



"Tema: 4 (teknik dan energi baru dan terbarukan)"

**RANCANG BANGUN DAN UJI PERFORMANSI PEMURNIAN
BIOGAS TIPE *DOWN-UP PURIFIER* UNTUK MENINGKATKAN
KUALITAS BIOGAS**

Oleh

Masrukhi, Abdul Mukhlis Ritonga

**Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal
Soedirman**

**Jl. Dr Soreparno Purwokerto Banyumas 53123, Jawa Tengah, Indonesia
abdul.ritonga@unsoed.ac.id**

ABSTRAK

Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari bahan organik melalui proses fermentasi. Metan merupakan unsur gas yang menentukan kualitas biogas. Bila biogas memiliki kadar metan yang tinggi maka biogas tersebut akan memiliki nilai kalor yang tinggi. Oleh karena itu kemurnian biogas tersebut penting. Sehingga perlu melakukan penelitian rancang bangun alat pemurnian biogas untuk meningkatkan kualitas biogas. Variabel yang diukur dalam penelitian ini yaitu C/N rasio, pH, suhu, *total solid* (TS), *volatile solid* (VS), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang berpengaruh dalam produksi gas metan. Kadar CH₄ dan CO₂ setelah dimurnikan, dan waktu optimal untuk proses pemurnian biogas, perlakuan yang diberikan menggunakan 3 waktu pengujian, yaitu 30, 60, dan 90 menit. Percobaan dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio C/N sebesar 20,36 dengan suhu rata-rata 25,1°C dan pH rata-rata 6. Nilai BOD awal dan akhir masing-masing sejumlah 77800,86 mg/l dan 53002,42 mg/l dan COD awal dan akhir masing-masing sejumlah 59800 mg/l dan 36000 mg/l. TS dan VS masing-masing mengalami penurunan sebesar 20,99% dan 17,93%. Penggunaan adsorben arang aktif dan zeolit dapat meningkatkan kandungan gas CH₄ sebesar 136,5% dan menurunkan kandungan gas CO₂ sebesar 64% pada biogas. Lama waktu pengujian mampu meningkatkan konsentrasi CH₄ dan menurunkan kandungan gas CO₂ dengan waktu paling optimal yaitu 30 menit.

Kata kunci: *Biogas, pemurnian biogas, adsorben, arang aktif, zeolit*

ABSTRACT

Biogas is energy resulting from organic materials through the process of fermentation in biodigester. Methane is a gas element that determines the quality of biogas. If biogas has high methane content, the biogas will have a high heating value. Therefore the purity of biogas is important. So it is necessary to conduct research on the design of biogas purification tools to improve the quality of biogas. Measured variabls in this research include C / N ratio, pH, temperature, total solid (TS), volatile solid (VS), Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD) which affect the production of methane gas. The levels of CH₄ and CO₂ after purification processes using activated charcoal and zeolite adsorbents, and the optimal time for biogas purification process. The treatment uses 3 times the test, which is 30, 60 and 90 minutes. The results showed that the C / N ratio was 20.36, with an average temperature of 25.1°C and an average pH of 6. The initial and final BOD values were 77800.86 mg / l and 53002.42 mg / l and respectively. The initial and final



COD are 59800 mg / l and 36000 mg / l, respectively. Then TS and VS each decreased by 20.99% and 17.93%. The use of activated charcoal and zeolite adsorbents can increase CH₄ gas content by 136,5% and reduce CO₂ gas content by 64% in biogas, with the most optimal time, which is 30 minutes.

Key words: Biogas, biogas purification, adsorbent, activated charcoal, zeolite

PENDAHULUAN

Energi memiliki peran penting bagi kehidupan manusia. Energi sangat diperlukan untuk pertumbuhan kegiatan industri, jasa dan rumah tangga. Konsumsi energi yang meningkat setiap tahun berbanding terbalik dengan produksi energi yang semakin menurun. Hal ini dapat memicu ketahanan energi dimasa yang akan datang. Sehingga perlu dilakukan penganekaragaman penggunaan energi, salah satunya dengan memanfaatkan sumber-sumber energi alternatif terbarukan dan ramah lingkungan.

Salah satu penggunaan sumber energi alternatif yang dikembangkan dalam menghasilkan pembakaran ramah lingkungan adalah biogas. Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari bahan-bahan organik misalnya kotoran hewan, kotoran manusia atau sampah organik melalui proses fermentasi di dalam biodigester. Komponen biogas terdiri atas 50-70% metana, 30-40% karbondioksida, dan sebagian kecil gas lainnya seperti nitrogen, hidrogen dan oksigen (Schluter et al, 2008). Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi metana (CH₄). Semakin tinggi kandungan metana maka semakin besar kandungan energi pada biogas (Sikanna dan Rismawaty, 2013). Untuk meningkatkan kandungan gas metana, perlu dilakukan upaya pemurnian biogas. Beberapa teknologi pemurnian biogas telah dikembangkan dengan berbagai macam metode salah satunya dengan metode adsorpsi. Teknologi adsorpsi pada biogas merupakan teknologi yang menggunakan prinsip adsorpsi penyerapan gas terutama CO₂ sehingga presentase kandungan CH₄ di dalam biogas akan meningkat. Teknologi adsorpsi pemurnian biogas pada penelitian ini menggunakan adsorben (padatan) karbon aktif dan zeolit.

Dalam proses pembentukan biogas terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi biogas tersebut bisa terbentuk secara optimal atau kurang optimal. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis parameter C/N rasio, pH, temperatur, total solid (TS), volatile solid (VS), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang berpengaruh dalam produksi biogas. Meningkatkan kualitas kadar gas metana (CH₄) dan menurunkan kadar gas karbondioksida (CO₂) melalui proses pemurnian dengan arang aktif dan zeolit dan mengetahui pengaruh dari lamanya proses pemurnian biogas terhadap kualitas gas metana yang dihasilkan dengan 3 waktu yang berbeda.



Komponen Biogas

Komposisi biogas yang dihasilkan sangat tergantung pada jenis bahan baku yang digunakan. Namun demikian, komposisi utama dari biogas adalah gas metana (CH_4) dan gas karbon dioksida (CO_2) dengan sedikit hydrogen sulfida (H_2S). Sedangkan kandungan lainnya yang ditemukan dalam kisaran konsentrasi kecil (*trace element*) yaitu senyawa sulfur organik, gas hidrogen (H_2), senyawa hidrokarbon terhalogenasi (*Halogenated hydrocarbons*), gas nitrogen (N_2), gas karbon monoksida (CO) dan gas oksigen (O_2). Komposisi utama dalam biogas ditunjukkan pada Tabel 1 (Hambali dan Eliza, 2007).

Tabel 1. Komposisi kandungan biogas

No	Kompoisi Biogas	Satuan	Presentase (%)
1	Metan (CH_4)	% vol	50-70
2	Karbon dioksida	% vol	25-45
3	Air	% vol	2-7
4	Nitrogen	% vol	< 2
5	Hidrogen	% vol	< 1
6	Oksigen	% vol	< 2
7	Hidrogen Sulfida	Ppm	20-20000

Adsorpsi

Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan suatu substansi pada permukaan zat padat. Pada fenomena adsorpsi, terjadi gaya tarik menarik antara substansi terserap dan penyerapnya. Dalam sistem adsorpsi, fasa teradsorpsi dalam solid disebut adsorbat sedangkan solid tersebut adalah adsorben. Pada proses adsorpsi, molekul adsorbat bergerak melalui bulk fasa gas menuju permukaan padatan dan berdifusi pada permukaan pori padatan adsorben. Proses adsorpsi hanya terjadi pada permukaan, tidak masuk dalam fasa bulk/ruah. Proses adsorpsi terutama terjadi pada mikropori (pori-pori kecil), sedangkan tempat transfer adsorbat dari permukaan luar ke permukaan mikropori ialah makropori.

Karbon Aktif

Karbon aktif atau sering juga disebut sebagai arang aktif adalah suatu jenis karbon yang memiliki luas permukaan yang sangat besar. Hal ini bisa dicapai dengan mengaktifkan karbon atau arang tersebut. Karbon aktif bersifat Hidrofobik, yaitu molekul pada karbon aktif cenderung tidak bisa berinteraksi dengan molekul air. Luas permukaan (*surface area*) adalah salah satu sifat fisik dari karbon aktif. Karbon aktif memiliki luas permukaan yang sangat besar yaitu $1.95 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{kg}$, dengan total volume pori-porinya $10.28 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{kg}$ dan diameter pori rata-rata 21.6 \AA , sehingga sangat memungkinkan untuk dapat menyerap adsorbat dalam jumlah yang banyak. Pengaktifan karbon aktif bertujuan untuk memperbesar luas permukaannya saja, namun beberapa usaha juga berkaitan dengan meningkatkan kemampuan adsorpsi karbon aktif itu sendiri (Nadliriyah, dan Triwikantoro, 2013).



Zeolit

Zeolit merupakan senyawa aluminosilikat terhidrasi yang terdiri dari ikatan SiO_4 dan AlO_4 tetrahidra yang dihubungkan oleh atom oksigen untuk membentuk kerangka. Pada kerangka zeolit, tiap atom Al bersifat negatif dan akan dinetralkan oleh ikatan dengan kation yang mudah dipertukarkan yang akan berpengaruh dalam proses adsorpsi dan sifat-sifat termal zeolit (Ozkan et al, 2008). Penggunaan zeolit dibutuhkan suatu proses aktivasi untuk meningkatkan sifat khusus zeolit sebagai adsorben dan menghilangkan unsur pengotor (Rosita dkk, 2004). Proses aktivasi juga dapat merubah jenis kation, perbandingan Si/Al serta karakteristik zeolit agar sesuai dengan bahan yang akan dijerap. Struktur zeolit juga dapat melakukan adsorpsi dan absorpsi terhadap senyawa H_2O , CO_2 , SO_2 , H_2S . Zeolit dapat mengontrol gas-gas penyebab utama efek rumah kaca yaitu CO_2 dan N_2O , kecuali CH_4 yang tidak terserap.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei sampai Oktober 2019 di Laboratorium Teknik Sistem Termal dan Energi Terbarukan Fakultas Pertanian Unsoed.

Alat dan Bahan

1. Alat

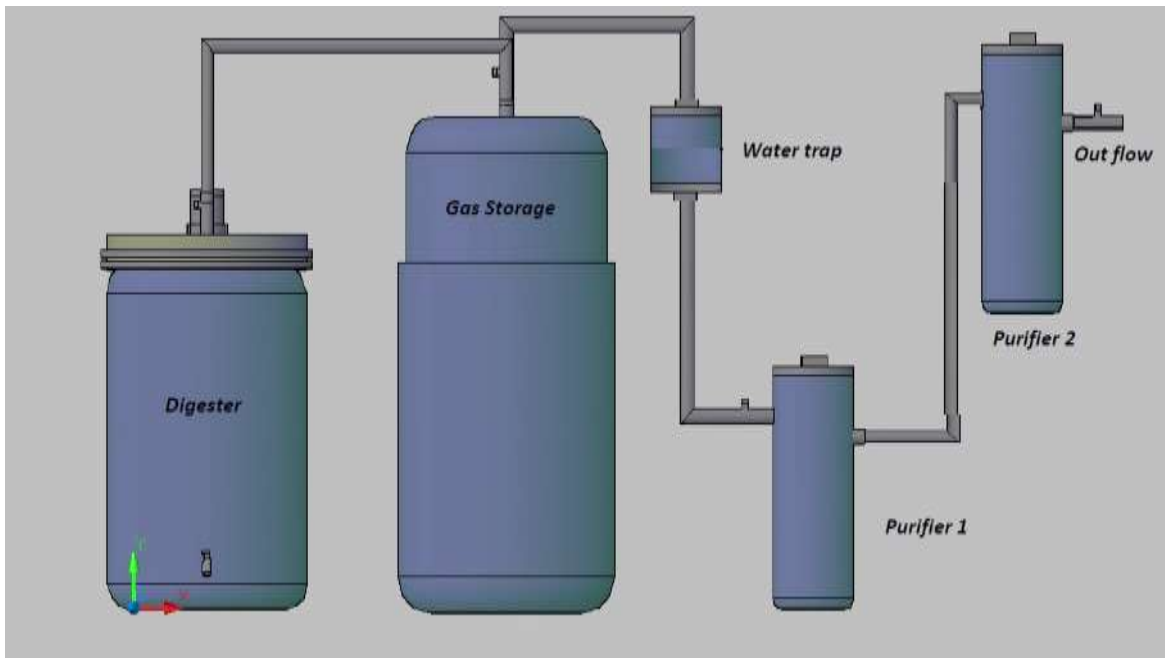
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah drum ukuran 200 liter, drum ukuran 120 liter, purifier biogas, pipa paralon ukuran 1/2 inchi, shock paralon ukuran 1/2 inchi, selang, penggaris, ember, gayung, *Vacum Tube*, termocople, lem tembak, gergaji, gelas ukur, desikator, suntikan, cawan, pH meter, alat tulis.

2. Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kotoran sapi, yang diambil dari peternakan Exfarm milik Fakultas Peternakan Universitas Jenderal Soedirman, air, arang aktif, zeolit, dan lem pipa.

Rancangan Percobaan

Tahap awal dari penelitian ini adalah merancang dan merakit unit digester biogas dan alat pemurni biogas metode adsorben berbentuk tabung dengan dimensi diameter 15 cm dan tinggi 100 cm. Limbah kotoran sapi difermentasikan di dalam digester, kemudian biogas hasil fermentasi tersebut dialirkan melalui purifier biogas. Purifier metan yang digunakan berjumlah dua dan diisi dengan masing-masing adsorben yang dipakai (arang aktif dan zeolit). Adsorben tersebut diaktivasi terlebih dahulu sebelum digunakan agar dapat menghasilkan daya penyerapan yang maksimal.



Gambar 1. Instalasi pemurnian tipe Down-up

Variabel yang diamati pada penelitian ini berupa parameter-parameter yang berpengaruh dalam produksi biogas melalui pengukuran dan pengamatan.

Tabel 2. Parameter dan Pengamatan

Parameter	Waktu pengamatan (Hari ke-)	Metode
Rasio C/N	Pertama	Analisa lab
Suhu	Setiap hari	Termocople
pH	Setiap hari	Ph meter
TS	Awal, tengah dan akhir	Analisa lab
VS	Awal, tengah dan akhir	Analisa lab
COD	Awal dan akhir	Analisa lab
BOD	Awal dan akhir	Analisa lab
CH ₄	Akhir	Kromatografi gas
CO ₂	Akhir	Kromatografi gas

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran ditampilkan dalam bentuk grafik dan diagram kemudian di analisis secara deskriptif. Proses penyaringan biogas terdiri dari dua proses, yaitu yang pertama tanpa kontrol (langsung) dengan mengambil biogas ke selang keluaran gas dan yang kedua menggunakan perlakuan pemurnian dengan absorben 100% arang aktif dan 100% zeolit pada masing-masing purifier, untuk analisis gas dilakukan 3 kali pengambilan sampel, dengan variabel Persentase CH₄ dan CO₂ ; Lama Waktu Pemurnian Gas (P); dan Control/tanpa pemurnian (C). Adapun analisis data waktu pemurnian menggunakan pengujian anova.



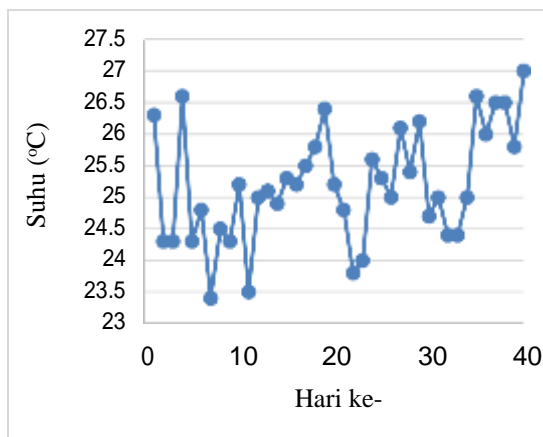
HASIL DAN PEMBAHASAN

Rasio Karbon dan Nitrogen

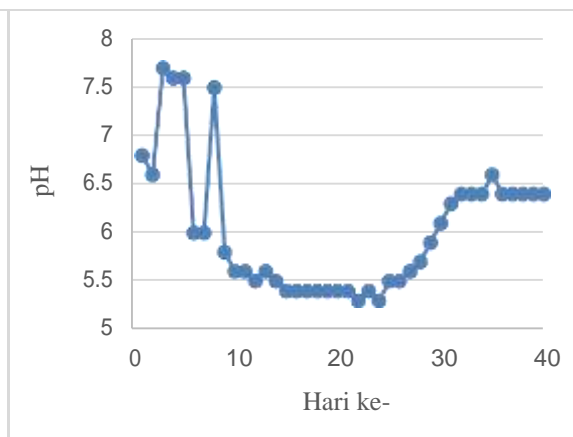
Rasio C/N adalah perbandingan kadar karbon (C) dan kadar Nitrogen (N) dalam satuan bahan. Berdasarkan hasil penelitian dan uji laboratorium kandungan C/N kotoran sapi yang digunakan sebagai bahan baku biogas sebesar 20,36 dengan perbandingan C = 31,418 dan N = 1,543. Rasio optimum C/N untuk digester anaerobik pada proses pembentukan biogas sekitar 20-30 (Haryati, 2006).

Suhu

Suhu digester selama proses pembentukan biogas cenderung fluktuatif. suhu yang baik untuk proses pembentukan biogas berkisar antara 20-40°C dan suhu optimum antara 28-30°C. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan suhu digester selama proses fermentasi biogas tergolong kurang optimal namun masih bisa untuk pembentukan biogas karena suhu tertinggi tidak lebih dari 28°C dan suhu terendah diatas 20 °C. Suhu digester berkisar 23,4-27 °C dan suhu rata-rata 25,1°C.



Gambar 2. Suhu digester selama 40 hari



Gambar 3. pH digester selama 40 hari

Derajat Keasaman (pH)

Dari hasil penelitian, nilai pH selama proses fermentasi dapat dilihat pada gambar 3. Nilai pH selama proses fermentasi berkisar 5,3-7,7 dengan rerata pH dalam keadaan asam yaitu 6. Kecepatan perkembangan organisme merosot pesat pada pH dibawah 6 dan diatas 8. Perubahan pH pada proses fermentasi menunjukkan aktivitas bakteri dalam mendegradasi bahan organik dan melakukan metabolisme. Pertumbuhan bakteri metanognik akan baik jika pH bahan berada dalam keadaan basa yaitu 6,5-7, dengan pH 7 sebagai nilai terbaik untuk digester. Apabila pH bahan dibawah 6,5 aktifitas bakteri metanognik akan menurun dan jika pH dibawah 5 maka fermentasi terhenti.



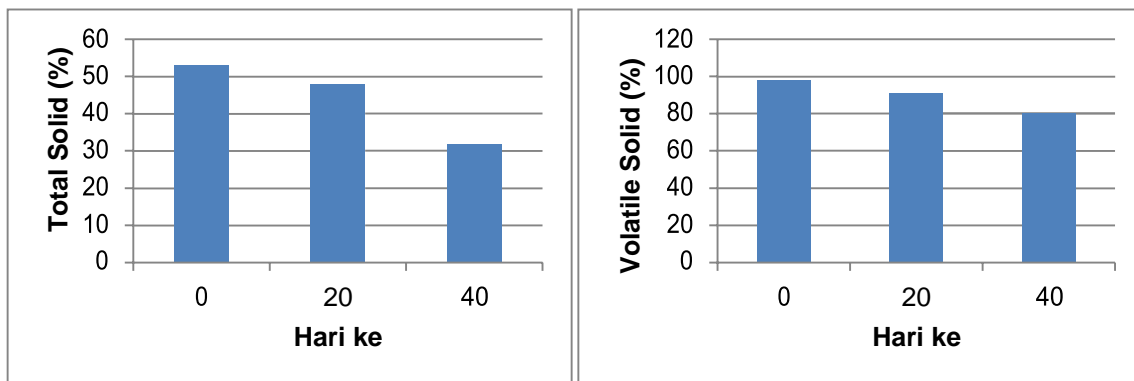
Total Solid dan Volatile Solid

1. TS (Total Solid)

Total solid merupakan materi *residu effluent* setelah pemanasan dan pengeringan pada temperatur 105°C. Total solid dihitung untuk mengetahui berapa banyak total padatan tersuspensi pada substrat atau air buangan. Pada Gambar 4 dapat dilihat berdasarkan hasil penelitian nilai total solid mengalami penurunan dari awal hingga akhir penelitian, penuru sebesar 20,99 % dari 52,94 % menjadi 31,95 %. Penurunan kadar TS ini disebabkan adanya aktifitas mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik yang kemudian akan menghasilkan gas metan.

2. VS (Volatile Solid)

Volatile Solid merupakan materi *residu effluent* setelah pemanasan dan pengeringan pada temperatur 550°C.



Gambar 4. Nilai Total Solid (TS) **Gambar 5.** Nilai Volatile Solid (VS)

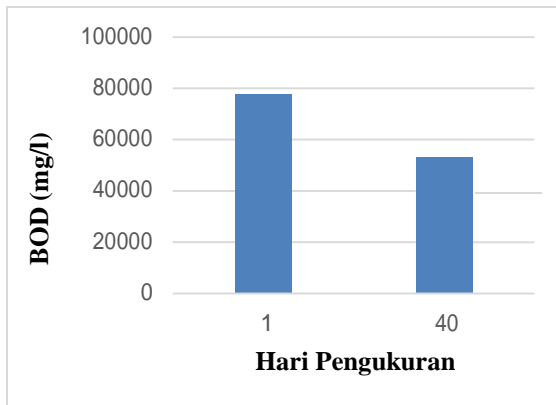
Volatile Solid dihitung untuk mengetahui berapa banyaknya padatan mudah uap tersuspensi pada substrat atau air buangan. Volatile solid mengalami penurunan dari awal hingga akhir penelitian. Berdasarkan hasil penelitian nilai volatile solid turun sebesar 17,93% dari 98,2 % menjadi 80,27 %. Sama dengan TS penurunan kadar VS ini disebabkan adanya aktifitas mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik yang kemudian akan menghasilkan gas metan. Reduksi total solid ini disebabkan perombakan bahan organik oleh aktivitas mikroorganisme. Adapun nilai penurunan pada TS dan VS yang cukup tinggi dikarenakan kandungan bahan organik pada kotoran cukup tinggi. Karakteristik yang demikian membuat bahan tersebut mudah dicerna oleh mikroorganisme atau mudah diolah secara biologis.

BOD dan COD

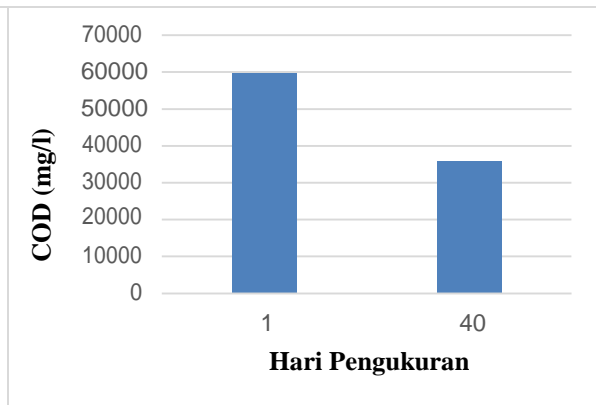
BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) merupakan parameter yang digunakan untuk menilai jumlah zat organik yang terlarut serta menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh aktivitas mikroba dalam menguraikan zat organik secara biologis di dalam limbah cair (MetCalf et al, 2003). Pada penelitian ini, nilai BOD dari substrat sebelum difermentasi H-0 memiliki nilai sebesar 77800,86 mg/l dan pada akhir fermentasi 53002,42 mg/l.



Nilai COD bahan baku pada awal penelitian sebesar 59800 mg/l dan pada akhir penelitian sebesar 36000 mg/l. Penurunan kadar BOD dan COD selama produksi menunjukkan adanya perbedaan aktifitas mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik dan mengubahnya menjadi metan dan biogas. Penurunan BOD dan COD ini berarti konsumsi senyawa organik yang mudah terbiodegradasi berlangsung.



Gambar 6. BOD awal dan akhir substrat

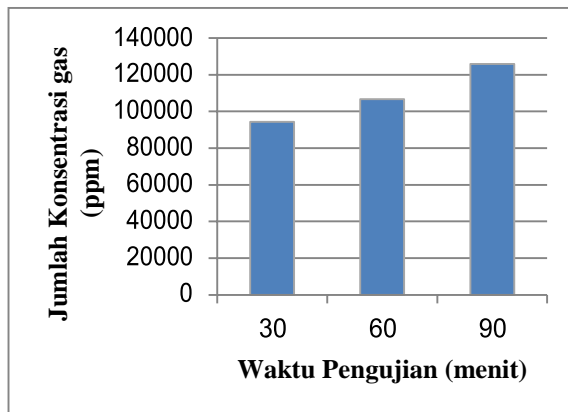


Gambar 7. COD awal dan akhir substrat

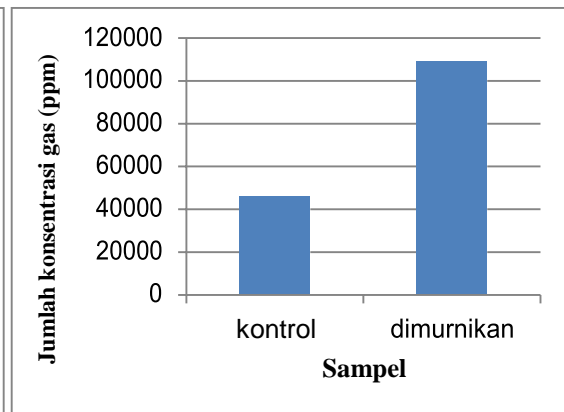
Penurunan BOD ataupun COD disebabkan karena proses hidrolisis dimana bahan organik dimanfaatkan mikroorganisme sebagai nutrisi dan mengubahnya menjadi senyawa yang lebih sederhana (Kresnawaty dkk, 2008). Penurunan COD dan BOD menandakan adanya konsumsi asam untuk produksi metan.

Konsentrasi Kandungan Gas Metan (CH₄)

Hasil pengujian didapatkan kandungan gas metana, semakin lama waktu pemurnian maka semakin banyak kandungan gas metan yang dihasilkan. Namun ketika dilakukan analisis pengaruh waktu terhadap konsentrasi CH₄ menggunakan ANOVA, nilai Sig diperoleh 0,864. Karena nilai Sig lebih besar dari 0,05 hal ini menunjukkan tidak adanya perbedaan nyata dari konsentrasi CH₄ berdasarkan ketiga waktu tersebut. Jika dibandingkan dengan sampel kontrol, konsentrasi CH₄ mengalami kenaikan 136,5%. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh pemurnian terhadap peningkatan kualitas biogas.



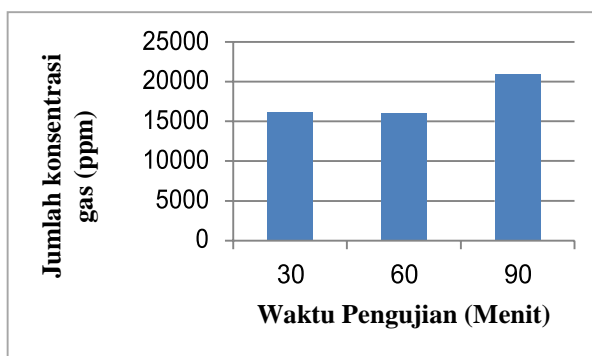
Gambar 8. Rata-rata kandungan CH₄



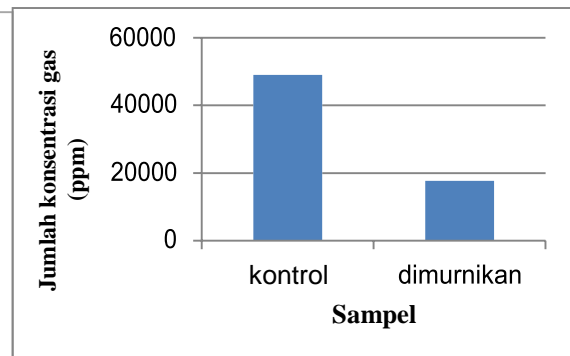
Gambar 9. Konsentrasi CH₄ dan kontrol

Konsentrasi Kandungan Gas CO₂

Konsentrasi CO₂ dari ketiga waktu pengujian mengalami fluktuasi, namun ketika dilakukan analisis ANOVA hasilnya tidak berpengaruh nyata, sama seperti CH₄ nilai sig yg diperoleh lebih besar dari 0,05 yakni sebesar 0,920. Sehingga dapat dikatakan waktu paling optimal untuk menurunkan kadar CO₂ yakni 30 menit.



Gambar 10. Rata-rata kandungan CO₂



Gambar 11. konsentrasi CO₂ dengan Kontrol

Konsentrasi CO₂ yang dimurnikan sebih kecil dari pada konsentrasi yang tanpa dimurnikan. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh pemurnian terhadap penurunan kadar gas karbondioksida pada biogas. Penurunan konsentrasi gas CO₂ sebesar 64%.

KESIMPULAN

1. Penggunaan adsorben arang aktif dan zeolit dapat meningkatkan kandungan gas CH₄ sebesar 136,5% dan menurunkan kandungan gas CO₂ sebesar 64% pada biogas.
2. Lama waktu pengujian mampu meningkatkan konsentrasi CH₄ dan menurunkan kandungan gas CO₂ dengan waktu paling optimal yaitu 30 menit.



UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Jenderal Soedirman yang telah memberikan Hibah pada penelitian ini melalui Skim Riset Peningkatan Kompetensi 2019.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiyono dan Gita H. 2013. *Pengaruh Temperatur Terhadap Produksi Biogas dari Kotoran Kuda*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Hambali dan Eliza. 2007. *Teknologi Bioenergi*. Agro Media Pustaka. Jakarta.
- Haryati T. 2006. Biogas: limbah peternakan yang menjadi sumber energy alternatif. *Wartozoa* 16(2): 160 – 169
- Nadliriyah, N Triwikantoro. 2013. Pemurnian Produk Biogas Dengan Metode Absorsi Menggunakan Larutan Ca(OH)_2 . *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Ozkan F.C., and Ulku S. 2008. Diffusion Mechanism of Water Vapour in A Zeolitic Tuff Rich in Clinoptilolite, Thermal Analysis and Calorymetry. 94: 699 – 702
- Sikanna dan Rismawaty. 2013. *Kajian Teknologi Produksi Biogas Dari Sampah Basah Rumah Tangga*. Jurusan Kimia Fakultas MIPA. Universitas Tadulako.