



JURNAL RONA TEKNIK PERTANIAN  
ISSN : 2085-2614; e-ISSN 2528 2654  
JOURNAL HOMEPAGE : <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/RTP>



## PENINGKATAN KUALITAS BIOGAS MELALUI PROSES PEMURNIAN DENGAN PURIFIER BERTINGKAT SERI MENGGUNAKAN ADSORBEN ARANG AKTIF DAN ZEOLIT

Abdul Mukhlis Ritonga<sup>\*1</sup>, Masrukhi<sup>1</sup>, Ahmad Mafrukhi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>)Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman  
Jl. Dr Soeparno, Purwokerto, Banyumas 53123, Jawa Tengah, Indonesia  
Email : [abdul.ritonga@unsoed.ac.id](mailto:abdul.ritonga@unsoed.ac.id)

### Abstrak

Kualitas biogas ditentukan oleh kandungan metana (CH<sub>4</sub>) pada biogas. Biogas yang bagus di tunjukkan dengan kandungan metan yang tinggi. Salah satu cara untuk meningkatkan kandungan gas metana pada biogas adalah dengan pemurnian menggunakan *purifier* betingkat seri yang telah di isi adsorben. Pada penelitian ini adsorben yang digunakan yaitu arang aktif dan zeolit. Variabel yang diukur meliputi 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 CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> sebelum dan sesudah dimurnikan. Biogas dimurnikan pada durasi 30, 60, 90 menit dan diulang 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 adalah 77800,86 mg/l dan 53002,42 mg/l dan COD awal dan akhir adalah 59800 mg/l dan 36000 mg/l. TS dan VS mengalami penurunan sebesar 20,99% dan 17,93%. Penggunaan adsorben arang aktif dan zeolit mampu meningkatkan kandungan gas CH<sub>4</sub> sebesar 136,5% dan menurunkan kandungan gas CO<sub>2</sub> sebesar 64%. Lama waktu pemurnian paling optimal adalah pada 30 menit.

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

## INCREASING QUALITY OF BIOGAS WITH PURIFICATION PROSES ON DOUBLE ARRANGED SERIES PURIFIER USING ACTIVATED CHARCOAL AND ZEOLIT ADSORBENT

Abdul Mukhlis Ritonga<sup>1</sup>, Masrukhi<sup>1</sup>, Ahmad Mafrukhi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>)Study Program of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture,  
Jenderal Soedirman University, Jawa Tengah, Indonesia  
Email : [abdul.ritonga@unsoed.ac.id](mailto:abdul.ritonga@unsoed.ac.id)

## Abstract

The quality of biogas is determined by the methane (CH<sub>4</sub>) content in the biogas. A good biogas is indicated by its high methane content. One way to increase the methane gas content in biogas is by purification using a series-level purifier that has been filled with adsorbents. In this study, the adsorbents used were activated charcoal and zeolite. The variables measured include C/N ratio, pH, temperature, total solid (TS), volatile solid (VS), Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD) which influential in methane gas production. CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> levels, before and after purification. Biogas was purified for a duration of 30, 60, 90 minutes and was repeated three times. 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 the initial and final COD values were 59800 mg/l and 36000 mg/l. TS and VS experienced a decrease of 20.99% and 17.93%. The use of activated charcoal and zeolite adsorbents was able to increase the CH<sub>4</sub> gas content by 136.5% and reduce the CO<sub>2</sub> gas content by 64%. The optimal purification time is 30 minutes.

**Keywords:** 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 (CH<sub>4</sub>). Semakin tinggi kandungan metana maka semakin besar kandungan energi pada biogas (Sikanna et al. 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 CO<sub>2</sub> sehingga presentase kandungan CH<sub>4</sub> di dalam biogas akan meningkat. Teknologi adsorpsi pemurnian biogas pada penelitian ini menggunakan adsorben (padatan) karbon aktif dan zeolit.

Proses pembentukan biogas dipengaruhi oleh faktor-faktor yang mendukung sehingga biogas tersebut terbentuk secara optimal. 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 (CH<sub>4</sub>) dan menurunkan kadar gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) melalui proses pemurnian bertingkat seri dengan adsorben arang aktif dan zeolit. Pemurnian biogas

bertingkat seri merupakan metode pemurnian baru yang belum pernah diteleti sebelumnya.

### Komponen Biogas

Komposisi biogas yang dihasilkan sangat tergantung pada jenis bahan baku yang digunakan. Namun demikian, komposisi utama dari biogas adalah gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dengan sedikit hydrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ). sedangkan kandungan lainnya yang ditemukan dalam kisaran konsentrasi kecil (*trace element*) yaitu senyawa sulfur organik, gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ), senyawa hidrokarbon terhalogenasi (*Halogenated hydrocarbons*), gas nitrogen ( $\text{N}_2$ ), gas karbon monoksida ( $\text{CO}$ ) dan gas oksigen ( $\text{O}_2$ ). Komposisi utama dalam biogas ditunjukkan pada Tabel 1 (Hambali et al. 2007).

Tabel1. Komposisi kandungan biogas

No.	Kompoisi Biogas	Satuan	Presentase (%)
1	Metan ( $\text{CH}_4$ )	% 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  $21.6 \text{ \AA}$ , 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 et al. 2013).

## Zeolit

Zeolit merupakan senyawa aluminosilikat terhidrasi yang terdiri dari ikatan SiO<sub>4</sub> dan AlO<sub>4</sub> tetrahedra 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 thermal zeolit (Ozkan et al. 2008).

Penggunaan zeolit dibutuhkan suatu proses aktivasi untuk meningkatkan sifat khusus zeolit sebagai adsorben dan menghilangkan unsur pengotor (Rosita et al. 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<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S [21]. Zeolit dapat mengontrol gas-gas penyebab utama efek rumah kaca yaitu CO<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub>O, kecuali CH<sub>4</sub> yang tidak terserap (Delahay et al. 2002).

## METODOLOGI PENELITIAN

### Alat dan Bahan Penelitian

#### 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, *urine bag*, termocople, lem tembak, dan 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, kemudian air, arang aktif, zeolit, dan lem pipa.

### Rancangan Percobaan

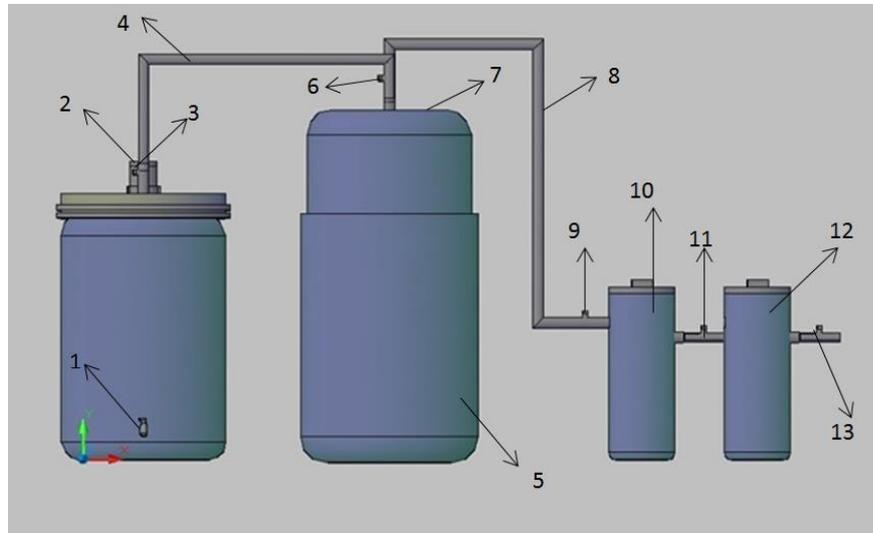
Tahap awal dari penelitian ini adalah merancang dan merakit unit digester biogas dan alat pemurni biogas metode adsorben berbentuk tabung dengan dimensi diameter 15 cm dan tinggi 100 cm. Limbah kotoran sapi difermentasikan di dalam digester, kemudian biogas hasil fermentasi tersebut dialirkan melalui 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 sebagai agar dapat menghasilkan daya penyerapan yang maksimal.

Variabel yang diamati pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter dan Pengamatan

Parameter	Waktu pengamatan (Hari ke-)	Metode
Rasio C/N	Pertama	Analisa lab
Suhu	Setiap hari	Digital Thermocouple
pH	Setiap hari	Ph meter
TS	1,20 & 40	Analisa lab
VS	1,20 & 40	Analisa lab
COD	1 & 40	Analisa lab
BOD	1 & 40	Analisa lab
CH <sub>4</sub>	Akhir	Kromatografi gas
CO <sub>2</sub>	Akhir	Kromatografi gas

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran disajikan dalam bentuk grafik dan diagram kemudian dianalisis secara deskriptif. Proses penyaringan biogas terdiri dari dua proses, yaitu yang pertama tanpa kontrol (langsung) yang kedua menggunakan perlakuan pemurnian dengan absorben 100% arang aktif dan 100% zeolit pada purifier betingkat seri. Kandungan biogas hasil pemurnian dianalisis pada variasi waktu pemurnian ; 30, 60 dan 90 menit yang diulang sebanyak tiga kali.



Gambar 1. Instalasi digester pemurnian biogas

Keterangan:

- |                                 |                                  |
|---------------------------------|----------------------------------|
| 1. Output kotoran sapi          | 7. Penampungan gas               |
| 2. Input kotoran sapi           | 8. Pipa penyalur gas             |
| 3. Keran masukan gas            | 9. Keran masukan gas ke purifier |
| 4. Pipa penyalur gas            | 10. Purifier gas                 |
| 5. Bak penampung air            | 11. Keran                        |
| 6. Keran input gas ke penampung | 12. Purifier gas                 |
|                                 | 13. Keran keluaran gas           |

## 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).

Tabel 4. Rasio C/N yang ideal berdasarkan jenis kotoran

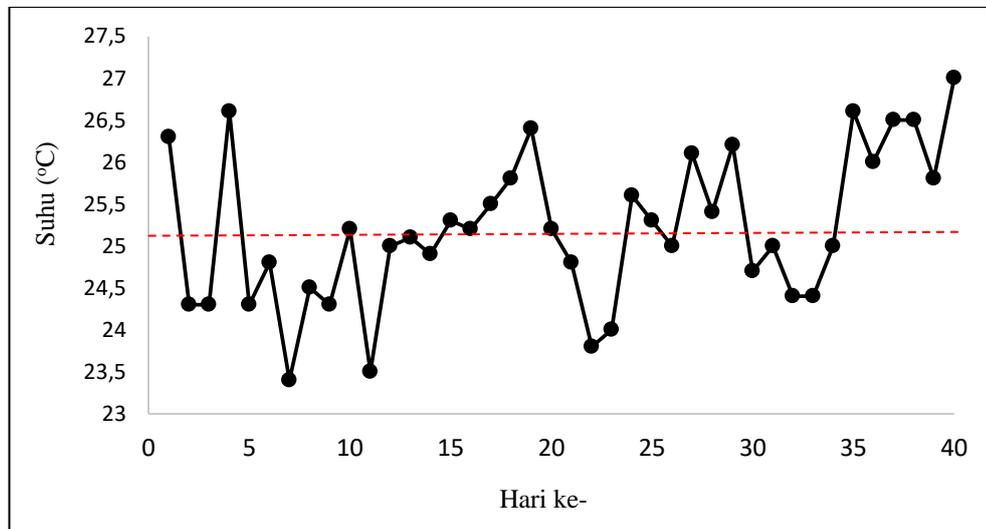
Jenis Kotoran	Rasio C/N	Jenis Kotoran	Rasio C/N
Kotoran bebek	8		
Kotoran manusia	8	Eceng gondok	25

Kotoran ayam	10	Kotoran Gajah	43
Kotoran kambing	12	Batang Jagung	60
Kotoran babi	18	Jerami Padi	70
Kotoran domba	19	Jerami gandum	90
Kotoran sapi/kerbau	24	Serbuk gergaji	> 200

Sumber : Karki et al. 1984

## Suhu

Dari hasil pengamatan diperoleh data suhu sebagai berikut

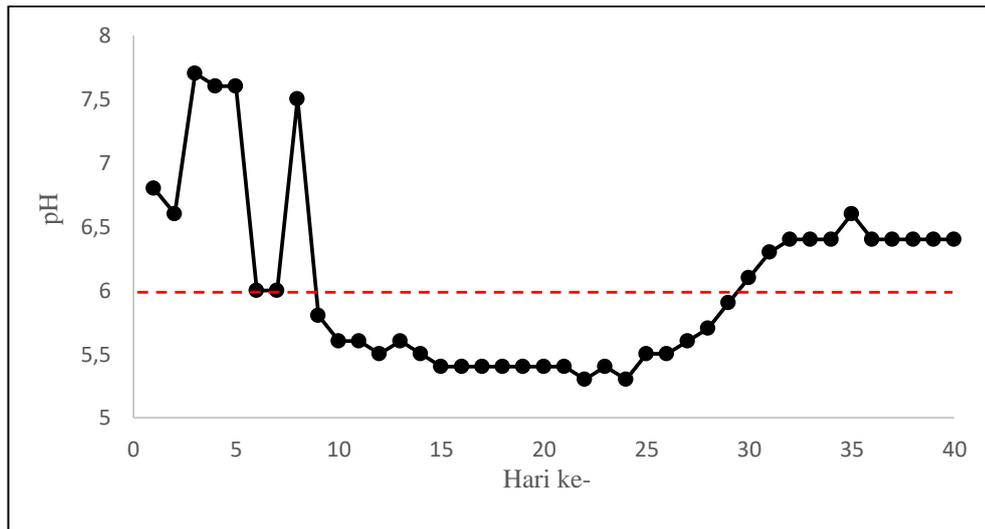


Gambar 2. Suhu digester selama 40 hari

Suhu digester selama proses pembentukan biogas cenderung fluktuatif. Suhu yang fluktuatif ini dipengaruhi oleh cuaca dan suhu lingkungan. Pada proses fermentasi biogas ini dilakukan pada musim pengujan, sehingga suhu lingkungan berpengaruh pada suhu substrat. Suhu yang baik untuk proses pembentukan biogas berkisar antara 20-40°C dan suhu optimum antara 28-30°C (Paimin, 2001). 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.

## Derajat Keasaman (pH)

Dari hasil penelitian, nilai pH selama proses fermentasi dapat dilihat pada Gambar 3.



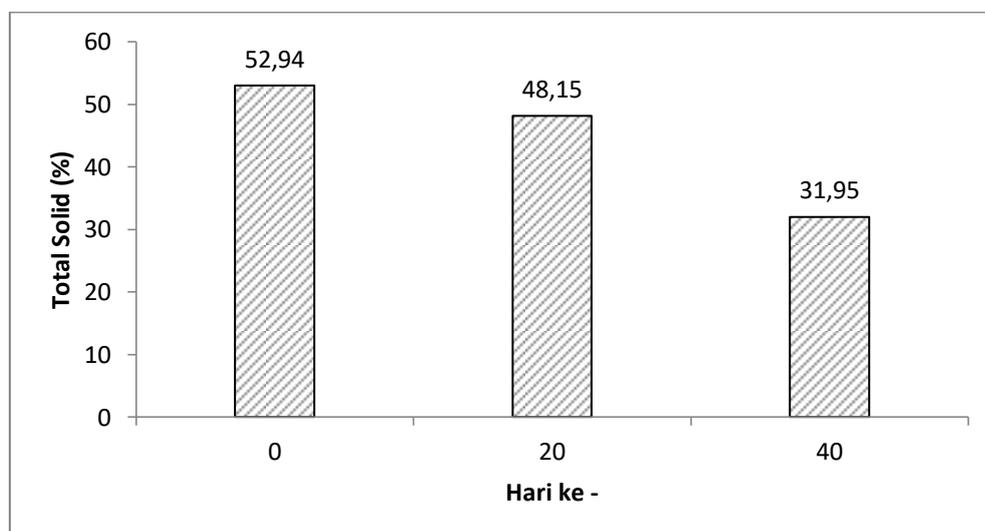
Gambar 3. pH digester selama 40 hari

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 metanogenik 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 metanogenik akan menurun dan jika pH dibawah 5 maka fermentasi terhenti (Mahida, 1984).

### Total Solid dan Volatile Solid

#### 1. TS (Total Solid)

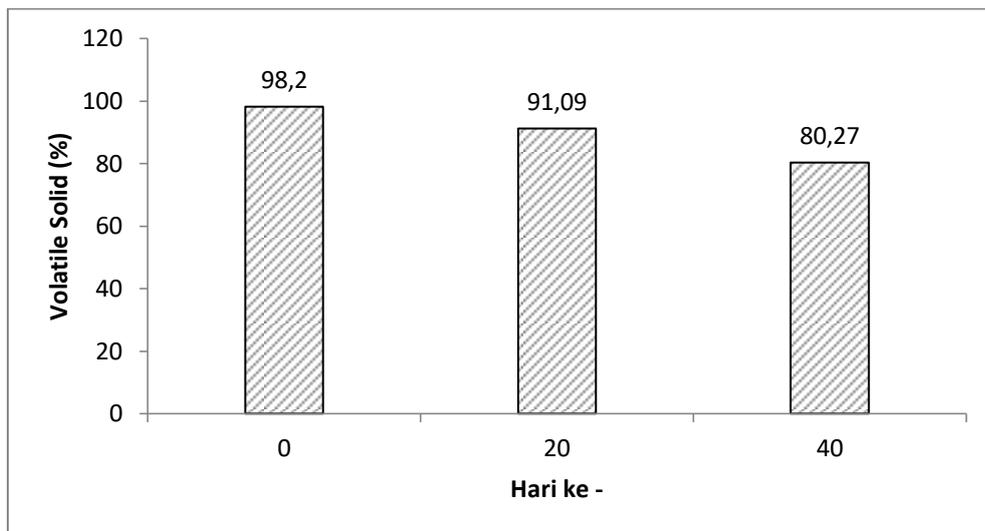
Total solid merupakan materi *residu effluent* setelah pemanasan dan pengeringan pada temperatur 105°C. Total solid dihitung untuk mengetahui berapa banyak total padatan tersuspensi pada substrat atau air buangan. Pada gambar 4 dapat dilihat berdasarkan hasil penelitian nilai total solid mengalami penurunan 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.



Gambar 4. Nilai Total Solid (TS)

## 2. VS (Volatile Solid)

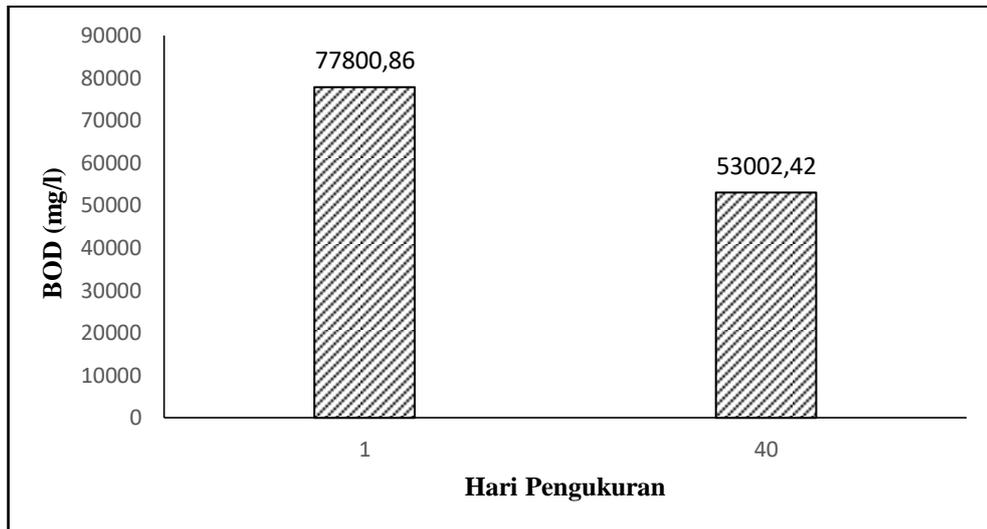
Volatile Solid merupakan materi *residu effluent* setelah pemanasan dan pengeringan pada temperatur 550°C. Volatile Solid dihitung untuk mengetahui berapa banyaknya padatan mudah uap tersuspensi pada substrat atau air buangan (Greenberg et al. 1992). Volatile solid mengalami penurunan dari awal hingga 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 (Ratnaningsih, 2009).



Gambar 5. Nilai Volatile Solid (VS)

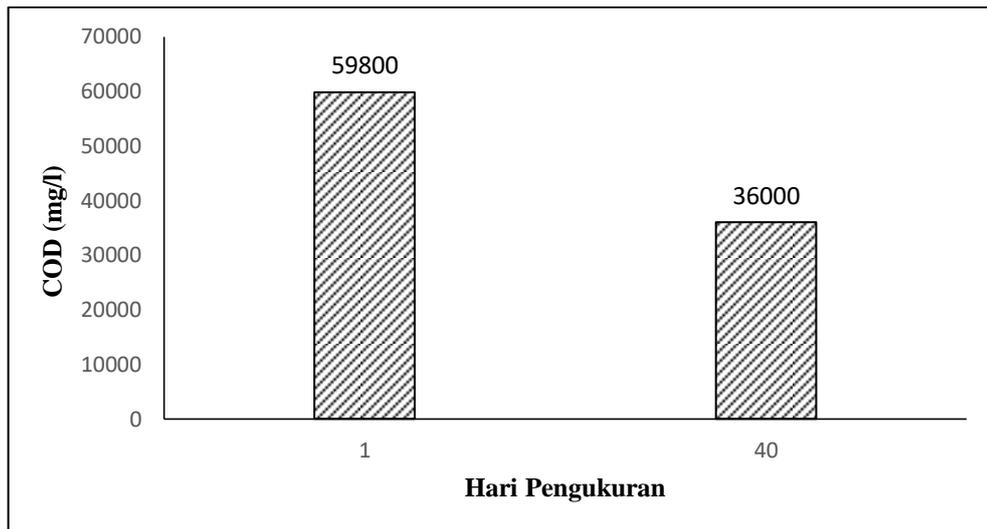
## BOD dan COD

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 [11]. 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.



Gambar 6. Kandungan BOD awal dan akhir substrat

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. Penurunan BOD ataupun COD disebabkan karena proses hidrolisis dimana bahan organik dimanfaatkan mikroorganisme sebagai nutrisi dan mengubahnya menjadi senyawa yang lebih sederhana (Kresnawaty et al. 2008).



Gambar 7. Kandungan COD awal dan akhir substrat

Penurunan COD dan BOD menandakan adanya konsumsi asam untuk produksi metan. Penyisihan COD disebabkan oleh bahan organik pada tahap asidifikasi dirombak menjadi asam yang selanjutnya dirombak menjadi metan pada tahap metagenesis (Budiyono et al. 2013)

### Konsentrasi Kandungan Gas Metana (CH<sub>4</sub>)

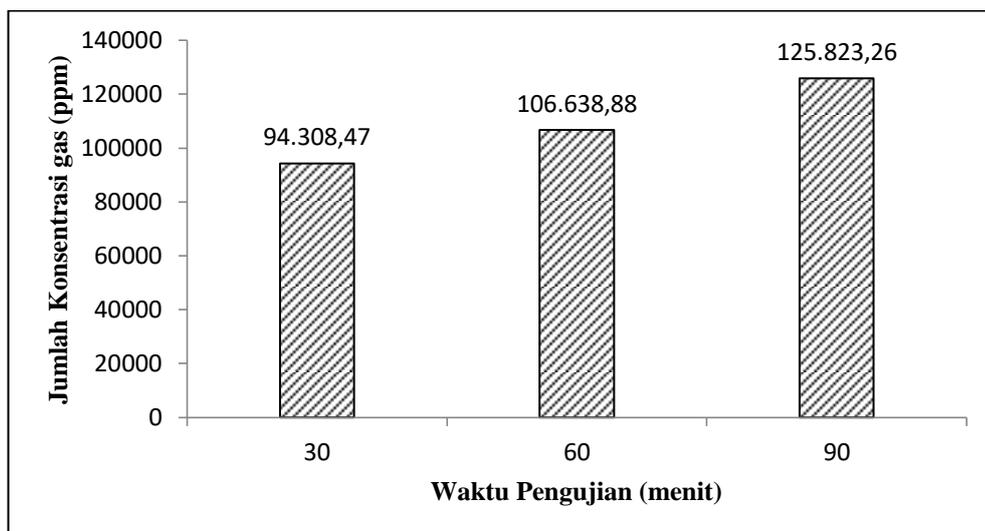
Pengaruh penggunaan adsorben terhadap kandungan gas metan dalam biogas dapat diketahui dengan melakukan pengujian dengan Kromatografi gas. Dari hasil pengujian didapatkan kandungan gas metana sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Pengujian Kandungan Metana dalam Biogas dengan adsorben Arang Aktif dan Zeolit

Waktu uji (menit)	Sampel (ppm)		
	1	2	3
30	779,20	148.838,00	133.308,20
60	97.166,58	63.918,86	158.831,20
90	184.062,70	118.618,50	74.788,58

Dari hasil pengujian kandungan gas metana pada Tabel 4, tiga sampel dari masing-masing waktu pengujian kemudian dirata-rata dan menunjukkan grafik konsentrasi gas metana.

Dari Gambar 8, dapat dilihat kandungan gas metan terendah pada waktu pengukuran 30 menit sejumlah 94.308,467 ppm. Pengukuran dengan waktu 60 menit diperoleh 106.638,88 ppm gas metan. Kemudian rerata pada waktu pengambilan 90 menit adalah yang tertinggi dengan jumlah 125.823,26 ppm. Jika dilihat dari gambar 8, kandungan gas metan dari setiap waktu pengukuran mengalami kenaikan hal ini menunjukkan adanya pengaruh waktu terhadap hasil gas metana yang dihasilkan, semakin lama waktu pemurnian maka semakin banyak kandungan gas metan yang dihasilkan, namun ketika dilakukan analisis pengaruh waktu terhadap konsentrasi CH<sub>4</sub> menggunakan anova, nilai Sig diperoleh 0,864. Karena nilai Sig lebih besar dari 0,05 hal ini menunjukkan tidak adanya perbedaan nyata dari konsentrasi CH<sub>4</sub> berdasarkan ketiga waktu tersebut.



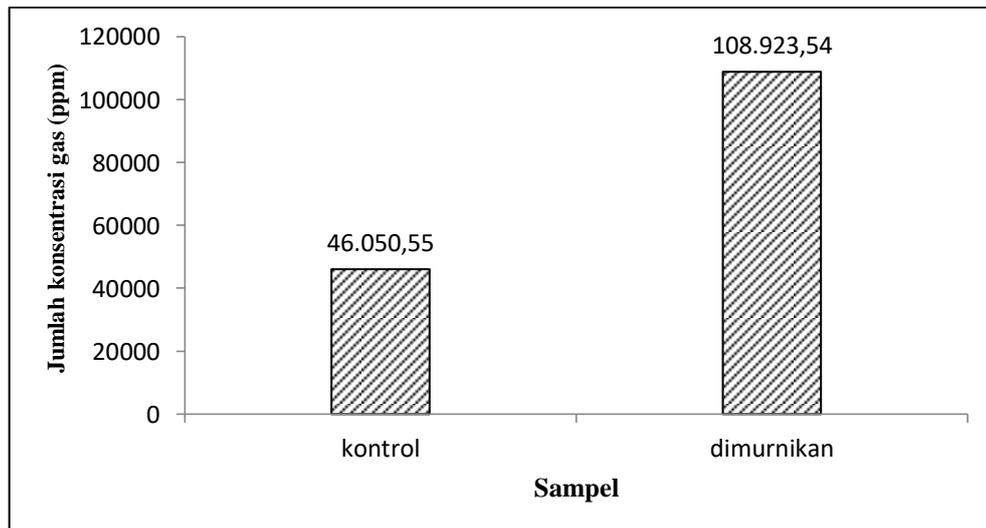
Gambar 8. Rata-rata kandungan CH<sub>4</sub>

Kenaikan gas metan pada gambar 8, ternyata hasilnya tidak ada perbedaan nyata dari ketiga waktu pengukuran atau dengan kata lain waktu paling efektif untuk pemurnian biogas pada penelitian ini adalah 30 menit. Hal ini diduga adsorben yang digunakan masih belum dapat menyerap gas gas impurities lain dengan optimal

sehingga untuk gas metan yang diperoleh setiap waktu pengujianya masih belum terlihat signifikan hasilnya. Faktor lain yang menyebabkan gas metan yang diperoleh pada pengujian kurang optimum diduga karena salah satu adsorben yang digunakan yakni zeolit belum dilakukan proses aktivasi. Proses aktivasi ini terbilang cukup penting karena dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi dari zeolit yang digunakan dan juga menghilangkan molekul-molekul air serta zat-zat pengotor yang ada pada pori-pori dari zeolit tersebut. Adsorben arang aktif juga kurang maksimal ada proses aktivasinya karena hanya menggunakan suhu kurang lebih  $100^{\circ}\text{C}$ .

Peningkatan pada fungsi adsorpsi dari arang aktif dapat dilakukan aktivasi ulang dengan memanaskan dengan suhu sekitar  $400-500^{\circ}\text{C}$ , hal ini karena semakin tinggi suhu aktivasi, pemanasan semakin besar, karbon semakin terkikis dan pori-pori semakin banyak terbentuk dan terbuka (Kalderis et al. 2008). Dengan meningkatnya suhu aktivasi, pembentukan mikropori dan mesopori bertambah sehingga luas permukaan yang dihasilkan semakin tinggi setelah itu arang aktif dapat digunakan kembali. Adsorben arang aktif dapat segera diganti untuk diaktifasi atau regenerasi kembali (Alwathan et al. 2013).

Sampel kontrol (tanpa pemurnian) memiliki konsentrasi  $\text{CH}_4$  46.050,55 ppm dan rata-rata ketiga sampel yang dimurnikan sebesar 108.923,536. Jika dibandingkan dengan sampel kontrol, konsentrasi  $\text{CH}_4$  menunjukkan perbedaan yang signifikan antara yang dimurnikan dan tanpa pemurnian menggunakan arang aktif dan zeolit. Kenaikan konsentrasi gas  $\text{CH}_4$  sebesar 136,5%. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh pemurnian terhadap peningkatan kualitas kadar gas metana pada biogas.



Gambar 9. Perbandingan konsentrasi  $\text{CH}_4$  variabel kontrol

### Konsentrasi Kandungan Gas $\text{CO}_2$

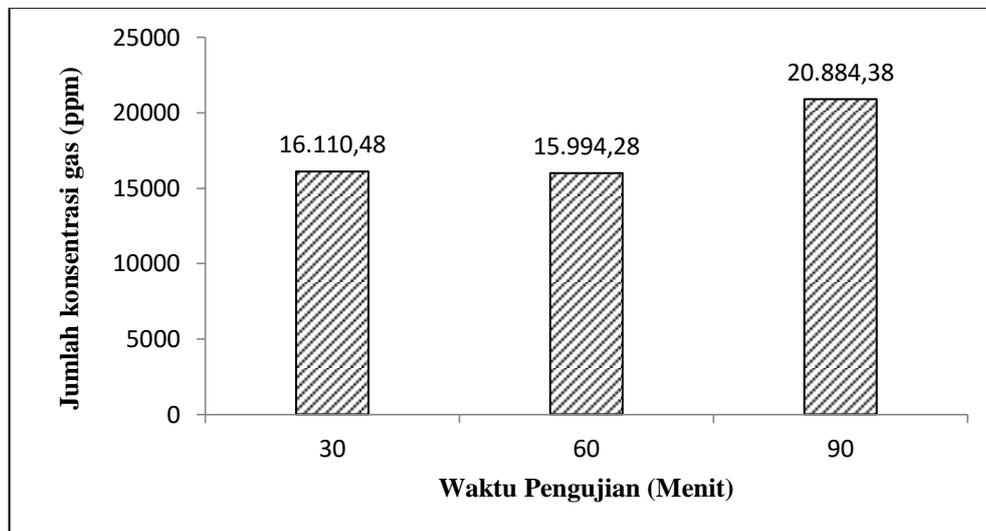
Analisa yang dilakukan masih sama yakni Kromatografi gas dengan menguji persentase karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang terdapat di dalam biogas yang dimurnikan dengan adsorben arang aktif dan zeolit. Perlakuan yang diberikan sama seperti pengujian kandungan gas metan. Dari hasil pengujian didapatkan kandungan gas  $\text{CO}_2$  sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Pengujian Kandungan Karbon Dioksida dalam Biogas dengan Adsorben Arang Aktif dan Zeolit

Waktu Pengujian (menit)	Sampel (ppm)		
	1	2	3
30	695,39	28127,06	19508,98
60	7996,01	5228,99	34757,84
90	48848,22	8790,23	5014,69

Dari hasil pengujian kandungan gas karbondioksida pada tabel 8, tiga sampel dari masing-masing waktu pengujian kemudian dirata-rata menunjukkan grafik konsentrasi gas metana. Konsentrasi CO<sub>2</sub> dari ketiga waktu pengujian mengalami fluktuasi, namun ketika dilakukan analisis ANOVA hasilnya tidak berpengaruh nyata, sama seperti CH<sub>4</sub> nilai sig yg diperoleh lebih besar dari 0,05 yakni sebesar 0,920. Sehingga dapat dikatakan waktu paling optimal untuk menurunkan kadar CO<sub>2</sub> yakni 30 menit.

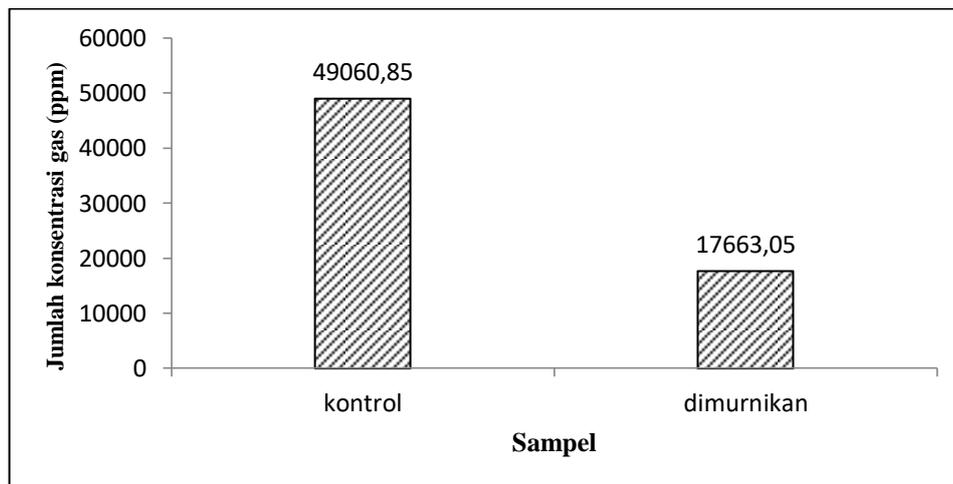
Dari gambar 10, rerata kandungan gas CO<sub>2</sub> pada waktu pengambilan 30 menit sejumlah 16.110,477 ppm. Kemudian mengalami penurunan pada pengujian dengan waktu 60 menit menjadi 15.994,28 ppm. Penurunan ini menunjukkan gas CO<sub>2</sub> pada biogas tereduksi oleh adsorben arang aktif dan zeolit. Besarnya nilai reduksi CO<sub>2</sub> disebabkan karena arang aktif mempunyai pH basa, sedangkan CO<sub>2</sub> bersifat asam, sehingga menyerap cukup baik ke dalam pori-pori arang aktif untuk gas impuritis CO<sub>2</sub> (Widyastuti et al. 2013).



Gambar 10. Rata-rata kandungan CO<sub>2</sub>

Zeolit memiliki kemampuan untuk meningkatkan kemurnian biogas karena mampu menyerap semua gas pengotor utama yaitu uap air, CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S, namun tidak menyerap gas utama yang ingin dimurnikan yaitu CH<sub>4</sub> (Wahono, 2008). Penurunan kandungan CO<sub>2</sub> dari waktu 30 ke 60 sebesar 0,72%. Selanjutnya pada pengambilan dengan waktu 90 menit kandungan CO<sub>2</sub> mengalami peningkatan menjadi 20.884,38 ppm. Adanya kenaikan ini disebabkan oleh adsorben yang digunakan yaitu arang aktif dan zeolit sudah dalam keadaan tidak optimal dalam proses pemurnian ini, sehingga daya adsorpsinya menjadi berkurang. Adsorpsi merupakan proses molekul-molekul fluida menyentuh dan melekat pada permukaan padatan (Nasruddin, 2005). Kualitas adsorben yang kurang optimal akan mengurangi efektifitas dalam melakukan adsorpsi

gas gas pengotor seperti CO<sub>2</sub>, dan H<sub>2</sub>S yang cukup berpengaruh terhadap peningkatan konsentrasi CH<sub>4</sub>. Penggunaan yang terlalu sering dan tidak dilakukan penggantian dengan yang baru atau mengaktivasi ulang menjadi salah satu penyebab berkurangnya kualitas adsorpsi pada adsorben yang digunakan.



Gambar 11. Perbandingan konsentrasi CO<sub>2</sub> dengan variabel kontrol

Dari ketiga sampel CO<sub>2</sub> yang dirata-rata dengan konsentrasi sebesar 17.663,05 ppm kemudian dibandingkan dengan sampel kontrol dengan konsentrasi CO<sub>2</sub> sebesar 49.060,85 ppm, menunjukkan perbedaan yang signifikan antara yang dimurnikan dan tanpa pemurnian menggunakan arang dan zeolit. Konsentrasi CO<sub>2</sub> yang dimurnikan lebih kecil dari pada konsentrasi yang tanpa dimurnikan. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh pemurnian terhadap penurunan kadar gas karbondioksida pada biogas. Penurunan konsentrasi gas CO<sub>2</sub> sebesar 64%.

## KESIMPULAN

1. 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%.
2. Penggunaan adsorben arang aktif dan zeolit dapat meningkatkan kandungan gas CH<sub>4</sub> sebesar 136,5% dan menurunkan kandungan gas CO<sub>2</sub> sebesar 64% pada biogas.
3. Lama waktu pengujian mampu meningkatkan konsentrasi CH<sub>4</sub> dan menurunkan kandungan gas CO<sub>2</sub> dengan waktu paling optimal yaitu 30 menit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alwathan, M dan Ramli, T. 2013. Pengurangan Kadar H<sub>2</sub>S dari Biogas Limbah Cair Rumah Sakit dengan Metode Adsorpsi. *Jurnal Konversi* Vol. 2 (1).
- Budiyono dan Gita H . 2013. Pengaruh Temperatur Terhadap Produksi Biogas dari Kotoran Kuda. Universitas Diponegoro: Semarang.
- Delahay, G., and Coq, B., 2002. *Pollution Abatement Using Zeolites: State of The Art and Further Needs, Catalytic Science Series – Vol. 3, Zeolites for Cleaner Technologies, Chapter 16*. Imperial College Press. London

- Greenberg, E. A., Clescert, S. L., and Eaton, D. A. 1992. *Examination of Water and Wastewater*. Standard Methods 18th Edition. 412-418. Washington : American Public Health Association.
- 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.
- Kalderis, D., S. Bethanis, P. Paraskeva, dan E. Diamadopoulos. 2008. Production Of Activated Carbon From Baggase And Rice Husk By A Single-Stage Chemical Activation Method At Low Retention Times. *Bioresource Technology* 99 : 6809-6816
- Karki, A. B and K. Dixit. 1984. *Biogas Fieldbook*. Sahayogi Press. Khatmandu, Nepal.
- Kresnawaty, I., I. Susanti., Siswanto., dan Panji, T., 2008. Optimasi Produksi Biogas dari Limbah Lateks Cair Pekat dengan Penambahan Logam. *Jurnal Menara Perkebunan*: 14: 18-22.
- Mahida, U.N. 1984. *Pencemaran air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. Rajawali : Jakarta
- MetCalf & Eddy, 2003, *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal and Reuse*, 4th ed., McGraw Hill Book Co., New York. Meynell, P. J., 1981, *Methane : Planing a Digester*, Prism Press, Great Britain.
- Nadliriyah, N Triwikantoro, 2013, Pemurnian Produk Biogas Dengan Metode Absorsi Menggunakan Larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , *Skripsi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Nasruddin. 2005. Dynamic Modeling and Simulation of a Two-Bed Silicagel-Water Adsorption Chiller. *Desertation*. Rwth Aachen. Germany.
- Ozkan F.C., and Ulku S., 2008. Diffusion Mechanism of Water Vapour in A Zeolitic Tuff Rich in Clinoptilolite, *Thermal Analysis and Calorimetry* 94:699-702
- Paimin, 2001. *Alat Pembuat Biogas dari Drum*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Ratnaningsih. 2009. Potensi Pembentukan Biogas Pada Proses Biodegradasi Campuran Sampah Organik Segar dan Kotoran Sapi Dalam Batch reaktor Anaerob. *Tugas Akhir*. jurusan Teknik Lingkungan Universitas Trisakti: Jakarta.
- Rosita N., Erawati T., dan Moegihardjo M., 2004. Pengaruh Metode Aktivasi Terhadap Eektivitas Zeolit sebagai Adsorbrn. *Majalah armasi Airlangga* Vol 4 No. 1.
- Schluter A., T. Bekel, N. N. Diaz, Michael Dondrupb, Rudolf Eichenlaub KarlHeinz Gartemann, Irene Krahn, Lutz Krause, Holger Krömeke, Olaf Kruse, Jan H. Mussnugd, Heiko Neuweger, Karsten Niehaus, Alfred Puhler, Kai J. Runte, Rafael Szczepanowski, Andreas Tauch, Alexandra Tilker, Prisca Viehover, Alexander Goesmann. 2008. The Metagenome of a Biogas-producing Microbial Community of a Production-scale Biogas Plant Fermenter Analysed by the 454-Pyrosequencing Technology. *Journal of Biotechnology* 136:77-90. Universitat Bielefeld, Germany.
- Sikanna dan Rismawaty, 2013, "Kajian Teknologi Produksi Biogas Dari Sampah Basah Rumah Tangga" Jurusan Kimia Fakultas MIPA. Universitas Tadulako.
- Wahono , S., K. 2008. "Kajian : Pemanfaatan Zeolit Lokal Gunungkidul Yogyakarta untuk Optiasi Sistem Biogas". LIPI. Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia. ISSN 1410-5667.
- Weitkamp, J. and Puppe, L., 1999, *Catalysis and Zeolites: Fundamental and Applications*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany.
- Widyastuti A., Berlian S., dan Afghani J., 2013, Karbon Akif dari Limbah Cangkang Sawit sebagai Adsorben Gas dalam Biogas Hasil Fermentasi Anaerobik Sampah Organik. *JKK* Vol. 2 (1), pp. 30-33.