

**“Tema: 4 (energi baru dan terbarukan)”**

## **PEMURNIAN BIOGAS MENGGUNAKAN KOLOM TIPE BERTINGKAT SERI UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS BIOGAS PADA BERBAGAI JENIS ADSORBEN**

**Masrukhi, Abdul Mukhlis Ritonga**

Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman  
mukhlis.abdul@yahoo.com

### **ABSTRAK**

Salah satu sumber energi terbarukan adalah biogas. Peluang pengembangan biogas sebagai energi alternatif terbesar adalah dengan memanfaatkan limbah peternakan. Metan ( $\text{CH}_4$ ) merupakan unsur yang menentukan kualitas biogas. Semakin tinggi kadar metan maka kualitas biogas yang dihasilkan akan semakin baik dan pemanfaatannya semakin luas. Sehingga perlu melakukan penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas biogas. Peningkatan kualitas biogas dapat dilakukan dengan memurnikan biogas menggunakan kolom bertingkat seri yang berisi berbagai jenis adsorben seperti arang aktif, zeolit, dan silika gel. Metode penelitian adalah merancang bangun kolom pemurnian biogas (*Purifier*) yang disusun bertingkat secara seri, kemudian mengujinya menggunakan variasi adsorben dan lama waktu kontak. Kombinasi adsorben yang digunakan adalah arang aktif dengan zeolit dan arang aktif dengan silika gel dengan waktu kontak 30, 60 dan 90 menit. Hasil penelitian diperoleh alat pemurnian biogas (*purifier*) berbentuk tabung dengan dimensi panjang 60 cm dan diameter 10 cm. Karakteristik awal bahan pembentuk biogas yang di fermentasi selama 60 hari memiliki kadungan C/N rasio sebesar 20,36, total solid (TS) awal dan akhir 39,37% dan 18,07%, volatile solid (VS) awal dan akhir 85,18% dan 64,05%, COD awal dan akhir 59.800 mg/liter dan 36.000 mg/liter, BOD awal dan akhir 1.203.002 mg/liter dan 77.800 mg/liter, rata-rata suhu  $27^{\circ}\text{C}$ , rata-rata pH 6 dan mampu meningkatkan kandungan metan biogas hingga 25%.

**Kata Kunci:** *biogas, purifier, arang aktif, zeolit, metan*

### **ABSTRACT**

*One of renewable energy energy is biogas. The opportunity to develop biogas as an alternative energy is to utilize livestock waste. Methane ( $\text{CH}_4$ ) is an element that determines the quality of biogas. The higher the level of methane, the better the quality of the biogas produced and the wider utilization. As for the need to conduct research that aims to improve the quality of biogas. Biogas quality improvement can be done by purifying biogas using multilevel columns containing various types of adsorbents such as activated charcoal, zeolite, and silica gel. The research method is to build a biogas (*Purifier*) purification which is designed in stages, then test it using adsorbent and contact time. The combination of active adsorbent with zeolite and activated charcoal with silica gel with contact times of 30, 60 and 90 minutes. The results of the study were obtained biogas purifier (cleaning) with a diameter of 60 cm in length and 10 cm in diameter. The initial characteristics of biogas-forming material fermented for 60 days had a C / N ratio of 20.36, initial and final total solids (TS) of 39.37% and 18.07%, initial and final volatile solid (VS) 85, 18% and 64.05%, initial and final COD 59,800 mg / liter and 36,000 mg / liter, initial and final BOD 1,203,002 mg / liter and 77,800 mg / liter, averaging  $27^{\circ}\text{C}$ , averaging pH 6 and increasing the content of methane biogas is up to 25%.*

**Keywords:** *biogas, purifier, activated charcoal, zeolite, methane*

## **PENDAHULUAN**

Biogas merupakan salah satu energi alternatif yang sekarang banyak dikembangkan. Selain murah, biogas juga ramah lingkungan. Pembuatan biogas sangat sederhana, yaitu dengan memasukkan substrat berupa kotoran sapi atau limbah organik kedalam wadah digester yang tertutup rapat, dalam beberapa waktu akan menghasilkan gas sebagai sumber energi.

Biogas yang dihasilkan dari proses fermentasi limbah organik tidak memiliki kandungan gas yang 100% bisa terbakar. Produk biogas terdiri dari metana (CH<sub>4</sub>) 55-75%, karbondioksida (CO<sub>2</sub>) 25-45%, nitrogen (N<sub>2</sub>) 0-0,3%, hidrogen (H<sub>2</sub>) 1-5%, hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) 0-3%, oksigen (O<sub>2</sub>) 0,1-0,5%, dan uap air. Dari semua unsur tersebut yang berperan dalam menentukan kualitas biogas yaitu gas metana (CH<sub>4</sub>) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Kemurnian metana dari hasil biogas tersebut jadi penting karena akan mempengaruhi nilai kalor yang dihasilkan. Bila kadar CH<sub>4</sub> tinggi maka biogas tersebut akan memiliki nilai kalor yang tinggi. Sebaliknya jika kadar CO<sub>2</sub> yang tinggi maka akan mengakibatkan nilai kalor biogas tersebut rendah.

Kandungan metana yang rendah memiliki kulaitas nyala api yang rendah, hanya bisa dimanfaatkan sebagai bahan bakar dalam kegiatan masak memasak. Untuk menaikkan kemanfaatan biogas sebagai energi baru terbarukan (*renewable energy*) perlu dilakukan tahapan pemurnian metana secara mudah dan murah. Teknik pemurnian biogas dapat dilakukan dengan metode adsorpsi, yaitu pemisahan suatu gas tertentu dari campuran gas-gas dengan cara pemindahan massa kedalam suatu liquid yang mempunyai selektivitas pelarut yang berbeda dari gas yang akan dipisahkannya. Dengan sistem/alat pemurnian (*purifikasi*) metana, biogas dapat diaplikasikan sebagai sumber bahan baku energi untuk dikonversikan menjadi energi listrik dengan menggunakan *co-generator* sehingga dapat dimanfaatkan untuk kepentingan mensubtitusi bahan bakar minyak (BBM) yang semakin mahal. Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan kualitas biogas dalam hal ini kandungan metan dengan melakukan pemurnian mengguakan kolom bertingkat seri.

## **METODE PENELITIAN**

### **Waktu dan Tempat**

Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan April sampai Agustus 2018 di Laboratorium Teknik Sistem Termal dan Energi Terbarukan, Laboratorium Alat dan Mesin Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman.

### **Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah : drum plastik 150 liter, selang air, kran air, pipa paralon, *niple*, platik penampung biogas, kompor biogas, timbangan, lem, *cromatografi gas*, *syiring*, *vakum tube*, termometer *infra red*. Bahan yang digunakan : kotoran sapi dari *exfarm* peternakan UNSOED, air, arang aktif, zeolit dan silica gel.

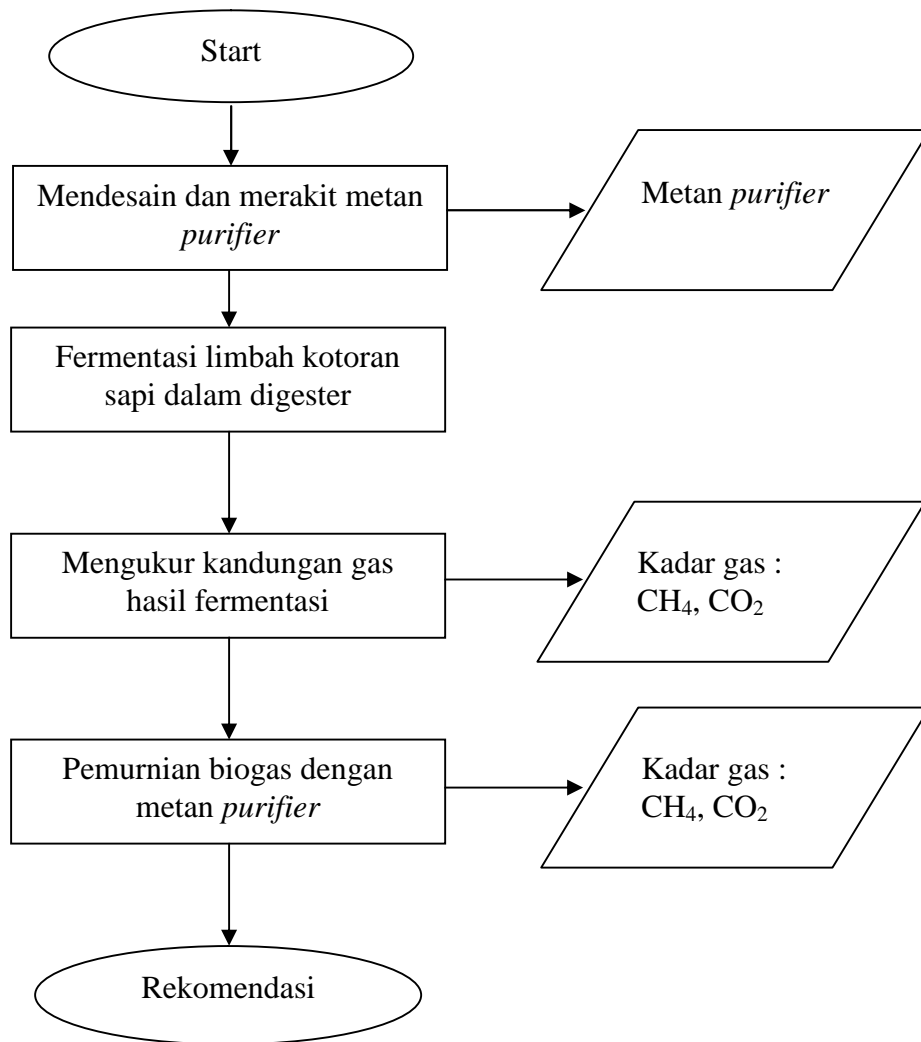
### **Prosedur Penelitian**

Tahap awal dari penelitian ini adalah merancang dan merakit unit digester biogas dan alat pemurni biogas metode adsorben berbentuk tabung dengan dimensi diameter 10 cm dan tinggi 60 cm. Limbah kotoran sapi difermentasi di dalam digester, kemudian biogas hasil fermentasi tersebut dialirkan melalui *purifier* biogas. Purifier metan diisi dengan variasi adsorben pada perbandingan tertentu. Metode penelitian dapat digambarkan dengan skema seperti yang dapat dilihat pada diagram Gambar 1.

Runtutan kerja yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Perancangan dan merakit metan *purifier* kolom bertingkat seri
2. Fermentasi limbah kotoran sapi
3. Mengukur karakteristik/ kandungan biogas tanpa metan *purifier*
4. Mengukur karakteristik/ kandungan biogas menggunakan metan *purifier* kolom bertingkat seri
5. Rekomendasi metan *purifier* kolom bertingkat seri dengan adsorben terbaik

Data penelitian ini dibahas dengan analisis perbandingan grafik. Untuk data pemurnian biogas data dialisis menggunakan rancangan acak lengkap pola faktorial dimana terdapat 2 faktor yaitu jenis adsorben dan lama waktu kontak yang diulang sebanyak 3 kali. Parameter yang diamati dan cara pengukuran parameter disajikan pada Tabel 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

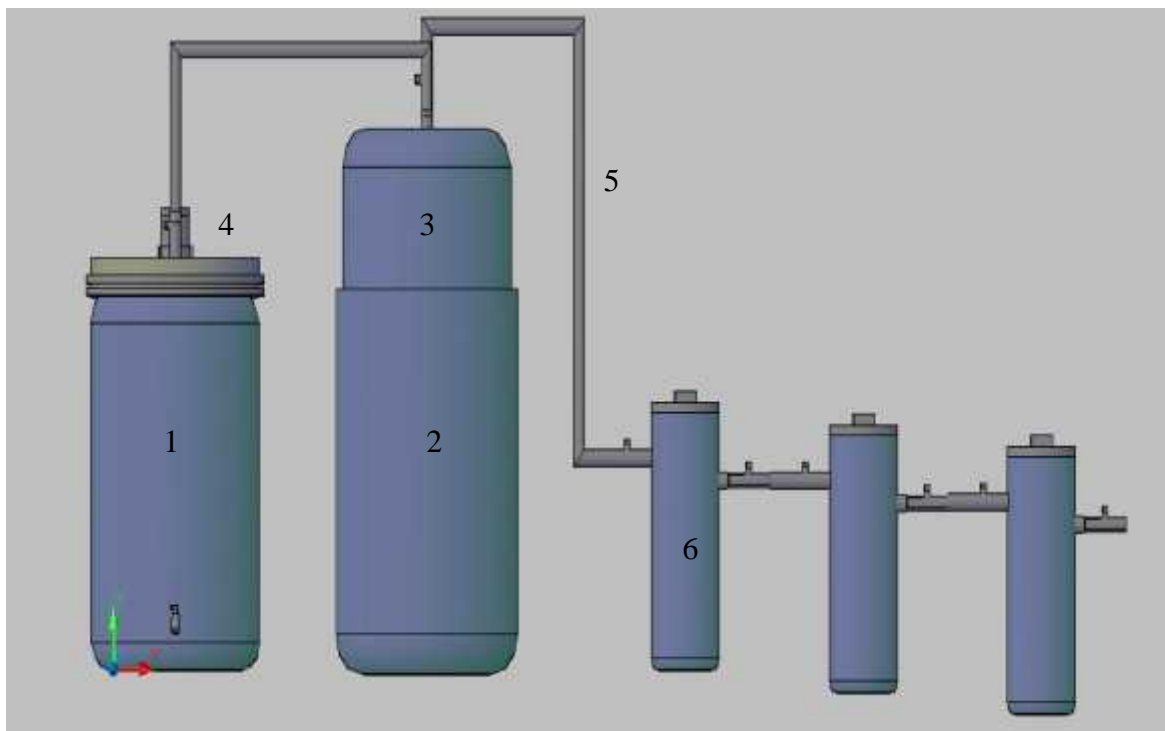
Tabel 1. Parameter variabel yang di analisis

No	Parameter	Waktu Pengamatan	Metode
1	C/N Rasio	Awal	Analisis Lab
2	Total solid	Awal, tengah, akhir	Matematis
3	Volatil solid	Awal, tengah, akhir	Matematis
4	Metan (CH <sub>4</sub> )	Awal, tengah, akhir	Gas Cromatografi
5	Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	Awal, tengah, akhir	Gas Cromatografi
6	COD	Awal dan akhir	Analisis Lab
7	BOD	Awal dan Akhir	Analisis Lab
8	Suhu	Setiap hari	Pengukuran, termometer
9	pH	Setiap hari	Pengukuran, pH meter

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Instalasi Biogas dan Alat Pemurnian Biogas

Digester dan penampung biogas terbuat dari drum plastik dan alat pemurnian biogas dibuat dari pipa paralon dengan panjang 60 cm dan diameter 10 cm yang dilapisi dengan fiber. Instalasi pemurnian biogas dibuat berbentuk kolom bertingkat seri, dengan masing-masing kolom diisi dengan adsorben yang berbeda beda. Selain jenis adsorben yang berbeda juga dilakukan variasi waktu kontak antara biogas dengan adsorban. Pemurnian dilakukan ketika fermentasi kotoran sapi sudah menghasilkan biogas secara konstan, ditandai dengan drum plastik yang naik keatas akibat dorongan oleh biogas tersebut. Untuk menghasilkan gas pada penelitian ini dibutuhkan waktu sekitar 30 hari. Gas yang pertama dihasilkan dibuang karena masih bercampur dengan udara yang terperangkap dalam pipa-pipa saluran biogas, sehingga kalau biogas dari produksi pertama dihidupkan akan sulit dan nyalanya tidak maksimal. Setelah dibuang, maka produksi gas selanjutnya sudah bisa langsung di aplikasikan untuk proses pemurnian agar nilai metannya lebih tinggi lagi.



Gambar 2. Instalasi pemurnian biogas

Keterangan:

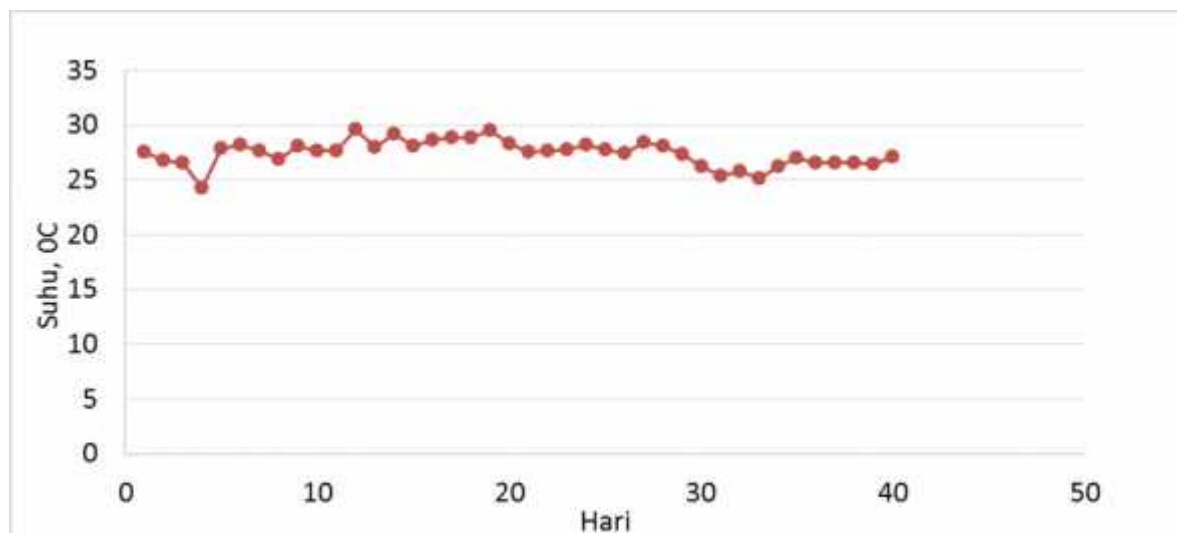
1. Digester (Tempat fermentasi kotoran ternak)
2. Drum air
3. penampung biogas
4. Kran keluaran biogas

5. Saluran biogas
6. Purifier biogas

## 2. Karakteristik Biogas

### A. Suhu Substrat

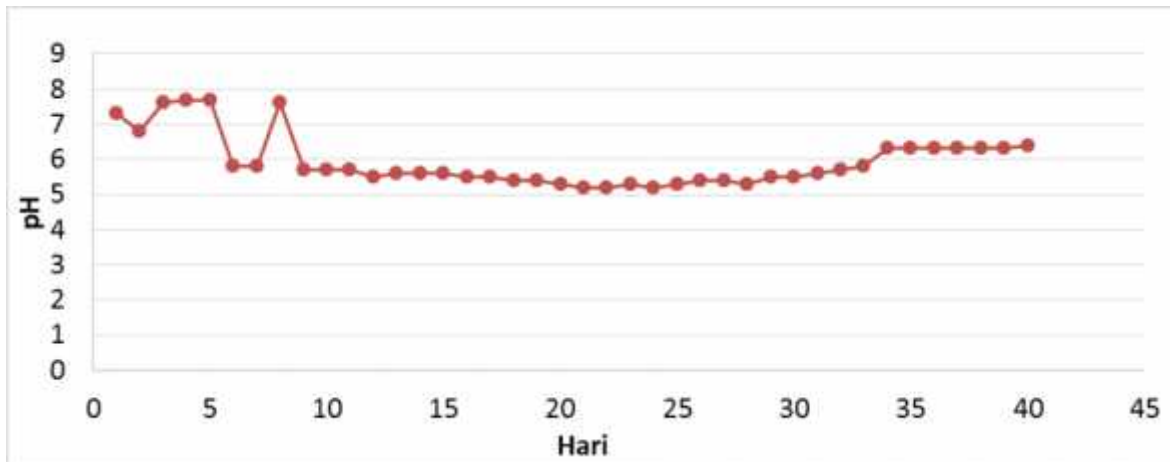
Suhu optimal pada proses fermentasi anaerob biogas biasanya adalah pada 28°C sampai 35°C. Suhu yang terlalu rendah mengakibatkan proses pembentukan gas tidak maksimal dan lama karena bakteri yang berperan pada proses fermentasi anerob kotoran sapi adalah jenis bakteri mesofilik yang dapat hidup pada suhu 28 – 35°C. Gambar 3 menunjukkan sebaran suhu substrat pada drum yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 3. Suhu substrat selama proses fermentasi

### B. Derajat Keasaman (pH)

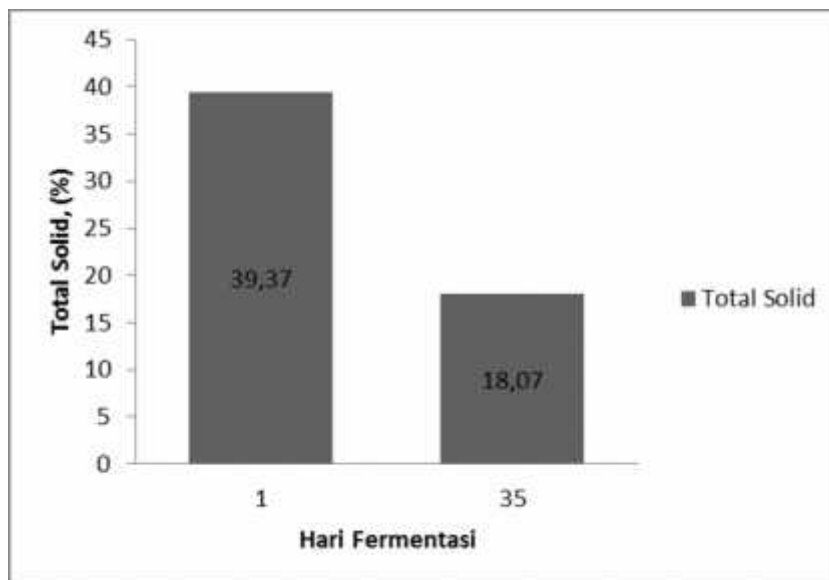
Salah satu tahapan dalam pembentukan biogas adalah adanya proses asidifikasi, yaitu pembentukan/atau perombakan senyawa glukosa menjadi asam yang dibantu oleh bakteri asidogenesis. Bakteri asidogenesis mampu berkembang pada pH yang tidak terlalu rendah dan tidak terlalu tinggi yakni pada kisaran 4-6. Berikut hasil pengukuran pH substrat



Gambar 4. pH substrat selama proses fermentasi

### C. Total Solid (TS)

Total solid atau padatan total merupakan bahan terlarut (*desolved solid*) dan tidak terlarut (*suspended solid*) yang ada di air. Total solid adalah parameter yang termasuk penting dalam proses anaerob yang merupakan ukuran senyawa penyusun material diantaranya karbohidrat, protein dan lemak. Seluruh substrat tersebut akan dikonversi menjadi asam-asam teruapkan serta metan. Berdasarkan hasil pengamatan nilai total solid awal sebesar 39,37 % menurun sampai pada hari ke 35 fermentasi menjadi 18,07 %. Berdasarkan Gambar 3 di bawah menunjukkan penurunan total solid selama proses fermentasi anaerob.



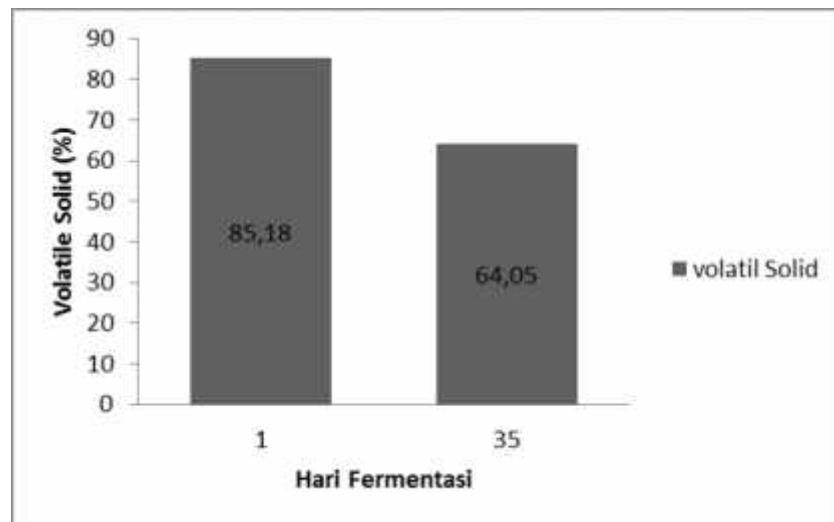
Gambar 5. Nilai Penurunan Total Solid

Penurunan tersebut menunjukkan proses fermentasi telah mendegradasi total solid yang terdapat dalam limbah pada tahapan proses hidrolisis. Total solid dapat merupakan karbohidrat, lemak dan protein baik bahan organik maupun anorganik, sehingga dapat

dimanfaatkan oleh mikroorganisme dalam proses metabolisme. Pemanfaatan ini mengakibatkan perubahan bentuk dari rantai yang kompleks menjadi rantai yang lebih sederhana serta timbulnya hasil sampingan seperti CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, dan CH<sub>4</sub>

#### D. Volatil Solid (VS)

Volatil solid merupakan bahan makanan yang dibutuhkan pada proses hidrolisis dan pembentukan asam secara anaerob.



Gambar 6. Nilai Penurunan Volatil Solid

Penurunan nilai volatil solid disebabkan oleh adanya perombakan bahan organik yang dilakukan oleh mikroorganisme dan berhubungan dengan produksi biogas yang ada pada suatu unit digester. Penurunan total solid dan volatil solid mengindikasikan adanya peningkatan kadar gas metan yang dihasilkan.

#### E. C/N Rasio

Rasio karbon terhadap nitrogen atau rasio C/N adalah rasio dari massa karbon terhadap massa nitrogen disuatu zat. Jika nilai C/N rasio terlalu rendah dari yang disyaratkan, nitrogen akan cepat habis menguap menjadi gas sehingga tidak ada kandungan nitrogennya demikian juga jika rasio C/N terlalu besar maka proses fermentasi akan berlangsung lambat. Rasio C/N juga berpengaruh terhadap perkembangan bakteri. Jika faktor C nya teralalu kecil maka bakteri akan kekurangan makanan namun jika faktor N terlalu besar maka substrat akan bisa berubah menjadi racun. C/N rasio hasil penelitian ini adalah 20,36, nilai ini sudah termasuk dalam nilai C/N yang baik.



#### F. Chemical Oxygen Demand (COD)

COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang terdapat dalam limbah cair dengan memanfaatkan oksidator kalium dikromat sebagai sumber oksigen. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses biologis dan dapat menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air. Pada penelitian diperoleh nilai COD yang menurun dari awal sampai akhir fermentasi yakni dari 59.800 mg/liter dan 36.000 mg/liter.

#### G. Biological Oxygen Demand (BOD)

BOD merupakan parameter pengukuran jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk mengurai hampir semua zat organik yang terlarut dan tersuspensi dalam air buangan. Pengukuran BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran terhadap air buangan yang dapat mengakibatkan kematian bagi biota air. Nilai BOD yang diperoleh pada penelitian pada awal dan akhir fermentasi adalah 1.203.002 mg/liter dan 77.800 mg/liter.

#### H. Hasil Pemurnian Biogas

Hasil analisis data menggunakan rancang acak lengkap pola faktorial terhadap nilai metan menggunakan variasi jenis adsorben menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan, sehingga diteruskan dengan uji lanjut menggunakan DMRT seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil analisis pemurnian biogas

Jenis adsorben	Kandungan gas metan (ppm)
Arang aktif dan zeolit	140.137 <sup>d</sup>
Arang aktif dan silica gel	1.589 <sup>a</sup>
Arang aktif dan zeolit (30 : 70)	27.145 <sup>b</sup>
Arang aktif dan zeolit (50 : 50)	46.635 <sup>c</sup>
Arang aktif dan zeolit (70 : 30)	20.742 <sup>b</sup>

Sumber: data primer di analisis. Nilai yang diikuti abjat yang sama tidak berbeda nyata

## SIMPULAN

Hasil penelitian diperoleh alat pemurnian biogas (*purifier*) berbentuk tabung dengan dimensi panjang 60 cm dan diameter 10 cm. Karakteristik awal bahan pembentuk biogas yang di fermentasi selama 60 hari memiliki kadungan C/N rasio sebesar 20,36, total solid (TS) awal dan akhir 39,37% dan 18,07%, volatile solid (VS) awal dan akhir 85,18% dan 64,05%, COD awal dan akhir 59.800 mg/liter dan 36.000 mg/liter, BOD awal dan akhir 1.203.002 mg/liter dan 77.800 mg/liter, rata-rata suhu 27<sup>0</sup>C, rata-rata pH 6 dan mampu meningkatkan kandungan metan biogas hingga 25%.

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Terimakasih kepada LPPM Unsoed atas dukungan dana dalam Penelitian Skim Peningkatan Kompetensi Tahun 2018 ini.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- A.D Burke. 2001. *Dairy Waste Anaerobic Digestion Handbook*. Environmental Energi Company: Olympia.
- Ahmadi KGS., Hastuti Pudji. & Tranggono. 1997. *Aktivasi Zeolit Alam Dan Penggunaannya Untuk Pemurnian Tokoferol Dari Distilat Asam Lemak Minyak Sawit*. Jurnal Teknologi Hasil Perkebunan. 10 (2B): 247-258.
- Mukhlis, Abdul. Masrukhi, 2017. Optimasi Kandungan Metana (CH<sub>4</sub>) Biogas Kotoran Sapi Menggunakan Berbagai Jenis Adsorben. Jurnal Rona Tek. Pertanian. 10, 8-17
- Sriharti. 1989. *Pengaruh Penambahan Karbon Aktif dan Pemakaian Scrubber CO<sub>2</sub> Terhadap Kualitas Dan Kuantitas Biogas*. Agritech. Vol. 9. No 2: 1-14.
- Wahono, S. K., Maryana, R., Kismurtono, M., Khoirunnisa., Poeloengasih, C. D. 2010. *Modifikasi Zeolit Lokal Gunungkidul Sebagai Upaya Peningkatan Performa Biogas Untuk Pembangkit Listrik*; Makalah dalam Seminar Rekayasa Kimia dan Proses 2010: Universitas Diponegoro, Semarang.