

## PURIFIKASI BIOGAS MENGGUNAKAN PELET SEKAM PADI TERAKTIVASI UNTUK MENINGKATKAN KONSENTRASI CH<sub>4</sub> DALAM BIOGAS

Rosiana Indrawati<sup>1</sup>, Joko Susilo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Energi Institut Teknologi Yogyakarta

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Industri Institut Teknologi Yogyakarta  
Email: <sup>1</sup>rosiana.indrawati@gmail.com, <sup>2</sup>jks\_alan@yahoo.co.id

Masuk: 12 Juli 2018, Revisi masuk: 20 Juli 2018, Diterima: 21 Juli 2018

### ABSTRACT

*The availability of fossil fuels as the main supplier of national energy is increasingly expensive and limited. Biogas appears as an alternative energy source. The purity of CH<sub>4</sub> produced by biogas becomes very important, because it affects the calorific value produced. This study aims to determine the effect of biogas purification using rice husk pellet adsorbent on CH<sub>4</sub> content in biogas. The independent variable is the height of the adsorbent 5 cm, 10 cm and 15 cm. Contact time is 30 minutes, 60 minutes and 90 minutes. While the controlled variables include activation of adsorbents with heating temperatures of 120<sup>o</sup>C. The dependent variable observed was the percentage of CH<sub>4</sub> content before and after purification. Sampling was carried out on day 20. Based on the gas chromatography test results showed that the largest CH<sub>4</sub> gas content was found in SPWT90TA5 purification reactor, rice husk adsorbent namely 5 cm adsorbent height variation and 90 minutes residence time which was 32,393 with a percentage of CH<sub>4</sub> content increase of 260.3% from the initial content of CH<sub>4</sub> gas before the purification process which was 8.99. And the lowest CH<sub>4</sub> gas content is in the SPWT60TA 10 sample which is 6.252 or reduced by 30% from the initial CH<sub>4</sub> content before purification is carried out. The conclusion is that biogas purification using rice husk pellet adsorbent can adsorb impurities in biogas and increase methane levels in biogas.*

**Keyword:** Adsorbent, Biogas, CH<sub>4</sub>, Purification, Rice husk.

### INTISARI

Ketersediaan bahan bakar fosil sebagai pemasok utama energi nasional semakin mahal dan terbatas. Biogas muncul sebagai salah satu sumber energi alternatif. Kemurnian dari CH<sub>4</sub> yang dihasilkan oleh biogas menjadi sangat penting, karena berpengaruh terhadap nilai kalor yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh pemurnian biogas menggunakan adsorben pelet sekam padi terhadap kandungan CH<sub>4</sub> dalam biogas. Variabel bebas berupa ketinggian isian adsorben 5 cm, 10 cm dan 15 cm. Waktu kontak 30 menit, 60 menit dan 90 menit. Sedangkan variabel terkontrol antara lain aktivasi adsorben dengan pemanasan suhu 120<sup>o</sup>C. Variabel terikat yang diamati adalah persentase kandungan CH<sub>4</sub> sebelum dan pasca purifikasi. Pengambilan sampel dilakukan pada hari ke 20. Berdasarkan hasil uji gas kromatografi menunjukkan Kandungan gas CH<sub>4</sub> terbesar terdapat pada reaktor pemurnian SPWT90TA5 adsorben sekam padi yaitu variasi tinggi adsorben 5 cm dan waktu tinggal 90 menit yaitu sebesar 32,393 dengan persentase kenaikan kandungan CH<sub>4</sub> sebesar 260,3% dari kandungan awal gas CH<sub>4</sub> sebelum proses pemurnian yaitu 8,99. Dan kandungan gas CH<sub>4</sub> terendah yaitu pada sampel SPWT60TA 10 yaitu 6,252 atau berkurang 30% dari kandungan CH<sub>4</sub> awal sebelum purifikasi dilakukan. Kesimpulan bahwa pemurnian biogas dengan menggunakan adsorben pelet sekam padi dapat menyerap gas pengotor dalam biogas dan menaikkan kadar metan dalam biogas.

**Kata-kata kunci:** Adsorben, Biogas, CH<sub>4</sub>, Purifikasi, Sekam padi.

## PENDAHULUAN

Bahan bakar energi fosil saat ini sudah mengalami penurunan. Sumber energi yang tidak dapat diperbaharui menjadikan munculnya inovasi teknologi untuk menggantikan energi bahan bakar fosil menjadi sumber energi alternatif ramah lingkungan. Biogas menjadi salah satu alternatif teknologi yang menghasilkan bahan bakar ramah lingkungan karena berasal dari biomassa, sampah organik, limbah cair organik, sisa makanan, daun-daunan dan kotoran hewan.

Dari aktivitas anaerobik oleh bakteri metana, biogas mampu menghasilkan gas-gas seperti  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , dan gas-gas lain. Dalam hal ini tentu saja yang dimanfaatkan adalah gas metana ( $\text{CH}_4$ ), karena  $\text{CH}_4$  mempunyai nilai kalor yang tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar. Kandungan  $\text{CH}_4$  yang murni dalam biogas dapat mempengaruhi kualitas biogas dalam pengaplikasiannya sebagai sumber energi. Di dalam biogas, terdapat kandungan impuritas-impuritas seperti  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{S}$  yang dapat mengganggu kinerja gas metan. Sehingga impuritas-impuritas tersebut harus dihilangkan dengan pemurnian.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang menjadi fokus dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh purifikasi biogas dengan menggunakan pelet sekam padi teraktivasi untuk meningkatkan kadar gas metan.

Tujuan pelaksanaan penelitian ini adalah memperoleh gambaran secara real tentang pengaruh purifikasi biogas menggunakan adsorben pelet sekam padi terhadap peningkatan kadar metan dalam biogas, memberikan data pengaruh variasi tinggi adsorben dan lama waktu kontak terhadap pemurnian biogas dengan menggunakan pelet sekam padi teraktivasi.

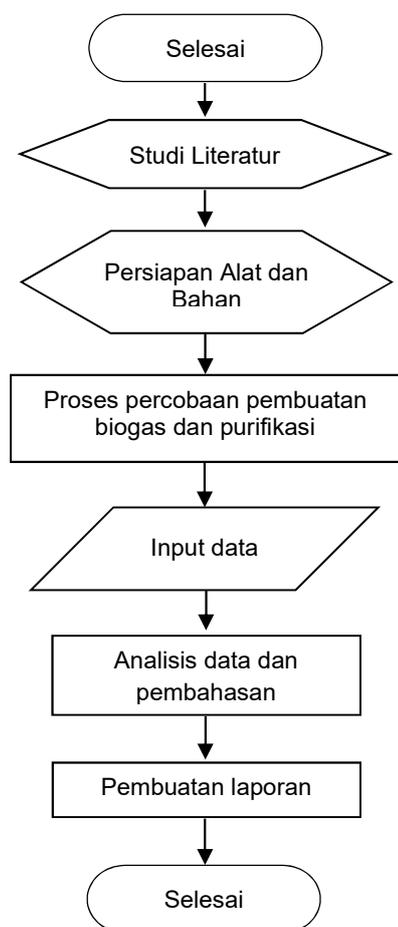
Menurut Pabby dkk (2009), komposisi biogas tergantung pada sumber bahan bakunya. Proses pemurnian biogas menggunakan membran sangat baik pada tekanan operasi 5-7 bar. Menurut Mara (2012), pemilihan metode yang cocok untuk pemisahan  $\text{CO}_2$  dari campurannya tergantung pada beberapa

parameter, yaitu: konsentrasi  $\text{CO}_2$  di aliran umpan, sifat alami komponen umpan, tekanan dan temperatur. Menurut Kapdi dkk (2005), ada beberapa metode pemurnian biogas ( $\text{CO}_2$  removal), antara lain: absorpsi fisika, absorpsi kimia, adsorpsi, pemisahan dengan membran, cryogenic dan konversi kimia menjadi senyawa lain. Absorpsi adalah pemisahan suatu gas tertentu dari campuran gas-gas dengan cara pemindahan massa ke dalam suatu liquid. Hal ini dilakukan dengan cara mengantarkan aliran gas dengan liquid yang mempunyai selektivitas pelarut yang berbeda dari gas yang akan dipisahkannya.

Dua kriteria suatu teknologi pemisahan akan dipilih jika pertimbangan secara teknis dan ekonomis mudah dilakukan. Absorpsi dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu absorpsi fisika yang disebabkan oleh gaya Van Der Waals (penyebab terjadinya kondensasi untuk membentuk cairan yang ada pada permukaan adsorben) dan absorpsi kimia (terjadi reaksi antara zat yang diserap oleh adsorben, banyaknya zat yang teradsorpsi tergantung pada sifat khas zat tersebut). Besar kecilnya adsorpsi dipengaruhi oleh macam adsorben, macam zat yang teradsorpsi, konsentrasi adsorben dan zat, luas permukaan, temperatur dan tekanan zat yang teradsorpsi.

Adsorpsi dipakai untuk menyatakan bahwa ada zat lain yang terserap pada zat itu, misalnya karbon aktif dapat menyerap molekul-molekul asam asetat dalam larutannya. Tiap partikel adsorban dikelilingi oleh molekul yang diserap karena terjadi interaksi tarik-menarik. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya efektif tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap karbon aktif sangat besar yaitu 25-100% terhadap karbon aktif (Arifin, 2010).

Gambar 1 menampilkan diagram alir langkah penelitian.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

### Pembuatan Reaktor Biogas

Pembuatan reaktor gas dimulai dengan menyiapkan drum plastik volume 26 liter sebanyak 1 buah yang kemudian pada tutup bagian atas dilubangi seukuran pipa diameter 1,5 inci. Selanjutnya disiapkan pipa PVC diameter 1,5 inci sepanjang  $\pm 50$  cm dimasukkan ke dalam lubang yang telah dibuat tadi, dan menyisakan 10 cm dibagian atas tutup drum plastik dan pada bagian lubang diberi perekat lem tetes dipasang dop agar dipastikan tidak terdapat celah untuk masuknya udara karena kebocoran. Lubang ini berfungsi sebagai lubang *feedstock* atau lubang inlet. Berjarak 5 cm dari pipa *feedstock* dibuat lubang kecil untuk saluran gas dengan menggunakan selang waterpass. Dibagian bawah drum sekitar 5 cm dari bawah drum dibuat lubang kecil seukuran pipa diameter 0,5" dan diberi pipa beserta

dengan dop. Lubang ini berfungsi sebagai pipa outlet untuk mengeluarkan *slurry* dan cairan sisa proses fermentasi, Berjarak 30 cm di atas pipa outlet dibuat lubang untuk dimasuki pipa ukuran 0,5" yang berfungsi untuk saluran *overflow*.

Pembuatan penampung gas dilakukan dengan menyiapkan ban mobil bekas yang dihubungkan dengan selang gas yang terhubung dengan digester.

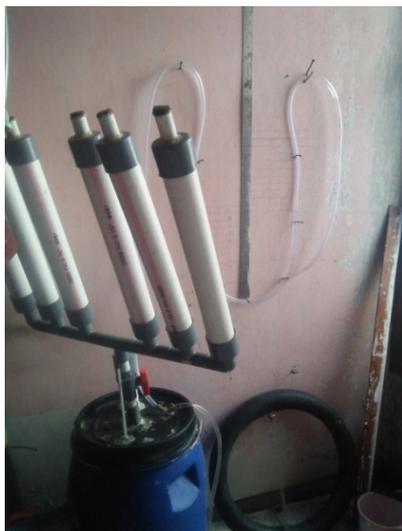
Penyiapan bahan kotoran sapi ditimbang masing-masing 1 : 1 kemudian dimasukkan ke dalam ember dan ditambahkan air limbah RPH kemudian diaduk rata selama 15 menit, selanjutnya dimasukkan ke dalam lubang *feedstock* menggunakan gayung dan corong.

### Pembuatan Alat Purifier Biogas

Pembuatan alat filter ini menggunakan pipa PVC berukuran 1 1/4". Proses pembuatan dimulai dengan pengukuran panjang pipa, pipa yang akan digunakan sepanjang 40 cm dengan diameter 1 1/4". Selanjutnya dilakukan penggergajian untuk memotong pipa, lalu dibersihkan bagian pipa pada kedua ujungnya menggunakan amplas dan kikir. Dop yang digunakan untuk menutup kedua ujung pipa yang dilubangi bagian tengahnya. Bagian yang telah dilubangi kemudian dibersihkan dengan menggunakan kikir. Sumbat karet dimasukkan pada bagian tengah dop tersebut lalu dikencangkan kemudian dilem tetes. Bahan-bahan yang sudah disatukan kemudian pada sela-sela sambungannya dilapisi dengan lem pipa dan lem tetes untuk menghindari resiko kebocoran.

Reaktor kemudian dipasang di bagian atas digester biogas yang dihubungkan dengan pipa keluaran gas. Pipa keluaran gas yang menuju reaktor pemurnian dilengkapi dengan kran untuk membuka tutup aliran gas. Begitu gas tertampung dalam penampung gas dari bahan ban bekas, kran tersebut dibuka untuk mengalirkan gas menuju ke reaktor pemurnian kemudian diambil sampel sesuai variasi yang ditetapkan.

Gambar 2 menampilkan reaktor biogas dan purifier.



Gambar 2. Reaktor biogas dan purifier

### Pembuatan Pelet Sekam Padi

Pembuatan pelet sekam padi dan sekam padi dimulai dengan mencari bahan-bahan tersebut. Sekam padi diambil di daerah sentra pembuatan batu bata di Plered, Bantul. Sekam padi terlebih dahulu dicuci dengan menggunakan aquadest agar bersih dari kotoran yang menempel pada permukaan sekam. Setelah itu, sekam padi dikeringkan di bawah sinar matahari sampai daunnya mengering dan layu. Setelah itu dikeringkan lagi kemudian dibuat cetakan bola-bola kecil dengan menggunakan perekat tepung kanji dengan berat komposisi masing-masing 400 gram sekam padi dan 150 gram tepung tapioka yang dilarutkan dengan air kemudian dipanaskan sehingga dapat digunakan sebagai perekat pelet.

Proses selanjutnya setelah terbentuk bulatan-bulatan pelet sekam padi kemudian dipanaskan dengan menggunakan oven pada suhu  $120^{\circ}\text{C}$  dengan tujuan untuk mengurangi kadar air dan mengaktifkan permukaan pelet agar dapat menyerap zat-zat pengotor yang terkandung dalam biogas.

### Proses Pemurnian Menggunakan Pelet Sekam Padi

Proses selanjutnya, dibuka kran gas agar gas dapat mengalir ke bagian reaktor pemurnian biogas. Setelah 15 menit dari waktu kran dibuka, kemudian

dilakukan pengambilan sampel gas dengan masing-masing tabung waktu kontaknya 30, 60 dan 90 menit. Sampel gas yang diambil dengan menggunakan spuit kemudian dimasukkan ke dalam tabung vinox untuk selanjutnya dianalisis kadar metan dalam biogas. Analisis kadar metan dilakukan di Laboratorium Analisis Instrumentasi Departemen Teknik Kimia UGM.

Selanjutnya dipasang filter penyaring yang sudah dirakit dengan cara dihubungkan pada instalasi biogas. Penempatannya diletakkan setelah tutup kran gas dengan posisi filter sedikit ke atas.

Setelah itu selang dipasang pada reaktor biogas yang disambungkan pada kantong penampung gas yang dibuat dari ban bekas. Gas yang terbentuk dialirkan ke dalam filter. Setelah dipastikan sudah ada gas yang terbentuk, kemudian gas dialirkan ke dalam penampung. Pengambilan gas pada penampung gas harus dilakukan dengan hati-hati supaya gas yang diambil tidak tercampur dengan gas udara luar. Kemudian dilakukan pengujian sampel gas di Laboratorium untuk mengetahui kadar gas  $\text{CH}_4$ .

Proses penyaringan dilakukan sebanyak 10 kali, dengan ketinggian bed 5 cm dan waktu kontak 30 menit, 60 menit, dan 90 menit. Selanjutnya diulang untuk ketinggian bed 10 cm dan waktu kontak 30, 60, dan 90 menit. Proses penyaringan ketiga dilakukan dengan ketinggian bed 15 cm dengan waktu kontak yang sama dengan sebelumnya.

### Tahap Pengujian

Pada tahap pengujian, gas yang dihasilkan diuji menggunakan gas analyzer *Gas chromatograph* untuk diuji presentase kandungan  $\text{CH}_4$  dalam biogas sesudah proses purifikasi.

## PEMBAHASAN

### Kandungan Biogas Tanpa Proses Purifikasi

Berdasarkan hasil analisa gas metan pada biogas tanpa purifikasi diperoleh nilai sebesar 8,99%. Hasil tersebut merupakan sampel biogas yang tidak melewati proses purifikasi dengan menggunakan pelet sekam padi dan sekam padi. Nilai konsentrasi tersebut sangatlah

rendah, kemungkinan disebabkan oleh proses dekomposisi bahan organik yang tidak optimal. Beberapa penyebab proses berjalan tidak optimal antara lain: kebocoran pada digester ataupun pada penampung gas, bahan material pembuatan biogas memiliki C/N rasio yang rendah, komposisi campuran kotoran sapi dan limbah cair RPH yang tidak sesuai.

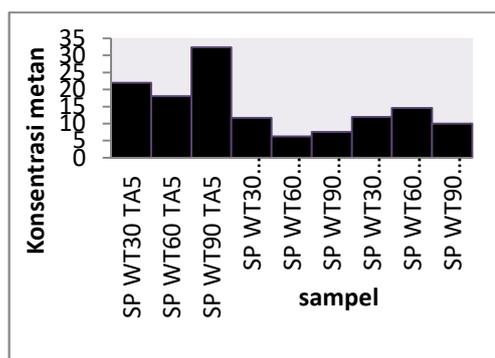
### Kandungan Biogas dengan Purifikasi Menggunakan Pelet Sekam Padi

Untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan adsorben pelet sekam padi terhadap kandungan metana di dalam biogas, maka dilakukan pengujian dengan Gas Kromatografi. Dari pengujian kandungan metana diperoleh hasil sebagaimana tampak pada Tabel 1.

Tabel 1 Kandungan gas metan dengan purifikasi menggunakan pelet sekam padi

No	Sampel	Konsentrasi Metan (%)
1	SP WT30 TA5	22,032
2	SP WT60 TA5	18,020
3	SP WT90 TA5	32,393
4	SP WT30 TA10	11,656
5	SP WT60 TA10	6,252
6	SP WT90 TA10	7,554
7	SP WT30 TA15	11,963
8	SP WT60 TA15	14,640
9	SP WT90 TA15	10,004

Sumber: (Hasil observasi, 2018)



Gambar 3. Persentase kandungan gas metan dengan purifikasi dengan pelet sekam padi

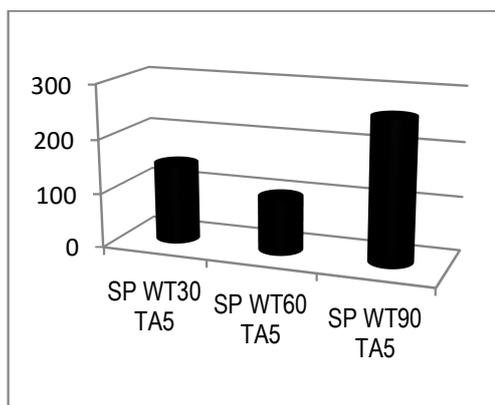
Dari hasil pengujian kandungan metana yang terkandung di dalam biogas dengan alat Gas Kromatografi terlihat

bahwa dengan melewati biogas melalui kolom adsorben akan menyebabkan kandungan metananya menjadi meningkat dibanding biogas yang tidak dilewatkan kolom adsorben. Kenaikan kandungan metana dalam biogas yang dihasilkan tergantung dari adsorben yang digunakan.

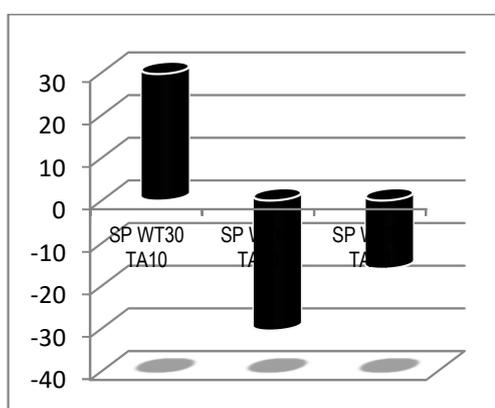
Data pada Tabel 1 menunjukkan persentase perubahan konsentrasi CH<sub>4</sub> karena penggunaan pelet sekam padi pemurni biogas pada tiap-tiap variasi. Variasi yang digunakan adalah lama waktu kontak dan tinggi adsorben. Konsentrasi terbesar terdapat pada taraf perlakuan SPWT90TA5 yaitu sebesar 32,393 dengan persentase kenaikan kandungan metan sebesar 260,32%. Pada ketinggian adsorben yang sama yaitu 5 cm, dengan waktu tinggal 60 menit mengalami penurunan konsentrasi gas metan menjadi 18,020 atau berkurang sebesar 100% dari kandungan metan mula-mula. Terjadinya penurunan kandungan gas metan pada SPWT 60TA5 kemungkinan disebabkan oleh aliran biogas menuju reaktor pemurnian mengalami gangguan. Hal yang sama juga terjadi pada reaktor pemurnian dengan tinggi adsorben 10 cm dengan variasi waktu 30, 60, dan 90 menit.

Pembuatan campuran serbuk sekam padi dan tepung kanji dalam bentuk pelet memiliki beberapa pertimbangan, pertimbangan tersebut antara lain adalah kemudahan pembuatan campuran (bentuk pelet), material yang dihasilkan kuat (tidak berubah menjadi debu/serbuk). Pemilihan pelet juga bertujuan untuk menjaga agar aliran gas dapat melalui alat pemurni, karena apabila digunakan dalam bentuk serbuk maka kemungkinan besar dapat menyumbat aliran biogas (Wahono dkk, 2010).

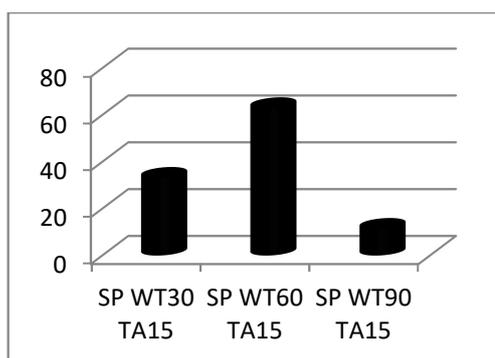
Gambar 4 menampilkan persentase perubahan konsentrasi gas metan variasi tinggi adsorben 5 cm, untuk variasi variasi tinggi adsorben 10 cm ditampilkan pada Gambar 5, sedangkan untuk variasi variasi tinggi adsorben 15 cm ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 4. Persentase perubahan konsentrasi gas metan variasi tinggi adsorben 5 cm



Gambar 5. Persentase perubahan konsentrasi gas metan variasi tinggi adsorben 10 cm



Gambar 6. Persentase perubahan konsentrasi gas metan variasi tinggi adsorben 15 cm

Kenaikan kandungan metana di dalam biogas setelah dilewatkan kolom adsorben tersebut di atas disebabkan oleh terserapnya gas-gas lain yang terkandung

di dalam biogas. Kandungan Karbondioksida akan bereaksi dengan gugus OH pada pemurni pelet sekam padi sehingga akan menurun persentasenya di dalam biogas, akibatnya persentase gas metana akan meningkat. Demikian juga ketika kolom adsorben diisi dengan pelet sekam padi terbukti bahwa kandungan gas metana dalam biogas meningkat lagi. Hal ini bisa terjadi karena pelet sekam padi yang sudah diaktivasi dengan pemanasan mampu menyerap gas-gas pengotor yang ada dalam biogas. Hal ini seperti dikemukakan oleh Ahmadi dkk (1997). Aktivasi secara fisik berupa perlakuan panas pada adsorben dengan tujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori adsorben, mampu memisahkan molekul zat berdasarkan ukuran molekul, meningkatkan luas permukaan pori adsorben dan meningkatkan porositasnya, sehingga secara keseluruhan akan meningkatkan kemampuan adsorpsinya. Semakin banyak gas-gas yang terserap, maka peningkatan kandungan gas metana dalam biogas juga akan semakin tinggi. Aroma biogas saat sebelum purifikasi dan setelah purifikasi juga mengalami perubahan. Aroma biogas tidak terlalu menyengat setelah proses purifikasi

Pemurnian biogas dari kandungan zat-zat pengotor seperti  $\text{CO}_2$  dan  $\text{N}_2$  merupakan tindakan yang penting, karena kandungan  $\text{CO}_2$  dalam biogas masih cukup tinggi. Dienuh (2011) menjelaskan Kemurnian  $\text{CH}_4$  yang dihasilkan dari biogas tersebut menjadi pertimbangan yang sangat penting, hal ini dikarenakan berpengaruh terhadap nilai kalor/panas yang dihasilkan, sehingga biogas yang dihasilkan perlu dilakukan pemurnian. Dalam hal ini gas yang mempengaruhi nilai kalor/panas adalah  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{S}$ . Sebagaimana diketahui keberadaan gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dapat menurunkan nilai kalor pada pembakaran biogas, sedangkan keberadaan gas hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) dapat menjadi zat yang bersifat korosif jika terbakar. Metode pemurnian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode adsorpsi. Sukarta (2008) menjelaskan adsorpsi merupakan terjerapnya

suatu zat (molekul atau ion) pada permukaan adsorben. Pelet sekam padi mengandung komponen lapisan dalam. Komponen lapisan dalam tersebut terbagi dalam fraksi karbohidrat yang terdiri atas selulosa dan hemiselulosa, sedangkan fraksi non karbohidrat terdiri atas lignin (Fengel & Wegener, 1995).

Struktur hemiselulosa dan selulosa mempunyai gugus OH terikat yang dapat bereaksi dengan adsorbat. Gugus OH pada selulosa dan hemiselulosa menyebabkan sifat polar pada adsorben. Budiono dkk (2009) menjelaskan bahwa gas CO<sub>2</sub> memiliki sifat lebih permeable dengan gas CH<sub>4</sub> karena gas CH<sub>4</sub> merupakan senyawa non polar. Sifat CO<sub>2</sub> dan air (H<sub>2</sub>O) yang lebih polar menyebabkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O dapat terjerap pelet sekam padi yang mempunyai kandungan selulosa dan hemiselulosa. Selulosa dan hemiselulosa dalam pelet sekam padi mempunyai sifat lebih kuat menjerap zat yang bersifat polar.

Mekanisme penjerapan tersebut dapat dibedakan menjadi dua yaitu, jerapan secara fisika (fisorpsi) dan jerapan secara kimia (kemisorpsi) (Atkins, 1999). Kemisorpsi merupakan adsorpsi kimia yang terjadi setelah adsorpsi fisik. Adsorpsi fisik merupakan mendekatnya adsorbat ke permukaan adsorben, setelah adsorbat mendekat pada adsorben kemudian dalam adsorpsi kimia partikel yang melekat pada permukaan bereaksi membentuk ikatan kimia.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Pemurnian biogas menggunakan adsorben pelet sekam padi dapat meningkatkan kandungan gas metan pada biogas campuran kotoran sapi dan limbah cair Rumah Pematangan Hewan (RPH).
- Kandungan gas CH<sub>4</sub> terbesar terdapat pada reaktor pemurnian SPWT90TA5 adsorben Sekam Padi yaitu variasi tinggi adsorben 5 cm dan waktu tinggal 90 menit yaitu sebesar 32,393 dengan persentase kenaikan kandungan CH<sub>4</sub> sebesar 260,3% dari kandungan awal gas

CH<sub>4</sub> sebelum proses pemurnian yaitu 8,99. Kandungan gas CH<sub>4</sub> terendah yaitu pada sampel SPWT60TA 10 yaitu 6,252 atau berkurang 30% dari kandungan CH<sub>4</sub> awal sebelum purifikasi dilakukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, K. G. S., Hastuti, P., Tranggono, 1997, *Aktivasi Zeolit Alam dan Penggunaannya untuk Pemurnian Tokoferol dari Distilat Asam Lemak Minyak Sawit*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Arifin, 2010, *Dekolorisasi Air yang Mengandung Zat Warna Tekstil Dengan Metode Koagulasi Poly Aluminium Chloride dan Adsorpsi*.
- Budiono, A., Suhartana, Gunawan, 2009, Pengaruh Aktivasi Arang Tempurung Kelapa dengan Asam Sulfat dan Asam Fosfat untuk Adsorpsi Fenol, *E-Journal Universitas Diponegoro*, Hal. 1-12.
- Fengel, D., Wegener, G., 1995, Kayu: Kimia, *Ultrastruktur, Reaksi-reaksi*, Edisi Terjemahan, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Kapdi, S. S., Vijay, V. K., Rajesh, S.K., Prasad, R., 2005, Biogas Scrubbing, Compression and Storage: Perspective and Prospectus in Indian Context, *Renewable Energy*, Vol. 30, pp. 1196-1199.
- Mara, I. M., 2012, Analisis Penyerapan Gas Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dengan Larutan NaOH Terhadap Kualitas Biogas Kotoran Sapi, *Dinamika Teknik Mesin*, Vol. 2, No. 1, Hal. 38-46.
- Pabby, Anil K, S. S. H. Rizvi A. M. Sastre, 2009 *Handbook of Membrane 0.00 10.00 20.00 30.00 40.00 50.00 1;1 1;3 1;5 1;7% Yield Gas Methana Rasio Starter dengan Limbah Organik (Molases) Nurjannah, La Ifa, Fitra Jaya, Muhtar Lamo, Produksi Bahan Bakar Gas Biomassa 94 Separations Chemical, Pharmaceutical, Food, and Biotechnological Applications*, CRC Press Taylor & Francis Group, New York, pp. 66-100.
- Sukarta, I. N., 2008, Adsorpsi Ion Cr<sup>3+</sup> oleh Sebuk Gergaji Kayu Albizia (Albizia Falcata): Studi

Pengembangan Bahan Alternatif  
Penyerap Limbah Logam Berat,  
*Tesis*, IPB, Bogor.

Wahono, S. K., Maryana, R., Kismurtono,  
M., Nisa, K., Poeloengasih, C.D.,  
2010, Modifikasi Zeolit Lokal  
Gunungkidul Sebagai Upaya  
Peningkatan Performa Biogas Untuk  
Pembangkit Listrik, *Prosiding Seminar  
Rekayasa Kimia dan Proses*, ISSN:  
1411-4216.

#### **BIODATA PENULIS**

**Rosiana Indrawati, S.T., M.Eng.**, lahir di  
Sukoharjo pada tanggal 22 Desember  
1985, menyelesaikan Pendidikan S1  
bidang Teknik Lingkungan dari  
Universitas Diponegoro Semarang  
tahun 2009, dan S2 bidang Magister  
Sistem Teknik Konsentrasi Teknologi  
Pengelolaan dan Pemanfaatan  
Sampah dan Limbah Perkotaan dari  
Universitas Gadjah Mada tahun 2011.  
Saat ini bekerja sebagai Dosen Tetap  
Program Studi Teknik Energi di  
Institut Teknologi Yogyakarta (STTL-  
YLH) dengan bidang minat bioenergi,  
pengelolaan dan penyediaan air  
bersih, pengelolaan air limbah,  
AMDAL/UKL-UPL, dan audit  
lingkungan.

**Joko Susilo, S.T., M.T.**, lahir di  
Gunungkidul pada tanggal 28 Agustus  
1970, menyelesaikan pendidikan S1  
bidang Ilmu Lingkungan dari Sekolah  
Tinggi Teknik Lingkungan Yogyakarta  
tahun 2006, dan S2 bidang Ilmu  
Lingkungan dari Sekolah Tinggi  
Teknik Lingkungan Yogyakarta tahun  
2012. Saat ini bekerja sebagai Dosen  
Tetap Program Studi Teknik Industri  
di Institut Teknologi Yogyakarta  
(STTL-YLH) dengan bidang minat  
teknologi hijau, material teknik, dan  
perancangan organisasi.