

PENGARUH UKURAN SERBUK GENTENG TANAH LIAT TERHADAP PENYERAPAN CO₂ PADA PURIFIKASI BIOGAS

Slamet Wahyudi¹, Janitra Naufal Faza², Nafisah Arina Hidayati³

^{1,2,3}Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Email: slamet_w72@ub.ac.id

| Informasi Artikel: | ABSTRAK |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><i>Received:</i> 13 April 2021</p> <p><i>Accepted:</i> 02 Desember 2021</p> <p><i>Available:</i> 10 Mei 2022</p> | <p>Biogas adalah salah satu energi alternatif yang mempunyai nilai ekonomisnya besar teruntuk masyarakat pedesaan. Dalam prakteknya kandungan CH₄ biogas menjadi bagian terpenting untuk proses konversi energi namun zat pengotor berupa karbondioksida yang menurunkan nilai kalor masih besar. Sehingga diperlukan upaya untuk menurunkan CO₂ dengan proses purifikasi. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan cara purifikasi yang meningkatkan kualitas biogas dengan nilai kalor tinggi dan zat pengotor CO₂ yang rendah. Penggunaan adsorben serbuk genteng jenis ukuran yaitu <i>fine</i> dan <i>coarse</i>, yang diteliti pada selang waktu 5 dan 20 menit, untuk pengambilan data nilai kalor dan kandungan CO₂. <i>Gas Chromatography – Mass Spectrometry</i> (GCMS) digunakan pengujian kandungan gas hasil adsorpsi. Hasil penelitian menunjukkan jenis ukuran serbuk genteng yang lebih halus (<i>fine</i>) memberi hasil purifikasi lebih baik dengan hasil pada menit ke 5 dan 20 masing-masing sebesar 24,1 dan 20,1 % sementara pada jenis ukuran butir <i>coarse</i> pada menit ke-5 dan 20 masing masing menghasilkan kadar CO₂ sebesar 23,1 dan 20,8%. Karena terjadi penurunan kadar CO₂ maka nilai kalor biogas setelah purifikasi tertinggi bernilai 23893 kJ/m³ setelah proses purifikasi yang telah menghasilkan penurunan kadar CO₂ diketahui selama proses purifikasi berlangsung efektivitas penyerapannya terbesar adalah 59,8 % pada jenis ukuran <i>fine</i> pada waktu 20 menit. Semakin halus ukuran serbuk genteng maka nilai kalor semakin meningkat.</p> |
| Kata Kunci: | ABSTRACT |
| <p>Tile Powder Biogas Purification CO₂ absorption</p> | <p><i>Biogas is an alternative energy that has great economic value for rural communities. In practice, the CH₄ biogas content is the most important part of the energy conversion process, but the impurities in the form of carbon dioxide which reduce the heating value is still large. So that efforts are needed to reduce CO₂ by purification. The purpose of this study is to obtain a way of purification that improves the quality of biogas with high heating value and low CO₂ impurities. The use of tile-type powder adsorbents, namely fine and coarse, which were studied at intervals of 5 and 20 minutes, for data retrieval of heat value and CO₂ content. Gas Chromatography - Mass Spectrometry (GCMS) is used to test the adsorption gas content. The results showed a finer type of tile powder size gave better purification results with results at minute 5 and 20 respectively of 24.1 and 20.1% while on the type of grain size coarse at minute 5 and 20 each produced CO₂ levels of 23.1 and 20.8%. Due to a decrease in CO₂ levels the biogas calorific value after the highest purification is 23893 kJ/ m³ after the purification process which has resulted in a decrease in CO₂ levels known during the purification process takes place the largest absorption effectiveness is 59.8% in the type of fine size within 20 minutes. The finer the size of tile powder, the heating value increases</i></p> |

1. PENDAHULUAN

Biogas sebagai energi alternatif yang bersumber dari limbah kotoran ternak sangat ramah lingkungan sehingga lingkungan bisa bebas dari polusi kotoran ternak dan asap pembakaran bahan bakar fosil. Proses fermentasi anerob kurang lebih 7 hari pada pembuatan biogas menghasilkan gas bahan bakar yang mengandung gas metana (CH_4) sebesar 55-75%, karbondioksida (CO_2) sebesar 25-45%, nitrogen (N_2) sebesar 0-0,3%, hidrogen (H_2) sebesar 1-5%, hidrogen sulfide (H_2S) sebesar 0-3% dan oksigen (O_2) sebesar 0,1-0,5%. Semakin banyak kadar metana akan menunjukkan tingkat kemurnian biogas itu efeknya nilai kalor biogas meningkat namun ada unsur pengotor yaitu karbondioksida keberadaannya menghambat reaksi tumbukan antara molekul hidrokarbon dan molekul udara.

Pada purifikasi biogas terdapat metode adsorpsi yang menggunakan zat padat (butiran) untuk menarik molekul karbondioksida dari biogas yang bisa mempengaruhi proses adsorpsi adalah jenis, ukuran partikel, ukuran pori, jumlah adsorben serta bentuk dan ukuran kolom sehingga diperoleh adsorpsi karbondioksida yang lebih bagus (Eny Apriyanti, 2017). Alternatif adsorben berupa limbah genteng yang merupakan produk dari tanah liat atau lempung yang memiliki kandungan 54,59% SiO_2 dan 19,92% Al_2O_3 yang dikategorikan sebagai *montmorillonite* karena kemampuan mengabsorpsi tinggi, sifat liat yang tinggi, berkerut jika dikeringkan dan butirannya berkeping halus (Kuncoro Diharjo, 2014). Serbuk genteng dengan campuran marmer dapat meningkatkan presentase gas metana pada biogas hingga 50,78% serta kemampuan menyerap CO_2 pada biogas seperti yang dimiliki zeolit yaitu unsur SiO_2 dan Al_2O_3 (Dewi Mulia Sari dkk, 2018). Sedangkan pada kondisi adsorben berupa 100 % serbuk genteng karbondioksida pada biogas didapati kandungan terendahnya 47,24 % luas area (Rinda Dwi Lestar, 2018). Alternatif adsorben CO_2 ini perlu diteliti lebih lanjut berapa ukuran butir yang sesuai sehingga diperoleh biogas dengan komposisi zat pengotor yang kecil dan bagus untuk proses pembakaran.

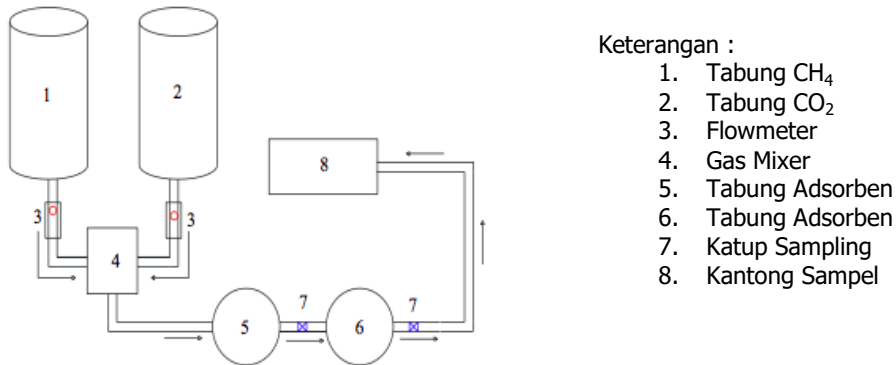
Berdasarkan uraian tersebut untuk meningkatkan kualitas biogas diperlukan proses purifikasi dengan proses adsorpsi menggunakan serbuk genteng yang memiliki kandungan unsur SiO_2 dan Al_2O_3 yang secara alamiah dapat menarik atom-atom pada CO_2 . Pada penelitian mengkaji penggunaan adsorben serbuk genteng dengan tujuan mendapat ukuran butir paling optimum dalam proses purifikasi biogas agar didapat biogas dengan kemurnian tinggi.

Metode yang digunakan adalah membagi adsorben serbuk genteng yang telah dihancurkan menjadi beberapa range ukuran. Dalam penelitian ini serbuk genteng sebagai bahan adsorben alternatif sehingga penggunaan biogas bisa dikelola masyarakat dengan murah dan mudah agar ketergantungan penggunaan bahan bakar fosil bisa dikurangi. Manfaat besar dari segi ekonomi juga diharapkan dirasakan masyarakat karena banyak pecahan genteng yang melimpah dan terbuang sia-sia dimana hal tersebut mengurangi pengeluaran masyarakat dalam proses pengelolaan biogas.

Desain faktorial digunakan dalam penelitian untuk mendapatkan nilai optimasi penyerapan CO_2 dengan adsorben serbuk genteng tanah liat. Hal ini dikarenakan desain faktorial memiliki keakuratan yang tinggi dan metode yang sederhana

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini dilakukan pemrosesan genteng menjadi adsorben berbentuk serbuk dengan cara mengayaknya untuk dibagi menjadi dua jenis ukuran butir yaitu *coarse* (0,5 – 2 mm) dan *fine* (0,00625 – 0,4 mm). Peralatan dan bahan antara lain: *Gas Chromatography – Mass Spectrometry* (GCMS), neraca digital, ayakan rotap dan pengguncang rotap, *tedlar bag* untuk menampung sampel gas, *flowmeter* untuk mengatur laju aliran, *stopwatch*, serta regulator CH₄ dan CO₂. Bahan yang digunakan adalah serbuk genteng, gas CH₄ dan gas CO₂. Hasil yang diidentifikasi dari penelitian ini adalah prosentase penurunan kadar CO₂ pada campuran CH₄ dan CO₂, efektivitas adsorpsi oleh serbuk genteng dan nilai kalor setelah purifikasi berlangsung.



Gambar 1. Skema instalasi alat purifikasi biogas

Melakukan persiapan semua alat dan bahan seperti Gambar 1 untuk pengambilan data dimulai dari tabung gas CH₄ (no. 1) dan CO₂ (no. 2) masing – masing 50% dengan membuka katup tabung gas mengalir keluar melalui selang yang sudah terhubung dengan *flowmeter* (no. 3) masing – masing bukaan *flowmeter* diatur pada debit 3 Liter/menit. Masuk pada instalasi bagian purifikasi (no. 6 dan 7), disini dimasukkan variasi pertama serbuk genteng ukuran *coarse* sebanyak 200 gram lalu tutup rapat bagian ini agar tidak ada gas bocor.

Pengambilan sampel dilakukan pada variasi waktu berbeda yaitu 5 dan 20 menit masukkan sampel pada *tedlar bag*. Setelah sampel ukuran *coarse* diambil ulangi langkah dengan menutup terlebih dahulu sumber gas kemudian mengganti serbuk genteng pada tabung purifikasi dengan variasi ukuran selanjutnya pada massa 200 gram. Analisis selanjutnya menggunakan *Gas Chromatography – Mass Spectrometry* (GCMS), pada alat ini sampel dalam kantong gas diambil sebesar 5 ml untuk disuntikkan pada alat GCMS yang kemudian dilihat persentase kandungan gas pada sampel.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode desain faktorial digunakan untuk mengetahui pengaruh ukuran butir serbuk genteng terhadap penyerapan CO₂. Data CO₂ diperoleh dengan bantuan peralatan *Gas Chromatography – Mass Spectrometry* (GCMS), ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1 Kadar CO₂ setelah purifikasi (%)

| Ukuran Butir | Waktu Purifikasi | | Total |
|--------------|------------------|----------|-------|
| | 5 menit | 20 menit | |
| | | | |

| | I | II | I | II | |
|---------------|------|------|------|------|-------|
| <i>Fine</i> | 24,1 | 24,1 | 20,1 | 20,1 | 88.4 |
| <i>Coarse</i> | 23,1 | 17,1 | 20,8 | 14,3 | 75.3 |
| Total | 47,2 | 41,2 | 40,9 | 34,4 | 163.7 |

Dengan menggunakan data pada tabel 1, dilakukan pengolahan data untuk mengetahui efek dari ukuran butir dan waktu proses purifikasi terhadap kandungan CO₂. Tahapan Desain faktorial mengacu pada Gambar 2 yang diperoleh dari tabel 1:

1. Efek faktor ukuran butir (A) bisa ditentukan dengan rerata efek ukuran butir (A) yang dikombinasikan dengan waktu proses purifikasi (B). pengaruh utama efek A;

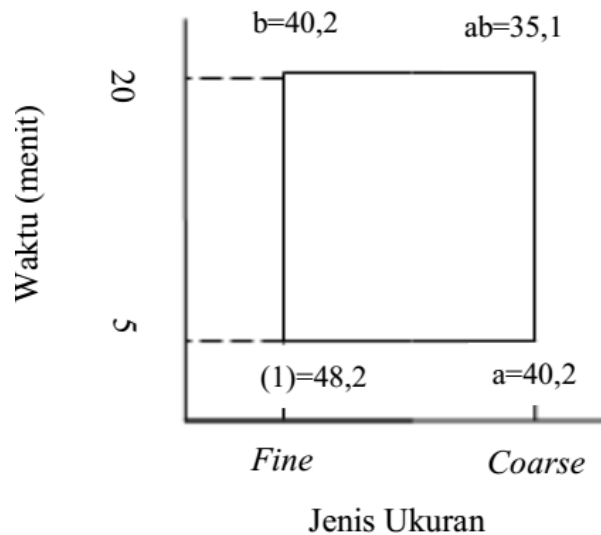
$$A = \frac{1}{2n} (ab+a- b- (1))$$

2. Pengaruh utama efek B sebagai berikut;

$$A = \frac{1}{2n} (ab+b- a- (1))$$

3. Pengaruh interaksi AB sebagai berikut;

$$AB = \frac{1}{2n} (ab+(1)-a-b)$$



Gambar 2. Kombinasi data pada desain factorial

Dengan menggunakan Gambar 2 dilakukan perhitungan rata-rata pengaruh masing – masing faktor sebagai berikut;

1. Faktor jenis ukuran

$$= \frac{1}{2.2} (35,1+40,2- 40,2- 48,2) = - 3,275 \quad (1)$$

Berarti peningkatan ukuran butir adsorben serbuk genteng dapat menurunkan persentase CO₂, yang diserap.

2. Faktor waktu (menit)

$$= \frac{1}{2.2} (35,1+40,2- 40,2- 48,2) = - 3,275 \quad (2)$$

Berarti seiring bertambahnya waktu purifikasi dapat menurunkan jumlah CO₂.

3. Interaksi

$$= \frac{1}{2.2} (35,1+48,2-40,2-40,2) = 0,725 \quad (3)$$

Terdapat interaksi antara waktu purifikasi dengan ukuran butir serbuk genteng meskipun sangat kecil.

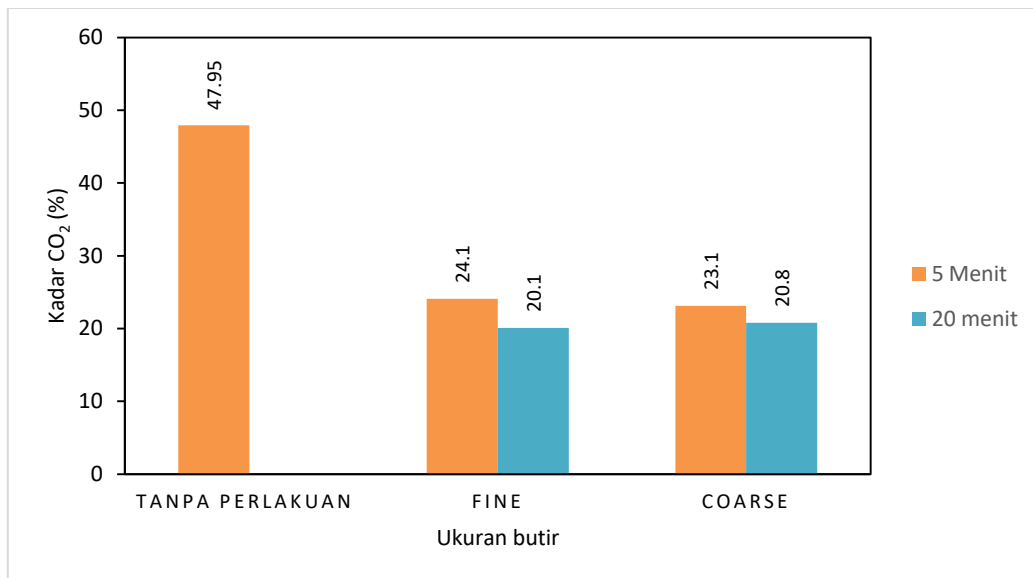
Dengan metode desain faktorial didapatkan penurunan kadar karbondioksida selama proses purifikasi biogas menggunakan adsorben serbuk genteng meskipun selisih antara kadar pada menit ke-5 dan 20 tidak terlampau besar. Sedangkan nilai optimasi diperoleh persamaan :

$$y = 1 - 3,275A - 3,275B + 0,725I.. \quad (4)$$

Keterangan:

- y = Persentase CO₂
- A = Faktor jenis ukuran butir
- B = Faktor waktu purifikasi
- I = Faktor Interaksi A dan B

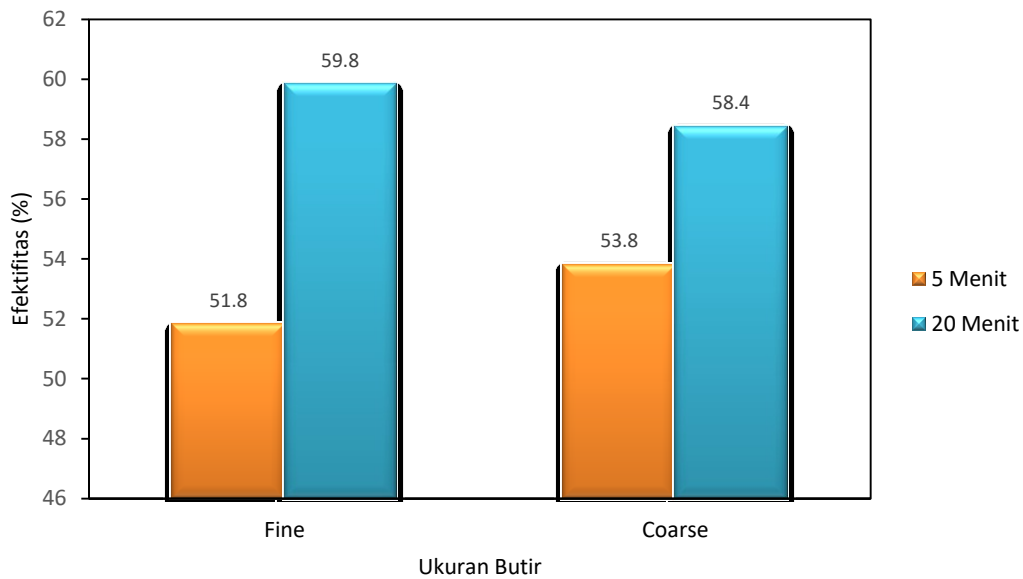
Efektivitas dalam penelitian ini melihat seberapa besar kemampuan adsorben menyerap sejumlah karbondioksida pada waktu tertentu.



Gambar 3. Penurunan kadar CO₂ selama proses purifikasi

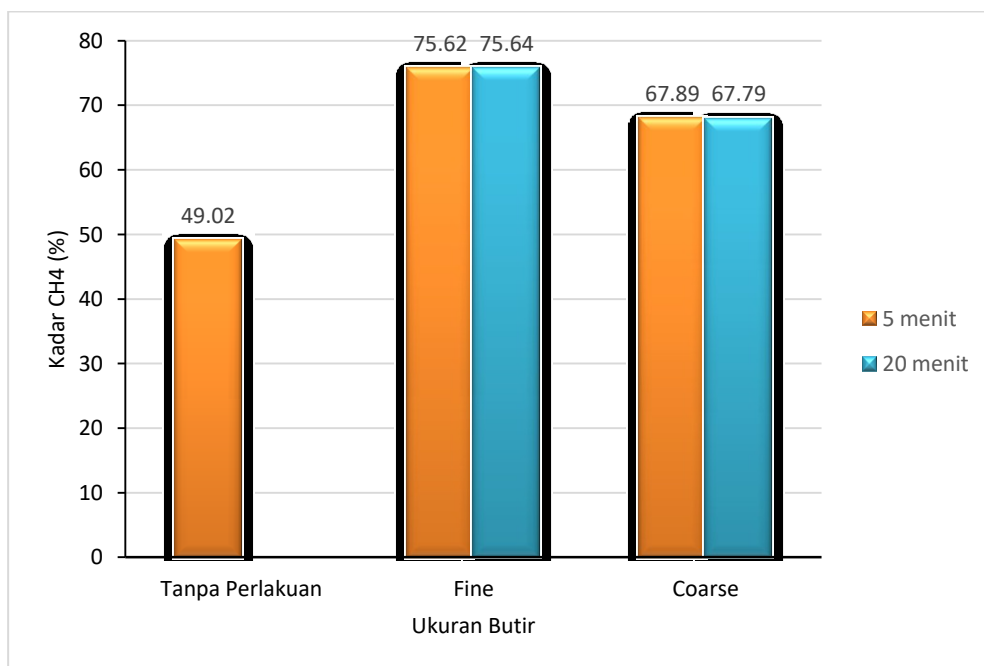
Gambar 3 merupakan diagram hasil purifikasi biogas penurunan kadar CO₂, masing-masing jenis ukuran butir mengalami penurunan. Pada jenis ukuran butir *fine* (0,00625 – 0,4 mm) pada menit ke-5 kadar CO₂ berkurang menjadi 24,1 % dan menit ke-20 turun lagi menjadi 20,1 %. Begitu juga, ukuran butir *coarse* (0,5 – 2 mm) pada menit ke-5 kadar CO₂ menjadi 23,1 % dan menit ke-20 menurun menjadi 20,8 %.

Perbedaan selisih penurunan kadar CO₂ berhubungan dengan kemampuan adsorpsi serbuk genteng yaitu luas permukaan adsorber, semakin luas permukaan adsorber yang kontak dengan adsorbat maka nilai adsorpsi juga akan meningkat. Pada ukuran butir *fine* dapat meningkatkan luas permukaannya karena jumlah butir adsorber lebih banyak sehingga apabila pada ukuran butir lebih besar terdapat bagian adsorber yang tidak mengadsorpsi adsorbat karena terletak di lapisan dalam pada satu butir adsorber.



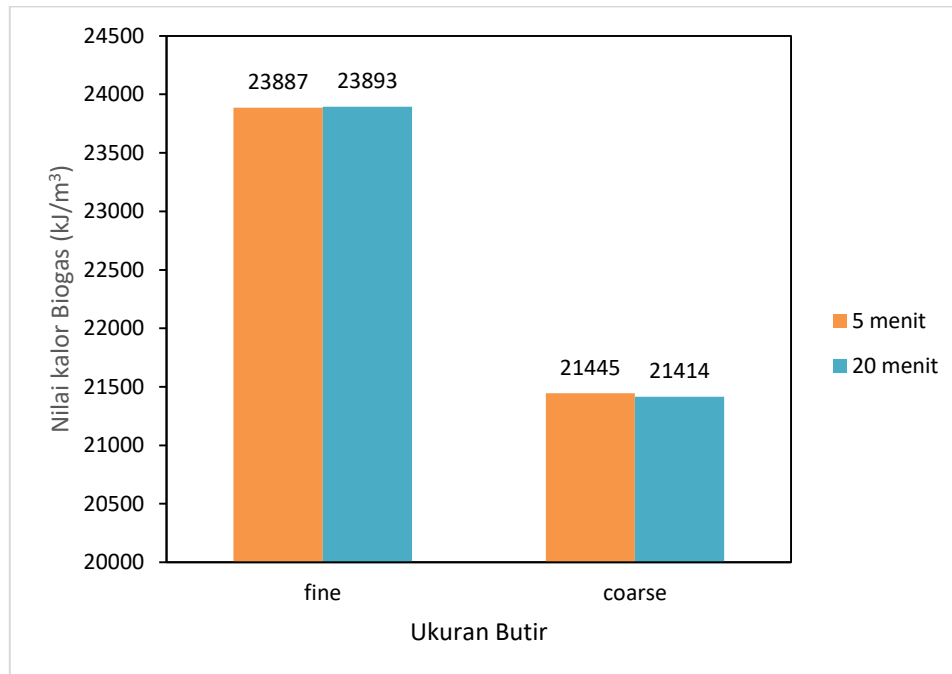
Gambar 4. Efektivitas penyerapan CO₂ selama proses purifikasi

Efektivitas penyerapan karbondioksida selama proses purifikasi ditunjukkan pada Gambar 4. Efektivitas bernilai 51,8 % pada menit ke-5 dan 59,8 % pada menit ke-20 untuk jenis ukuran serbuk genteng *fine* (0,00625 – 0,4 mm). Sedangkan ukuran serbuk gen teng *coarse* (0,5 - 2 mm) efektivitas pada menit ke-5 sebesar 53,8 % serta pada menit ke-20 sebesar 58,4%. Semakin rendah kadar CO₂ pada keluaran biogas maka efektivitas akan semakin meningkat, artinya proses adsorpsi telah menarik banyak senyawa CO₂ pada waktu tersebut. Efektivitas tertinggi diperoleh pada ukuran serbuk *fine* pada menit ke-20 sebesar 59,8%, pada ukuran ini telah mampu menarik banyak senyawa karbondioksida dengan cara adsorpsi ke permukaan butirannya yang sangat banyak selama 20 menit, lebih banyak dari jenis ukuran serbuk *coarse*.



Gambar 5. Persentase CH₄ setelah proses purifikasi

Pada prinsipnya jumlah CH₄ dalam biogas selalu stabil namun karena kadar CO₂ nya menurun maka perbandingan persentase CH₄ meningkat. Dampaknya adalah apabila CO₂ sebagai pengotor berkurang maka nilai kalor biogas akan meningkat seperti terlihat pada Gambar 5



Gambar 6. Nilai kalor biogas

Nilai kalor biogas setelah purifikasi dengan adsorbent serbuk genteng ditunjukkan pada Gambar 6. Didapatkan bahwa semakin besar efektivitas penyerapan CO₂ (pada *fine*-20 menit) maka semakin besar nilai kalor biogas. Dengan menggunakan jenis ukuran *fine*, nilai kalor tertinggi setelah biogas melewati adsorben serbuk genteng dengan jenis ukuran halus pada menit ke-5 adalah 23.887 kJ/m³. Perbedaan tidak signifikan pada ke dua variabel waktu pada jenis ukuran butir *fine*, jenis ukuran butir ini menghasilkan nilai kalor biogas dengan kualitas yang lebih baik dibandingkan ukuran *coarse*.

Kesimpulan

Kesimpulan yang telah dilakukan pada penelitian ini, sebagai berikut:

1. Jenis ukuran serbuk *fine* pada menit ke – 20 menunjukkan kadar terendah CO₂ sebesar 20,1%.
2. Nilai kalor biogas yang telah dipurifikasi meningkat untuk masing-masing variabel. Nilai tertinggi diperoleh pada adsorben dengan jenis ukuran butir *fine* pada menit ke – 20 dengan nilai kalor biogas sebesar 23.893 kJ/m³.
3. Semakin kecil ukuran butir dengan massa yang sama maka jumlah serbuk semakin meningkat sehingga luas permukaan kontak dengan adsorbat meningkat maka efektifitas adsorpsi semakin meningkat

Referensi

[1] Kencono and Agung Wahyu. (2015). *Handbook of Energy & Economic Statistic of Indonesia*. Jakarta: Pusdatin Kementerian ESDM..

- [2] Al Seadi (2008). *Biogas HandBook*. Esbjerg: University of Southern Denmark Esbjerg, Niels Bohr Vej 9-10.
- [3] Huertas, J.I., N. Giraldo. and S. Izquierdo. (2011). *Removal of H₂S and CO₂ from Biogas by Amine Absorption*. Monterrey: Automotive Engineering Research Center-CIMA of Tecnologico de Monterrey.
- [4] Apriyanti, Eny. (2017). *Adsorpsi CO₂ Menggunakan Zeolit : Aplikasi pada Pemurnian Biogas*. Kabupaten Bandung; IRWNS.
- [5] Widhiyanuriyawan, D. & Sugiarto. (2014). *Biogas Purification Using Natural Zeolite and NaOH*. Applied Mechanics and Materials Vol. 664 (2014) pp 415-418.
- [6] Widhiyanuriyawan, D., Hamidi, N. dan Trimandoko, C. (2014). Purifikasi Biogas dengan Variasi Ukuran dan Massa Zeolit terhadap Kandungan CH₄ dan CO₂. *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol.5, No.3 : 27-32.
- [7] Diharjo, Kuncoro. (2014). *Pengaruh Kandungan Dan Ukuran Serbuk Genteng Sokka Terhadap Ketahanan Bakar Komposit Geopolimer*. *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol.4, No. 1 Tahun 2013 : 27-34.
- [8] Sari, Dewi Mulia (2018). *Pengaruh Pemanfaatan Limbah Genteng dan Limbah Batu Marmer Sebagai Adsorben Biogas Ternak Terhadap Persentase Kadar Gas Metan*. *Skripsi*. Tidak Dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- [9] Lestari, Rinda Dwi (2018). *Pengaruh Penggunaan Pasir Hitam dan Serbuk Genteng Sebagai Adsorben terhadap Persentase CH₄ pada Biogas*. *Skripsi*. Tidak Dipublikasikan..
- [10] Montgomery. Douglas C. (2013). *Design and Analysis of Experiments Eighth Edition*. Tempe, Arizona : John Wiley & Sons, Inc. Elsevier, *Journal of Composite Part B*. Vol. 116 (186 - 199).
- [11] Rahmawati, Puri Siti. Wisnu Cahyadi dan Tantan Widiantara. (2017). *Penambahan Konsentrasi Bahan Penstabil dan Konsentrasi Sukrosa Terhadap Karakteristik Sorbet Murbei Hitam (Morus nigra sp.)*. Universitas Pasundan : Bandung.
- [12] Nugroho, Waego Hadi. (1990). *Perancangan dan Analisis Percobaan*. Bandung : Ganeca Exact.
- [13] Wicahyo, Benidiktus Lovian, Denny Widhinuriyawan dan Khairul Anam. (2017). *Perbandingan Kinerja Purifikasi Biogas Menggunakan Adsorben NaOH dan Ca(OH)₂*. *SAINTEK II Tahun 2017*, E27 : 128 – 136.
- [14] Mitzlaff, Klaus von. (1988). *Engines for Biogas*. Eschborn : Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologien.