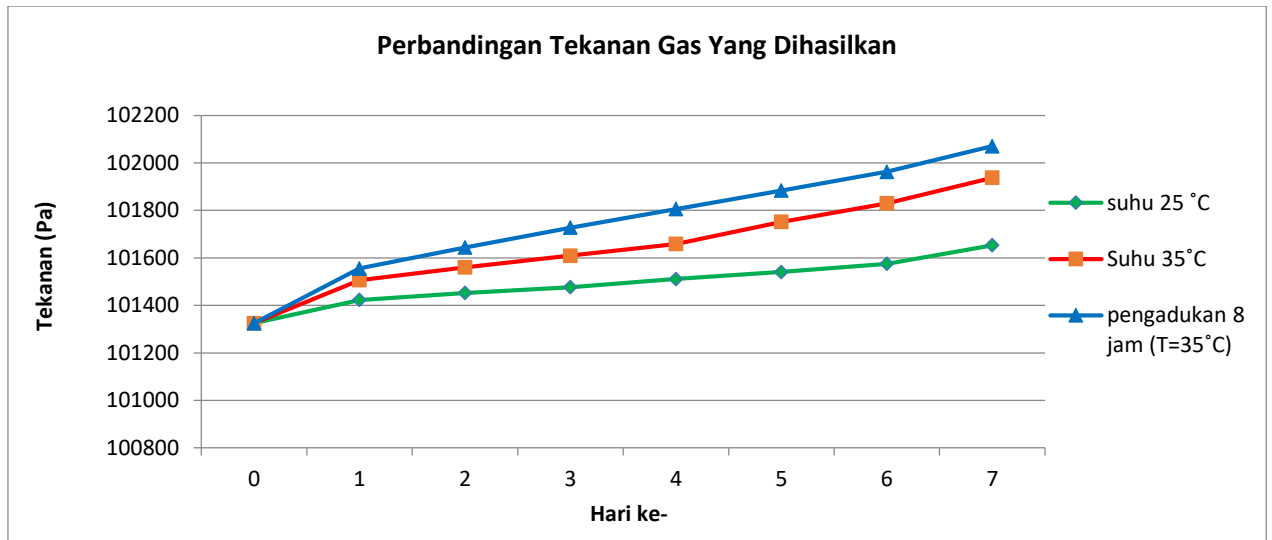
Gambar 3. Grafik tekanan biogas pada suhu 35°C

Gambar 3 menunjukkan grafik produksi tekanan biogas dengan perlakuan dimana suhu dijaga konstan pada 35°C. Sama dengan Gambar 3 gas mulai terbentuk pada hari ke-1, akan tetapi gas yang dihasilkan mengalami peningkatan sebesar 101506 Pa. Gas mulai mengalami kenaikan yang cukup tinggi pada hari ke-5 101751 Pa. Pada hari ke-7 mengalami kenaikan tertinggi sebesar 101938.125 Pa.

Gambar 4 adalah grafik produksi tekanan biogas dengan perlakuan pengadukan selama 8 jam sekali tiap harinya, dan suhu tetap dijaga konstan pada 35°C. Hasilnya terlihat perbedaan yang cukup signifikan, sama halnya dengan sebelumnya dimana gas mulai terbentuk pada hari ke-1 sebesar 101555 Pa. Pada keadaan ini gas mengalami kenaikan yang konstan hingga hari ke-7 dimana kenaikan terbesar tetap terjadi pada hari ke-7 sebesar 102070 Pa.



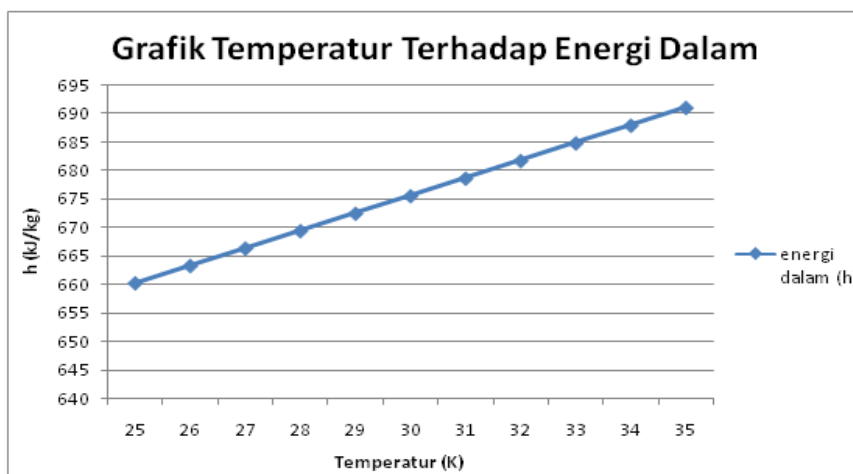
Gambar 4. Grafik tekanan biogas dengan interval pengadukan 8 jam (T=35°C)



Gambar 5. Grafik Perbandingan Tekanan Gas Yang Dihasilkan

Dari Gambar 5 terlihat bahwa produksi biogas dari hasil percobaan yang dilakukan biogas mulai terbentuk di hari pertama dan cenderung mengalami kenaikan sampai hari ke-7. Produksi tertinggi dihasilkan dari hasil perlakuan pengadukan selama 8 jam sekali tiap harinya, dan suhu tetap dijaga konstan pada 35°C yang menghasilkan tekanan gas sebesar 102070 Pa.

Perbedaan hasil yang diperoleh dari penelitian ini disebabkan oleh perbedaan perlakuan. Perbedaan perlakuan dari masing-masing digester mengakibatkan produksi biogas yang berbeda, hal ini menunjukkan bahwa variasi perlakuan sangat mempengaruhi produktifitas bakteri dalam memproduksi biogas.



Gambar 6. Grafik Energi Dalam yang Dihasilkan

Pada Gambar 6 menunjukkan perubahan entalpi spesifik (h) terhadap temperatur (T). Dalam keadaan ini, entalpi spesifik meningkat terhadap peningkatan temperatur dan merupakan sebuah karakter yang juga diperlihatkan oleh berbagai gas lainnya. Energi dalam spesifik hanya bergantung pada temperatur, pernyataan ini didukung oleh pengamatan

eksperimental yang dilakukan oleh joule yang menguraikan bahwa energi dalam udara pada densitas rendah hanya bergantung pada temperatur.

#### SIMPULAN DAN SARAN

1. Dari komposisi campuran 6 kg kotoran sapi dan 4 kg sekam padi terlihat bahwa produksi tertinggi dihasilkan dari hasil perlakuan pengadukan selama 8 jam sekali tiap harinya dan suhu tetap dijaga konstan pada 35°C yang menghasilkan tekanan gas sebesar 102070 Pa. Produksi gas tertinggi kedua dihasilkan dari proses perlakuan dengan menjaga suhu tetap konstan pada keadaan 35°C tanpa pengadukan sebesar 101938 Pa. Tanpa dilakukan perlakuan menghasilkan gas paling kecil sebesar 101653 Pa. Perbedaan perlakuan mengakibatkan produksi biogas yang berbeda, hal ini menunjukkan bahwa variasi perlakuan sangat mempengaruhi produktifitas bakteri dalam memproduksi biogas.
2. Perubahan energi dalam spesifik atau entalpi spesifik  $h$  terhadap temperatur  $T$  berbanding lurus terhadap peningkatan temperature. Dikarenakan energi dalam spesifik dan entalpi spesifik hanya bergantung pada temperature. Nilai energy dalam paling besar terjadi pada  $T$  35°C (308 K) sebesar 691,038 kJ/kg dengan tekanan yang dihasilkan sebesar 102070 Pa. Pada  $T$  25°C (298 K) menghasilkan energi dalam 660.236 kJ/kg, dengan besar tekanan yang dihasilkan 101653 Pa.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Asri, A. (2013). Rancang Bangun dan Analisis Parameter Fisis Reaktor Biogas Untuk Penguoptimalan Produksi Gas Metan. *PRISMA FISIKA*.
- Haryanto, A. (2019). PENGARUH KOMPOSISI SUBSTRAT CAMPURAN KOTORAN SAPI DAN JERAMI PADI. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*.
- Rachman, A. K., Notosudjono, D., & Soebagia, H. (2018). STUDI PERENCANAAN ENERGI BIOMASSA DARI LIMBAH PADI. *STUDI PERENCANAAN ENERGI BIOMASSA*.
- Siswanto, J. E. (2018). Analisa Biogas Berbahan Baku Eceng Gondok Dan Kotoran Sapi. *Chempublish Journal*.
- Suyitno, Sujono, A., & Dharmanto. (2010). *Teknologi Biogas*. Yogyakarta: GRAHA ILMU.
- Widyastuti, S. (2017). PENAMBAHAN SAMPAH SAYURAN PADA FERMENTASI BIOGAS DARI KOTORAN SAPI DENGAN STARTER EM4. *jurnal Teknik WAKTU*.
- Yahya, Y. (2017). PRODUKSI BIOGAS DARI CAMPURAN KOTORAN AYAM, KOTORAN SAPI. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*.