

Pemurnian Biogas Kotoran Sapi dan Limbah Cair Tahu Media Adsorben Karbon Aktif dan Silika Gel

Yulia Handayani¹, K.A. Ridwan², Ida Febriana³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Energi, Politeknik Negeri Sriwijaya

e-mail: yulhand28@gmail.com

Abstrak

Pemurnian dilakukan untuk menurunkan kadar gas CO₂ dan meningkatkan kadar gas CH₄. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan aju alir biogas yaitu 0,2 L/menit, 0,4 L/menit, 0,6 L/menit, 0,8 L/menit, dan 1 L/menit pada kolom awal dan kolom akhir untuk mengetahui pengaruh laju alir terhadap efektifitas penyerapan adsorben untuk menurunkan kadar gas CO₂, H₂S, dan meningkatkan CH₄. Kandungan gas CH₄, CO₂, dan H₂S pada kolom akhir laju alir 0,2 L/menit diperoleh hasil 76,02%, 14,03%, 0,93 ppm dan pada kolom awal laju alir 1 L/m dengan hasil 53,15, 19,82%, 2,34 ppm. Efektifitas pemurnian kolom awal tertinggi pada laju alir 0,2 L/m peningkatan CH₄ sebesar 36,30%, penyerapan CO₂ 18,45%, dan penyerapan H₂S sebanyak 99,53%. Efektifitas kolom akhir tertinggi laju alir 0,2 L/m peningkatan CH₄ 50,46%, penyerapan CO₂ sebanyak 40,87%, dan penyerapan H₂S sebanyak 99,61%. Pengaruh laju alir yaitu semakin lambat laju alir semakin baik dan meningkat kandungan CH₄ yang dihasilkan setelah pemurnian.

Kata Kunci: *Biogas; Adsorpsi; Pemurnian*

Abstract

Purification is done to reduce CO₂ gas content and increase CH₄ gas content. Tests were conducted by varying the biogas flow rate of 0.2 L/min, 0.4 L/min, 0.6 L/min, 0.8 L/min, and 1 L/min in the initial column and final column to determine the effect of flow rate on the effectiveness of adsorbent absorption to reduce CO₂, H₂S, and increase CH₄ gas levels. The gas content of CH₄, CO₂, and H₂S in the final column flow rate of 0.2 L/min obtained results of 76.02%, 14.03%, 0.93 ppm and in the initial column flow rate of 1 L/min with results of 53.15, 19.82%, 2.34 ppm. The highest initial column purification effectiveness at a flow rate of 0.2 L/m increased CH₄ by 36.30%, absorption of CO₂ by 18.45%, and absorption of H₂S by 99.53%. The highest final column effectiveness at a flow rate of 0.2 L/m increased CH₄ by 50.46%, CO₂ absorption by 40.87%, and H₂S absorption by 99.61%. The effect of flow rate is that the slower the flow rate the better and the increase in CH₄ content produced after purification.

Keywords: *Biogas; Adsorption; Purification*

PENDAHULUAN

Biogas merupakan teknologi terbarukan dan ramah lingkungan karena bahan organik yang digunakan berasal dari limbah yang sering dibuang ke TPA dan mencemari lingkungan (Naimah et al., 2022). Hal ini menyebabkan sumber energy makin lama semakin berkurang (Purwata et al., 2019). Konsumsi bahan bakar minyak bumi yang saat ini masih menjadi sumber energi utama yang mengakibatkan keterbatasan dan menipisnya jumlah energi yang berasal dari bahan bakar minyak sebagai sumber energi tak terbarukan (Dewi & Kholik, 2018).

Perlu dilakukan pengembangan bahan bakar alternatif dalam pengelolaan energi baru dan terbarukan untuk mewujudkan ketersediaan energi jangka panjang ramah lingkungan

yang murah, mudah dalam pengadaan, hemat serta dapat diproduksi secara massal, termasuk dalam skala rumah tangga (Indrawati & Susilo, 2020). Biogas diperoleh dari proses fermentasi biomassa yang mengandung karbohidrat dengan bantuan mikroorganisme. (Ardhiany & Kunci, 2018). Limbah ini meliputi limbah pertanian, limbah hewan, limbah manusia, limbah industri dan air limbah. Penggunaan biogas sebagai energi alternatif menghasilkan polusi yang relatif lebih sedikit, selain bermanfaat bagi kesehatan lingkungan karena mencegah penumpukan limbah yang merupakan sumber penyakit, bakteri dan polusi udara (Samlawi & Sajali, 2021).

Limbah peternakan sapi merupakan salah satu sumber bahan yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan biogas. Pertumbuhan industri peternakan menimbulkan masalah bagi lingkungan, karena menumpuknya limbah peternakan yang seharusnya dapat dimanfaatkan menjadi produk yang berdaya guna dan mempunyai nilai ekonomi di antaranya sebagai biogas dan pupuk organik (Ali Wardana et al., 2021) Limbah cair pabrik tahu memiliki potensi untuk menghasilkan biogas melalui proses fermentasi secara anaerobik, senyawa-senyawa organik tinggi akan mengalami degradasi oleh bakteri menjadi biogas (Prayitno et al., 2020).

Salah satu upaya untuk meningkatkan kandungan metana pada biogas adalah dengan membersihkan biogas. Salah satu metode pemurnian yang banyak digunakan adalah metode adsorpsi. Proses adsorpsi dilakukan dengan cara mendekatkan gas dengan padatan sehingga komponen gas terserap pada permukaan padatan. Material yang digunakan sebagai sorben pada penelitian ini adalah material padat (Fahriansyah et al., 2019).

Media adsorben yang dapat digunakan dalam proses pembersihan biogas adalah karbon aktif yang dapat menyerap CO_2 karena cara penggunaannya yang sederhana dan biaya yang murah. Karbon aktif dapat digunakan untuk menjernihkan air dan menghilangkan bau karena dapat menyerap berbagai zat dalam cairan dan gas. Karbon aktif merupakan adsorben berbentuk butiran atau bubuk dengan lapisan permukaan yang besar dan kemampuan yang lebih tinggi dalam menyerap kontaminan dari air (Samlawi & Sajali, 2021).

Adsorben lain yang dapat digunakan untuk pembersihan biogas adalah silika gel. Silika gel merupakan salah satu bahan kimia yang memiliki bentuk padat dan dapat dibuat dari larutan silikat serta banyak digunakan sebagai adsorben. Karena situs aktif di permukaan, silika gel sering digunakan sebagai penyerap atau adsorben (Mukhlis Ritonga & Pramesti Kusmayadi, 2020).

Hasil Penelitian Abdul, dkk (2021) efektivitas persen pemurnian metan mencapai 72,96%. Kandungan gas karbondioksida (CO_2) menurun sebanyak 80,90% dari sebelum dilakukan pemurnian. Fahriansyah, dkk (2019) melakukan penelitian proses pemurnian biogas. Adsorben yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 3 lapis yaitu serbuk besi, silika gel dan zeolit. Hasil penelitian menunjukkan efektivitas kolom adsorber setelah dimurnikan dengan metode adsorben 3 lapis bahwa ada peningkatan gas metana (CH_4) sebesar 10,93 -25,38%, penurunan dalam CO_2 sebesar 39,69- 52,18%, penurunan H_2S 100%

METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama 3 bulan, dimulai dari tanggal 24 Mei 2023 sampai dengan Juni 2023 di Laboratorium Teknik Energi Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya. Analisis kandungan biogas menggunakan *Gas Analyzer* juga dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya yaitu Laboratorium Analisis Gas dan Batubara.

Bahan yang digunakan

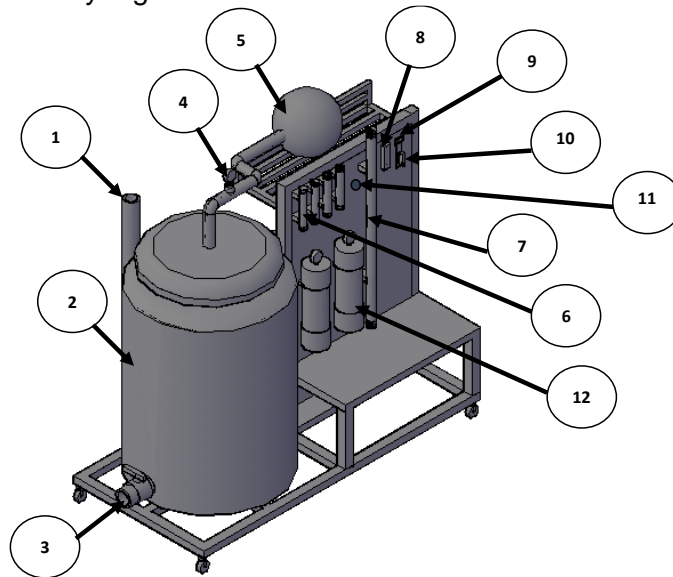
1. Kotoran Sapi 175 kg
2. Limbah Cair Tahu 75 L
3. Probiotik 10 ml
4. Karbon Aktif 250 gr
5. Silika Gel 250 gr

Alat yang digunakan

1. Tangki Digester Skala 250 L (1 buah)
2. Plastik Penampung Biogas Awal (1 buah)
3. Kolom Adsorpsi (2 buah)
4. Urine Bag (11 buah)
5. Gas Analyzer

Perlakuan dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang dilakukan dengan memvariasikan lima laju alir biogas yaitu 0,2 L/menit, 0,4 L/menit, 0,6 L/menit, 0,8 L/menit, dan 1 L/menit. Sampel diambil tiap perubahan laju alir agar dapat diketahui pengaruh laju alir terhadap efektifitas pemurnian adsorben untuk menurunkan kadar gas CO₂, H₂S, dan meningkatkan kadar gas CH₄. Pengambilan sampel dilakukan pada biogas sebelum pemurnian, output kolom adsorpsi awal yang berisi silika gel, dan yang terakhir pada output kolom adsorpsi akhir yang berisi karbon aktif.



Gambar 1. Rangkaian Alat Biogas

Keterangan :

- | | |
|---------------------|------------------------|
| 1. Input Umpan | 7. Kolom Absorber |
| 2. Digester | 8. Flowmeter Absorben |
| 3. Blowdown | 9. Temperatur Biogas |
| 4. Pressure Gauge | 10. Flowmeter Absorber |
| 5. Penampung Biogas | 11. Output Pemurnian |
| 6. Kolom Adsorber | 12. Tangki Pemurnian |

Langkah-Langkah Proses Pembuatan Biogas.

1. Menyiapkan komposisi kotoran sapi sebagai bahan biogas yang ditambahkan dengan limbah cair tahu.
2. Memasukkan bahan ke dalam reaktor/digester.
3. Membuat larutan probiotik 10 ml.
4. Mencampurkan larutan probiotik dengan seluruh bahan ke dalam digester.
5. Mengaduk bahan selama 10 menit sampai benar-benar tercampur.
6. Menutup digester dengan rapat, produksi biogas terbentuk kira-kira selama 3-4 hari.

Langkah-Langkah Pemurnian Biogas

1. Mengambil sampel biogas sebelum masuk kolom adsorben tahap pertama.
2. Memasukkan silika gel 250 gr ke dalam tabung adsorben awal dan karbon aktif 250 gr ke dalam tabung adsorben akhir.
3. Memasang rangkaian alat antara digester dengan tabung purifikasi.

4. Membuka katup agar aliran biogas dari digester akan mengalir melalui pipa yang akan menuju ke tiap tiap tabung adsorben yang sudah disiapkan.
5. Menghidupkan pompa pada alat untuk mengalirkan biogas ke dalam tabung adsorpsi
6. Mengatur variasi laju aliran biogas masuk kedalam tabung adsorpsi pada kolom awal dan akhir, laju aliran biogas dapat dilihat pada flow meter.
7. Mengambil sampel biogas menggunakan urine bag pada kolom adsorben awal dan akhir pada tiap pergantian laju alir.
8. Mengulangi langkah tersebut pada variasi laju alir 0,2 L/menit, 0,4 L/menit, 0,6 L/menit, 0,8 L/menit dan 1 L/menit pada kolom awal dan akhir.
9. Menganalisa kandungan biogas menggunakan *Gas Analyzer*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Analisis Kandungan Biogas

Mekanisme pengukuran awal yang dilakukan adalah pengukuran kadar biogas sebelum masuk ke kolom alat purifikasi. Selama pengukuran biogas juga diukur input dan output dari kolom awal dan akhir untuk mengetahui kadar biogas. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan jenis adsorben silika gel di kolom awal dan karbon aktif pada kolom akhir dengan memvariasikan laju alir biogas pada 0,2 L/m, 0,4 L/m, 0,6 L/m, 0,8 L/m, dan 1,0 L/m. Berdasarkan hasil pengujian kandungan gas pada

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Kandungan Biogas

No.	Nama Sampel	Laju Alir Biogas (L/m)	Metode Uji	Hasil Pemeriksaan (% Vol)		
				CH ₄	CO ₂	H ₂ S
1	Sebelum Pemurnian	-		44,95	28,32	0,02360
2	Setelah Pemurnian (Kolom Awal Silika Gel)	0,2	Multi Gas Detector Analyzer	55,12	18,04	0,00011
3		0,4		54,72	18,78	0,00018
4		0,6		54,15	19,02	0,00019
5		0,8		53,65	19,32	0,00021
6		1		53,15	19,82	0,00023
7		Setelah Pemurnian (Kolom Akhir Silika Gel dan Karbon Aktif)		0,2	76,02	14,03
8	0,4	74,68	15,24	0,00010		
9	0,6	71,09	15,97	0,00015		
10	0,8	68,96	17,12	0,00020		
11	1	66,73	17,96	0,00020		

Analisis Efektifitas Pemurnian Biogas Kolom Awal

Berdasarkan hasil perhitungan efektifitas pemurnian biogas dengan variasi laju alir gas yaitu 0,2 L/m, 0,4 L/m, 0,6 L/m, 0,8 L/m, dan 1 L/m pada kolom awal dapat dilihat pada Lampiran II. Dari hasil perhitungan pada Lampiran II maka dibuatlah Tabel 2.

Tabel 2. Efektifitas Pemurnian Biogas Kolom Awal

Nama Sampel	Laju Alir Biogas (L/m)	Efektifitas Pemurnian Biogas (%)		
		CH ₄	CO ₂	H ₂ S
Setelah Pemurnian	0,2	18,45	36,30	99,53
	0,4	17,85	33,69	99,25

(Kolom Awal)	0,6	16,99	32,84	99,20
	0,8	16,22	31,78	99,11
	1	15,43	30,01	99,01

Analisis Efektifitas Pemurnian Biogas Kolom Akhir

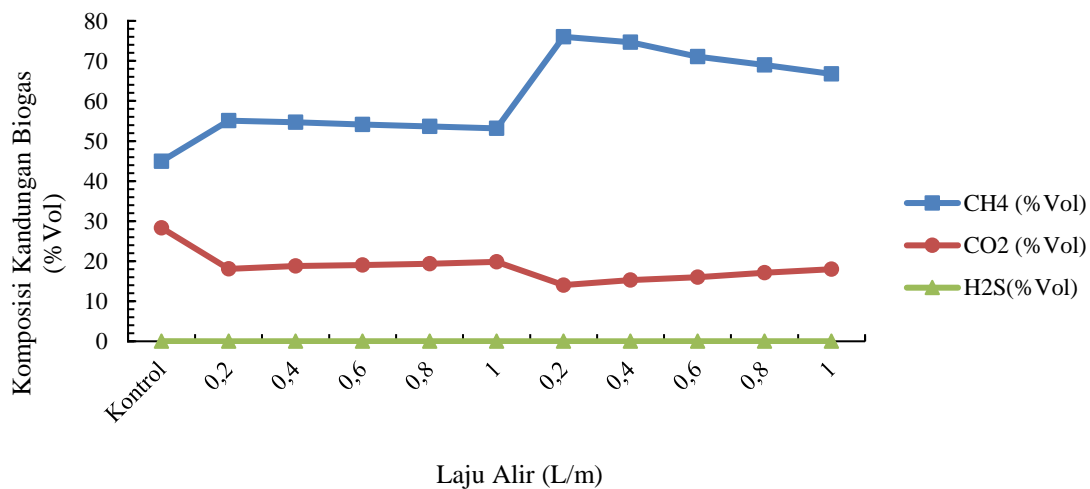
Berdasarkan hasil perhitungan efektifitas pemurnian biogas dengan variasi laju alir gas yaitu 0,2 L/m, 0,4 L/m, 0,6 L/m, 0,8 L/m, dan 1 L/m pada kolom akhir. Dari hasil perhitungan pada Lampiran II maka dibuatlah Tabel 3.

Tabel 3. Efektifitas Pemurnian Biogas Kolom Akhir

Nama Sampel	Laju Alir Biogas (L/m)	Efektifitas Pemurnian Biogas (%)		
		CH ₄	CO ₂	H ₂ S
Setelah Pemurnian (Kolom Akhir)	0,2	40,87	50,46	99,61
	0,4	39,81	46,19	99,58
	0,6	36,77	43,61	99,38
	0,8	34,82	39,55	99,17
	1	32,64	36,58	99,14

Pengaruh Laju Alir Terhadap Kandungan Biogas Kolom Awal dan Akhir

Berdasarkan hasil pengujian kandungan gas pada Tabel 4.1, menunjukkan grafik kandungan gas pada Gambar 2.



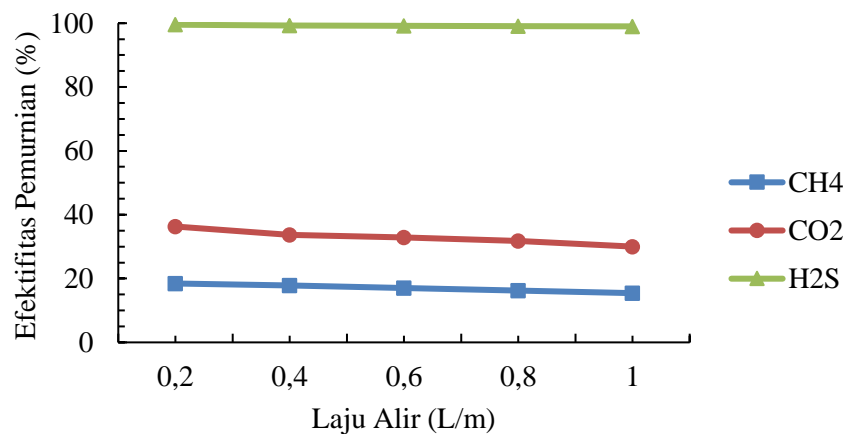
Gambar 2. Pengaruh Laju Alir Terhadap Kandungan Pemurnian Kolom Awal dan Kolom Akhir

Hasil pengukuran kandungan gas metan tertinggi pada kolom akhir dengan laju alir 0,2 L/m menit diperoleh hasil 76,02% dan pada kolom awal dengan laju alir 1 L/m adalah yang terendah dengan hasil 53,15%. Kandungan gas CO₂ terendah pada kolom akhir dengan laju alir 0,2 L/m dengan hasil pengukuran sejumlah 14,03%, pada kolom awal dengan laju alir 1 L/m adalah yang tertinggi dengan hasil 19,82%. Hasil pengujian kandungan H₂S terendah pada kolom akhir dengan laju alir 0,2 L/m dengan hasil pengukuran sejumlah 0,93 ppm pada kolom awal dengan laju alir 1 L/m adalah yang tertinggi dengan hasil 2,34 ppm. Dari hasil uji kandungan pada grafik Gambar 1. diketahui bahwa setiap penambahan laju alir dapat meningkatkan kandungan CO₂, H₂S dan kandungan CH₄

mengalami penurunan, hal ini menunjukkan semakin lambat laju alir semakin meningkat kandungan metan. Sesuai dengan yang dilaporkan oleh (Robiah et al., 2021) jika laju alir semakin kecil, maka waktu kontak antara gas dengan pelarut akan semakin lama. Namun peningkatan kadar metan pada kolom awal tidak terlalu signifikan hal ini. Penurunan kandungan gas metana juga disebabkan oleh instalasi purifier yang digunakan kurang baik sehingga menyebabkan pemurnian menjadi kurang optimal.

Pengaruh Laju Alir Terhadap Efektivitas Pemurnian Biogas Kolom Awal

Mekanisme pengukuran awal yang dilakukan adalah pengukuran kadar biogas sebelum masuk ke kolom alat purifikasi. Selama pengukuran biogas juga diukur input dan output dari kolom untuk mengetahui kadar biogas. Pada proses penelitian ini dilakukan dengan menggunakan jenis adsorben silika gel di kolom awal dan memvariasikan laju alir biogas pada 0,2 L/m, 0,4 L/m, 0,6 L/m, 0,8 L/m, dan 1,0 L/m. Hasil pengukuran efektifitas kadar pemurnian pada outlet kolom awal ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh Laju Alir Terhadap Efektivitas Pemurnian Kolom Awal

Dari hasil analisa gambar 3 didapatkan efektivitas pemurnian biogas pada pemurnian kolom awal menggunakan adsorben silika gel. Persentasi efektifitas tertinggi pada laju alir 0,2 L/m dapat dilihat dengan peningkatan CH₄ sebesar 36,30%, penyerapan CO₂ sebanyak 18,45%, dan pada persentasi penyerapan H₂S sebanyak 99,53%. Pada pemurnian dengan menggunakan silika gel didapatkan hasil kandungan CO₂ berkurang yaitu sebesar 10,28 %. Menurut Sulisty (2019) penggunaan silika gel pada pemurnian biogas digunakan untuk penyerapan biogas dari H₂O. Tetapi pada penelitian ini silika gel digunakan untuk mengurangi kandungan CO₂ pada biogas. Hal ini menunjukkan bahwa silika gel selain berfungsi untuk mengurangi kandungan H₂O juga berfungsi untuk mengurangi kadar CO₂ pada proses pemurnian biogas.

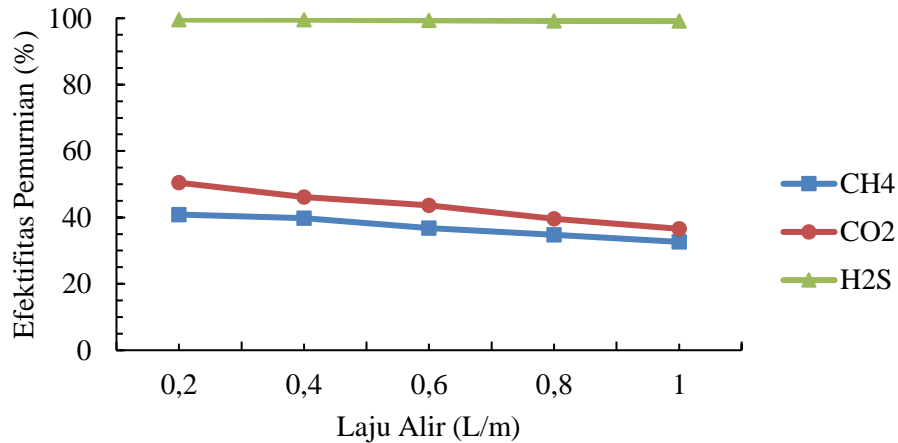
Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa kandungan gas kolom awal menggunakan adsorben silika gel dengan rata-rata CH₄ 54,16%, CO₂ 19%, dan H₂S 1,84 ppm. Hal ini terjadi lebih dikarenakan masih banyaknya pengotor yang terkandung dalam biogas diantaranya gas CO₂ dan gas lainnya. Proses adsorpsi ini dilakukan dalam kolom adsorpsi satu tahap, dimana biogas hanya memiliki waktu tinggal yang singkat dalam kolom tersebut. Sehingga menyebabkan nilai kalor yang dihasilkan masih rendah dan kualitas nyala api masih belum optimal.

Adsorben silika gel ini merupakan padatan anorganik yang dapat digunakan untuk keperluan adsorpsi memiliki sisi aktif pada permukaannya, sehingga memiliki daya serap untuk mengikat gas-gas pengotor yang ada pada biogas. Pada prinsipnya karbon aktif ini diolah lebih lanjut pada suhu tinggi dengan menggunakan gas CO₂, dan uap air, sehingga pori-porinya terbuka dan dapat digunakan sebagai adsorben. Daya serap karbon aktif disebabkan adanya pori-pori mikro yang sangat besar jumlahnya. Jika dibandingkan dengan sampel kontrol, menunjukkan bahwa kandungan H₂S sebelum dilakukan pemurnian

menunjukkan nilai yang cukup tinggi, namun setelah dilakukan pemurnian mengalami penurunan.

Pengaruh Laju Alir Terhadap Efektivitas Pemurnian Biogas Kolom Akhir

Hasil pengukuran efektifitas didapatkan setelah proses adsorpsi kolom awal dan kolom akhir dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh Laju Alir Terhadap Efektivitas Pemurnian Kolom Akhir

Dari hasil analisa gambar 4 didapatkan efektifitas pemurnian biogas pada pemurnian kolom awal dan kolom akhir menggunakan adsorben silika gel dan karbon aktif. Persentasi efektifitas tertinggi pada laju alir 0,2 L/m dapat dilihat dengan peningkatan CH₄ mencapai 50,46%, penyerapan CO₂ sebanyak 40,87%, dan pada persentasi penyerapan H₂S sebanyak 99,61%. Hal ini menunjukkan bahwa efektifitas pemurnian biogas setelah melalui proses kolom akhir mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan laju aliran gas.

Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan bahwa kandungan gas metan pada kolom akhir menggunakan adsorben silika gel dan karbon aktif dengan rata-rata CH₄ 71,50%, CO₂ 16,06%, dan H₂S 1,47 ppm. Dari hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4 penerapan laju alir adsorpsi 0,2 l/m pada kolom akhir dapat meningkatkan kandungan CH₄ mencapai 76,02%, menurunkan kandungan CO₂ ke 14,03% dan menurunkan kandungan H₂S sebesar 0,93 ppm, sehingga terlihat dari nilai efektifitas, baik pada kolom adsorpsi awal, maupun pada kolom adsorpsi akhir, yang hampir seluruhnya menunjukkan efektifitas penyerapan CO₂ dan H₂S yang sangat baik.

Untuk pemurnian CH₄ dapat diketahui bahwa pada laju alir 0,2 L/m efektifitas pemurnian CH₄ kolom akhir cukup signifikan yaitu sebesar 40,87% sedangkan pada kolom awal hanya mencapai 18,45%. Berdasarkan data yang telah diperoleh diatas dapat terbukti bahwa dengan menggunakan metode pemurnian dua tahap menggunakan adsorben silika gel dan karbon aktif berpengaruh besar terhadap efektifitas pemurnian kadar CH₄ biogas dibandingkan hanya menggunakan satu kolom adsorben pemurnian.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa pengaruh laju alir yaitu semakin lambat laju alir semakin baik dan meningkat kandungan CH₄ yang dihasilkan setelah proses pemurnian. Persentasi efektifitas tertinggi pada kolom awal pada laju alir 0,2 L/m dengan peningkatan CH₄ sebesar 36,30%, penyerapan CO₂ sebanyak 18,45%, dan pada persentasi penyerapan H₂S sebanyak 99,53%. Persentasi efektifitas tertinggi kolom akhir pada laju alir 0,2 L/m meningkat dibandingkan dengan kolom awal. Pada kolom akhir CH₄ mencapai 50,46%, penyerapan CO₂ sebanyak 40,87%, dan pada persentasi penyerapan H₂S sebanyak 99,61%.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali Wardana, L., Lukman, N., Sahbandi, M., Sakti Bakti, M., Wasim Amalia, D., Putu Ayu Wulandari, N., Afrianita Sari, D., Sopar Nababan, C., Author, C., & Studi Pendidikan Bahasa Inggris, P. (2021). Pemanfaatan Limbah Organik (Kotoran Sapi) Menjadi Biogas dan Pupuk Kompos. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 4(1). <https://doi.org/10.29303/jpmipi.v3i2.615>
- Ardhiany, S., & Kunci, K. (2018). *PROSES ABSORBSI GAS CO₂ DALAM BIOGAS MENGGUNAKAN ALAT ABSORBER TIPE PACKING DENGAN ANALISA PENGARUH LAJU ALIR ABSORBEN NaOH* (Vol. 09).
- Dewi, R. P., & Kholik, M. (2018). KAJIAN POTENSI PEMANFAATAN BIOGAS SEBAGAI SALAH SATU SUMBER ENERGI ALTERNATIF DI WILAYAH MAGELANG. *Journal of Mechanical Engineering*, 2(1).
- Fahriansyah, Sriharti, & Moeso Andrianto. (2019). PENINGKATAN GAS METANA DAN NILAI KALORI BAHAN BAKAR BIOGAS MELALUI PROSES PEMURNIAN DENGAN METODE TIGA LAPIS ADSORPSI BAHAN PADAT. *Jurnal Riset Teknologi Industri*.
- Indrawati, R., & Susilo, J. (2020). PEMANFAATAN PELET ECENG GONDOK DAN SEKAM PADI SEBAGAI ADSORBEN PADA PEMURNIAN BIOGAS. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*.
- Mukhlis Ritonga, A., & Pramesti Kusmayadi, R. (2020). Pemurnian Biogas Metode Adsorpsi Menggunakan Down-Up Purifier dengan Arang Aktif dan Silika Gel sebagai Adsorben. In *Journal of Agricultural and Biosystem Engineering Research* (Vol. 1, Issue 1).
- Naimah, K., Zen, M. R., Arirohman, I., Fahmi, A. G., Handayani, K. Y., Khanafi, M., Hadi, F. S., Julio, A., Simanjuntak, H., & Muslimah, S. (2022). Produksi dan Manajemen Energi Biogas dari Kotoran Sapi sebagai Pengganti LPG di Kampung Totokaton, Lampung Tengah. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, 2(6), 1913–1922. <https://doi.org/10.54082/jamsi.562>
- Prayitno, Rulianah, S., & Nurmahdi, H. (2020). *Pembuatan Biogas dari Limbah Cair Tahu Menggunakan Bakteri Indigeneous*.
- Purwata, A., Tamjidillah, M., Studi Teknik Mesin, P., Akhmad Yani Km, J., & Selatan, K. (2019). *PENGARUH UKURAN SERBUK ARANG KAYU ULIN TERHADAP EFEKTIVITAS PEMURNIAN BIOGAS* (Vol. 01, Issue 02).
- Robiah, R., Renaldi, U., Melani, A., Jend Ahmad Yani, J., Seberang Ulu, U. I., Plaju, K., Palembang, K., & Selatan, S. (2021). *KAJIAN PENGARUH LAJU ALIR NaOH DAN WAKTU KONTAK TERHADAP ABSORPSI GAS CO₂ MENGGUNAKAN ALAT ABSORBER TIPE SIEVE TRAY* (Vol. 6, Issue 2).
- Samlawi, A. K., & Sajali, H. (2021). EFEKTIVITAS PENGGUNAAN ARANG TEMPURUNG KELAPA, ARANG AMERIKA, ARANG KAYU LABAN DAN ARANG KAYU GALAM TERHADAP PEMURNIAN BIOGAS. *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 6(2), 162–173. <https://doi.org/10.20527/sjmeKinematika.v6i2.200>