

Pemurnian Biogas Dari Limbah Kotoran Sapi Di PT. Biro Teknik Sinar Baru Dengan Metode Absorpsi Menggunakan Larutan Kapur

Nadya Rahma Vidiyasari^{1*}, Aji Brahma Nugroho¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Jl. Karimata No. 49, Jember
E-mail: rahmanadya905@gmail.com

Naskah Masuk: 22 Mei 2023; Diterima: 15 Maret 2024; Terbit: 31 Maret 2024

ABSTRAK

Abstrak – Gas metana (CH_4) yang terkandung pada biogas akan menentukan kualitas dari biogas. Semakin tinggi kadar gas metana (CH_4), semakin baik kualitas dari biogas tersebut. PT Biro Teknik Sinar Baru merupakan perusahaan yang telah memiliki digester biogas sendiri dan memanfaatkan biogas yang dihasilkan sebagai bahan bakar memasak. Namun selama ini biogas yang dimanfaatkan oleh PT. Biro Teknik Sinar Baru masih langsung berasal dari tangki digester biogas tanpa melalui proses pemurnian biogas terlebih dahulu sehingga kadar gas metana yang dihasilkan masih kurang optimal. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan pemurnian biogas di PT Biro Teknik Sinar Baru dengan meningkatkan kadar gas metana (CH_4) dan menurunkan gas karbondioksida (CO_2). Metode yang digunakan yaitu metode absorpsi dengan absorben berupa larutan kapur [$Ca(OH)_2$]. Pada penelitian ini dilakukan variasi massa kapur (CaO) yang digunakan untuk proses pemurnian yaitu 80 gram, 100 gram, 150 gram, 200 gram, dan 250 gram. Hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kadar gas metana (CH_4) mengalami peningkatan setelah proses pemurnian. Prosentase peningkatan kadar gas metana setelah dilakukan pemurnian adalah 184%-395% ketika massa kapur (CaO) 80 gram, 248%-441% ketika massa kapur (CaO) 100 gram, 281%-473% ketika massa kapur (CaO) 150 gram, 248%-441% ketika massa kapur (CaO) 100 gram, 317%-534% ketika massa kapur (CaO) 200 gram, dan 30%-146% ketika massa kapur (CaO) 250 gram.

Kata kunci: Biogas, CH_4 , Metode Absorpsi, Larutan $Ca(OH)_2$

ABSTRACT

Abstract - The methane gas (CH_4) contained in biogas will determine the quality of the biogas. The higher the methane gas (CH_4) content, the better the quality of the biogas. PT. Biro Teknik Sinar Baru is a company that has its own biogas digester and uses the biogas produced as cooking fuel. However, so far the biogas used by PT. Biro Teknik Sinar Baru still comes directly from the biogas digester tank without going through a biogas purification process first, so the levels of methane gas produced are still less than optimal. Therefore, in this research, biogas purification was carried out at PT. Biro Teknik Sinar Baru by increasing the levels of methane gas (CH_4) and reducing carbon dioxide gas (CO_2). The method used is the absorption method with the absorbent in the form of a lime solution [$Ca(OH)_2$]. In this research, variations in the mass of lime (CaO) used for the purification process were carried out, namely 80 grams, 100 grams, 150 grams, 200 grams and 250 grams. The results of the tests that have been carried out show that the levels of methane gas (CH_4) have increased after the purification process. The percentage increase in methane gas content after purification is 184%-395% when the mass of lime (CaO) is 80 grams, 248%-441% when the mass of lime (CaO) is 100 grams, 281%-473% when the mass of lime (CaO) is 150 grams, 248%-441% when the mass of lime (CaO) is 100 grams, 317%-534% when the mass of lime (CaO) is 200 grams, and 30%-146% when the mass of lime (CaO) is 250 grams.

Keywords: Biogas, CH_4 , Absorption Method, $Ca(OH)_2$ solution

Copyright © 2024 Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)

1. PENDAHULUAN

Pemakaian energi yang setiap tahunnya terus meningkat yang tidak sebanding dengan persediaan sumber energi memerlukan adanya sumber energi alternatif yang bersifat terbarukan dan ramah lingkungan. Salah satu energi terbarukan yang dapat dikembangkan yaitu biogas. Biogas merupakan energi terbarukan yang diperoleh dari fermentasi bahan anaerob. Proses anaerob tersebut merupakan pemecahan bahan organik pada reaktor biogas (digester) oleh aktivitas bakteri dalam kondisi tanpa udara. Biogas mengandung

berbagai jenis gas yaitu gas metana (CH_4), gas karbondioksida (CO_2), gas hidrogen sulfida (H_2S), gas hidrogen (H_2) dan gas-gas lainnya [1]. Dari semua gas tersebut, gas metana (CH_4) merupakan gas yang paling berperan penting atau yang bermanfaat sebagai sumber energi baik untuk bahan bakar memasak maupun sebagai sumber energi listrik karena akan mempengaruhi nilai kalor yang dihasilkan. Biogas yang dengan kadar gas metana (CH_4) yang tinggi akan memiliki nilai kalor yang tinggi sehingga semakin baik kualitas pembakaran yang dihasilkan oleh biogas tersebut. Namun sebaliknya, semakin tinggi kadar CO_2 , nilai kalor biogas akan semakin rendah sehingga kualitas biogas juga menjadi rendah [2]. Kualitas biogas dapat ditingkatkan melalui proses pemurnian biogas dengan cara meningkatkan kadar gas metana (CH_4) dan menurunkan kadar gas karbondioksida (CO_2). Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk pemurnian biogas, diantaranya yaitu metode absorpsi [3], *pressure swing adsorption* (PSA) [4] atau *vacuum swing adsorption* (VSA) [5], dan *membrane separation* [6].

PT. Biro Teknik Sinar Baru merupakan salah satu perusahaan di Kabupaten Jember yang telah memiliki digester biogas dan memanfaatkan biogas tersebut untuk keperluan memasak. Bahan utama biogas yang ada di PT. Biro Teknik Sinar Baru berasal dari kotoran sapi yang dimiliki oleh perusahaan tersebut. Digester biogas yang dimiliki oleh PT. Biro Teknik Sinar Baru terletak di atas permukaan tanah dan berjenis *fixed dome* (kubah tetap). Digester biogas PT. Biro Teknik Sinar Baru tersebut mampu menghasilkan 5,15 m^3 biogas setiap harinya [7]. Selama ini, biogas yang dimanfaatkan oleh PT. Biro Teknik Sinar Baru masih langsung berasal dari tangki digester biogas tanpa melalui proses pemurnian biogas terlebih dahulu. Hal ini menyebabkan kandungan gas metana (CH_4) pada biogas yang dihasilkan oleh PT. Biro Teknik Sinar Baru masih kurang optimal. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan pemurnian biogas di PT. Biro Teknik Sinar Baru dengan menggunakan metode absorpsi. Penggunaan metode absorpsi untuk pemurnian biogas memiliki beberapa keuntungan diantaranya yaitu dapat menghilangkan kandungan H_2S , kehilangan CH_4 sedikit, dan efisiensi yang dihasilkan diatas 95%. Absorben yang digunakan pada metode absorpsi pada penelitian ini adalah larutan kapur [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] yang dibuat dengan melarutkan kapur (CaO) ke dalam air (H_2O). Pada penelitian ini dilakukan variasi massa kapur (CaO) yaitu 80 gram, 100 gram, 150 gram, 200 gram, dan 250 gram dalam pembuatan larutan kapur [$\text{Ca}(\text{OH})_2$]. Alat pemurnian biogas yang digunakan terdiri dari tiga buah tabung yang terbuat dari pipa PVC. Tabung pertama merupakan tempat untuk deteksi (monitoring) kadar gas metana (CH_4) sebelum dimurnikan. Tabung pertama ini dilengkapi dengan sensor MQ-4 dan LCD. Tabung kedua merupakan tabung yang berisi larutan kapur [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] sebagai tempat untuk proses pemurnian biogas. Tabung ketiga merupakan tempat untuk deteksi (monitoring) kadar gas metana (CH_4) setelah dimurnikan dan dilengkapi dengan sensor MQ-4 serta LCD. Pengujian pada penelitian ini dilakukan dengan mengukur kadar gas metana (CH_4) sebelum dan sesudah proses pemurnian untuk masing-masing variasi massa kapur. Hasil pengukuran masing-masing variasi massa kapur (CaO) tersebut kemudian dibandingkan hasilnya sehingga diperoleh pengaruh pemurnian terhadap kadar gas metana (CH_4) dan keterkaitan antara massa kapur (CaO) dengan kadar gas metana (CH_4) yang dihasilkan setelah proses pemurnian.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Biogas

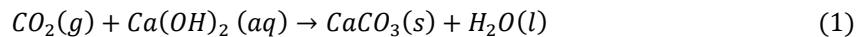
Biogas merupakan campuran beberapa gas hasil fermentasi bahan organik secara anaerobik mendeley [7]. Biogas ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik atau bahan bakar untuk memasak [8]. Komposisi biogas sebagian besar mengandung metana (CH_4) 50-70% dan karbon dioksida (CO_2) sekitar 30- 40%. Selain metana dan karbon dioksida, biogas juga mengandung senyawa lain seperti Nitrogen (N_2) dengan konsentrasi 1-2%, uap air (H_2O) 5-10%, oksigen (O_2) 0-1%, dan hydrogen sulfide (H_2S) [9]. Berdasarkan komposisi di atas, yang mempunyai peran untuk menentukan kualitas gas yang dihasilkan yaitu dari gas metana (CH_4) dan juga karbondioksida (CO_2). Gas metana hanya memiliki satu karbon di setiap rantainya yang membuat pembakarannya ramah lingkungan. Jenis sampah organik seperti limbah hasil pertanian dan limbah peternakan dapat digunakan sebagai bahan utama produksi biogas. Salah satu limbah peternakan yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan utama untuk produksi biogas adalah kotoran sapi. Hal ini dikarenakan kotoran sapi mengandung gas metana (CH_4) yang tinggi yaitu sekitar 54-70% [10].

2.2. Pemurnian Biogas Metode Absorpsi

Gas yang dihasilkan oleh biogas menghasilkan kandungan karbon dioksida (CO_2) yang tinggi. Kandungan CO_2 yang tinggi ini dapat menyebabkan kualitas biogas masih belum optimal dikarenakan efisiensi panas yang dihasilkan masih rendah [11]. Untuk menghasilkan gas akhir dari biogas berupa gas metana (CH_4) yang tinggi perlu dilakukannya pemurnian kandungan karbon dioksida (CO_2) dari biogas. Tujuan dari pemurnian ini diharapkan kandungan gas metana (CH_4) dalam biogas meningkat sedangkan kandungan gas lainnya seperti karbon dioksida dan uap air dapat berkurang.

Salah satu metode pemurnian biogas yang paling banyak digunakan adalah metode absorpsi. Penggunaan metode absorpsi untuk pemurnian biogas memiliki beberapa keuntungan diantaranya yaitu dapat menghilangkan kandungan H₂S, kehilangan CH₄ sedikit, dan efisiensi yang dihasilkan diatas 95%. Pemurnian biogas dengan metode absorpsi pada umumnya dilakukan menggunakan absorben yang berfungsi untuk membersihkan biogas dari kontaminan-kontaminan yang dapat mengganggu kinerja sistem. Terdapat beberapa zat kimia yang telah digunakan atau diteliti untuk pemurnian biogas. Ritonga, dkk (2021) menggunakan absorben berupa arang aktif dan zeolit untuk proses pemurnian biogas. Penggunaan adsorben arang aktif dan zeolit mampu meningkatkan kandungan gas CH₄ sebesar 136,5% dan menurunkan kandungan gas CO₂ sebesar 64% [12]. Selain arang aktif dan zeolit, NaOH juga dapat dimanfaatkan sebagai absorben pada pemurnian biogas seperti yang telah diteliti oleh Purba dan Barutu. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa presentase penyerapan CO₂ yang paling optimum yaitu 98,211% dengan variasi konsentrasi NaOH 3,25 M dan sparger dengan bentuk *pipes* [13].

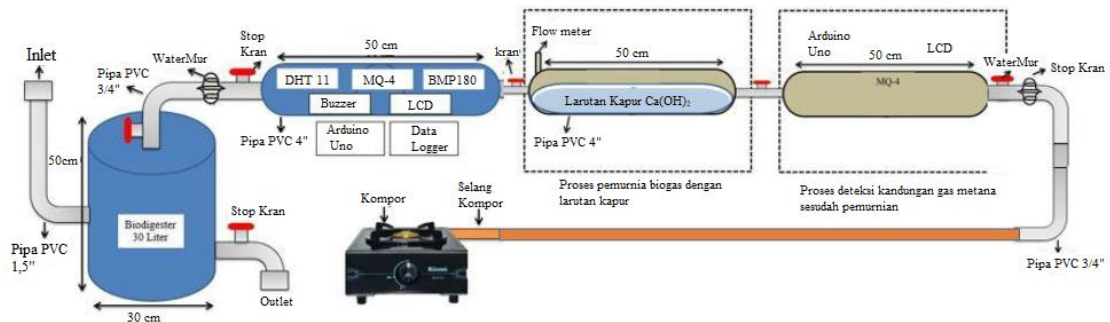
Zat kimia lainnya yang dapat digunakan sebagai absorben pada pemurnian biogas adalah larutan kapur dengan rumus kimia Ca(OH)₂ [14]. Larutan kapur ini bersifat basa dan menjadi keruh jika bereaksi dengan gas karbondioksida (CO₂) karena mengendapnya kalsium karbonat. Pada proses pemurnian biogas menggunakan absorben larutan kapur [Ca(OH)₂], biogas yang lewat melalui larutan tersebut akan bereaksi dengan larutan kapur sehingga terjadi reaksi antara gas CO₂ dari biogas dengan larutan kalsium dioksida Ca(OH)₂ menjadi endapan CaCO₃ dan air (H₂O) seperti yang ditunjukkan pada persamaan reaksi kimia berikut:



3. METODE PENELITIAN

3.1. Metode Pemurnian Biogas

Metode pemurnian biogas yang digunakan pada penelitian ini adalah metode absorpsi. *Absorben* yang digunakan yaitu larutan Ca(OH)₂ yang merupakan campuran kapur (CaO) dengan air (H₂O). Pemurnian ini dilakukan untuk meningkatkan kadar gas metana (CH₄) dan menurunkan gas karbon dioksida (CO₂) yang berasal dari biogas lalu diabsorpsi menjadi bentuk CaCO₃. Pemurnian biogas dilakukan menggunakan sistem filter pemurnian biogas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 berikut ini:



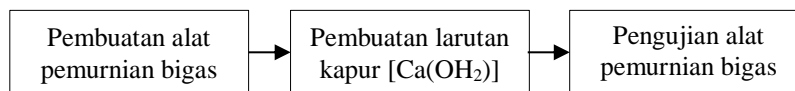
Gambar 1. Desain sistem filter pemurnian biogas

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini yaitu biogas milik PT. Biro Teknik Sinar Baru dengan kapasitas biodigester 30 liter, kapur (CaO), dan air (H₂O). Kapur (CaO) dan air (H₂O) ini digunakan untuk pembuatan larutan kapur [Ca(OH)₂] yang berfungsi sebagai *absorben*. Pada penelitian ini, pembuatan larutan kapur [Ca(OH)₂] dilakukan dengan cara melarutkan kapur (CaO) dengan air (H₂O) dengan variasi massa kapur (CaO) 80 gram, 100 gram, 150 gram, 200 gram, dan 250 gram. Peralatan yang digunakan untuk pemurnian biogas pada penelitian ini terdiri dari tiga tabung dengan masing-masing tabung terbuat dari pipa PVC 4" sepanjang 50 cm. Tabung pertama merupakan tempat untuk proses deteksi atau monitoring kadar gas metana (CH₄) sebelum dilakukan filter atau proses pemurnian. Tabung pertama ini dilengkapi dengan sensor MQ-4 sebagai pembaca nilai kadar gas metana (CH₄) yang kemudian hasil pembacaan nilai kadar gas metana (CH₄) tersebut ditampilkan pada LCD yang terpasang pada tabung. Tabung kedua merupakan tempat filter atau pemurnian biogas yang berisi *absorben* berupa larutan kapur [Ca(OH)₂]. Pada tabung kedua ini akan terjadi reaksi kimia antara biogas dengan larutan kapur yang menyebabkan meningkatnya kadar gas metana (CH₄) dan menurunnya gas CO₂. Tabung ketiga merupakan tempat untuk deteksi atau

monitoring kadar gas metana (CH_4) setelah dilakukan filter atau pemurnian. Sama halnya dengan tabung pertama, tabung ketiga ini juga dilengkapi dengan sensor MQ-4 untuk membaca nilai kadar gas metana (CH_4) dan LCD untuk menampilkan nilai kadar gas metana (CH_4) tersebut.

3.2. Proses Pemurnian Biogas

Pada penelitian ini, proses pemurnian biogas yang dilakukan di PT. Biro Teknik Sinar Baru dilakukan melalui beberapa tahapan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 berikut ini:



Gambar 2. Tahapan proses pemurnian biogas

a. Pembuatan alat pemurnian biogas

Tahap pembuatan alat ini dengan merangkai tabung kedua sebagai penampung absorben menggunakan pipa PVC, sambungan pipa, dan kran. Serta merangkai rangkaian arduino dengan sensor MQ-4 dan LCD pada tabung pertama dan tabung ketiga untuk menampilkan kadar gas metana sebelum dan sesudah dimurnikan.

b. Pembuatan larutan kapur $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$

Absorben berupa larutan kapur $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ dibuat menggunakan bahan utama kapur $[\text{CaO}]$ bubuk. Langkah pertama pembuatan larutan ini yaitu dilakukan penimbangan kapur $[\text{CaO}]$ dengan massa yang bervariasi yaitu 80 gram, 100 gram, 150 gram, 200 gram dan 250 gram. Masing-masing kapur tersebut selanjutnya dilarutkan dengan air sebanyak 1 liter dan diaduk secara merata untuk kemudian dibiarkan selama 24 jam. Setelah 24 jam akan terjadi pemisahan antara endapan kapur dengan larutan bening. Pisahkan antara endapan kapur dan larutan bening tersebut karena yang digunakan sebagai absorben untuk proses pengujian yaitu larutan bening.

c. Pengujian alat pemurnian biogas

Pengujian alat pemurnian biogas dilakukan untuk mengetahui kadar gas metana (CH_4) sebelum dan sesudah pemurnian untuk tiap variasi massa kapur. Pengujian dilakukan mulai dari hari ke-4 setelah pemasangan alat pemurnian sampai dengan hari ke-10. Pengujian diawali dengan terlebih dahulu memasukkan larutan kapur $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ yang sudah dibuat ke tabung penampung absorben. Selanjutnya alat pemurnian yang telah dibuat dihubungkan dengan digester. Lalu cek semua pipa sambung ada kebocoran atau tidak dengan cara menghirup bau di sekitar tabung, jika terdapat bau biogas harus segera mencari dimana letak kebocorannya. Biogas yang akan dimurnikan tidak boleh terkontaminasi dengan udara luar agar dapat menghasilkan biogas yang murni. Selanjutnya buka kran untuk memasukkan gas ke dalam tabung pertama (tabung deteksi kadar gas metana sebelum pemurnian biogas) dan atur flowmeter hingga 1.5 lpm (liter per menit). Nilai kadar gas metana (CH_4) sebelum proses pemurnian ini dapat dilihat pada LCD yang ada pada tabung pertama. Berikutnya buka kran kedua untuk memasukkan biogas ke tabung kedua (tabung proses pemurnian yang berisi larutan kapur $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$). Setelah gas dimasukkan tutup kran kedua dan diamkan biogas yang sudah tercampur dengan larutan kapur selama 30 menit. Selanjutnya buka kran ketiga untuk memasukkan gas ke dalam tabung ketiga (tabung deteksi kadar gas metana setelah pemurnian biogas). Nilai kadar gas metana (CH_4) setelah dilakukan proses pemurnian biogas akan terdeteksi dengan sensor MQ-4 dan hasilnya ditampilkan melalui LCD yang sudah dipasang di luar tabung ketiga.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Komposisi Campuran Pemurnian Gas CH_4

Dalam penelitian ini untuk proses pemurnian menggunakan bahan absorben berupa larutan kapur (CaO) dengan menggunakan 5 variasi berat kapur yaitu 80gram; 100gram; 150 gram; 200gram dan 250gram. Pelarut yang digunakan adalah air sebanyak 1 liter di tiap variasinya. Pengujian pada penelitian ini menggunakan sampling berupa 10 liter campuran bahan pembentuk biogas dimana penambahan bahan larutan pemurnian biogas maksimal 15% dari total bahan dasar pembentuk biogas. Berkurangnya kandungan-kandungan dalam proses pembentukan gas pada biogas menjadi hal terpenting untuk meningkatkan kadar gas CH_4 dan menurunkan kadar CO_2 yang ada di dalam gas. Variasi komposisi campuran larutan kapur yang digunakan pada proses pemurnian biogas dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Komposisi campuran pemurnian

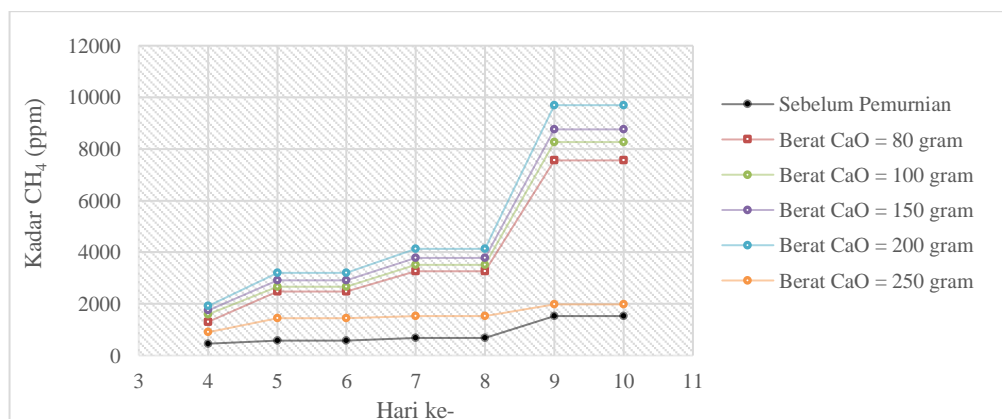
Hari ke -	Variasi Capuran (gram)					Volume campuran (ml)				
4	80	100	150	200	250	1080	1100	1150	1200	1250
5	80	100	150	200	250	1080	1100	1150	1200	1250
6	80	100	150	200	250	1080	1100	1150	1200	1250
7	80	100	150	200	250	1080	1100	1150	1200	1250
8	80	100	150	200	250	1080	1100	1150	1200	1250
9	80	100	150	200	250	1080	1100	1150	1200	1250
10	80	100	150	200	250	1080	1100	1150	1200	1250

4.2 Hasil Uji Kadar Gas Metana (CH₄)

Pengujian pada penelitian ini dimulai dari hari ke 4 hingga hari ke 10 pada proses biogas yang sudah terbentuk. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh nilai dari kadar gas metana (CH₄) dari limbah kotoran sapi yang belum dimurnikan dengan yang sudah dimurnikan menggunakan berat kapur yang berbeda-beda dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 1.

Tabel 2. Hasil uji kadar gas metana (CH₄) sebelum dan sesudah pemurnian

Hari ke-	Kadar CH ₄ sebelum pemurnian (ppm)	Kadar CH ₄ setelah pemurnian (ppm)					Prosentase Peningkatan Kadar CH ₄ setelah pemurnian				
		80 gram (pH 7,2-7,4)	100 gram (pH 7,5-7,7)	150 gram (7,8-7,9)	200 gram (8,1-8,5)	250 gram (8,6-9)	80 gram	100 gram	150 gram	200 gram	250 gram
4	458,3	1.302,25	1.593,49	1.745,12	1.913,03	900,12	184 %	248 %	281 %	317 %	96 %
5	586,22	2.473,22	2.663,58	2.917,94	3.210,12	1.442,23	322 %	354 %	398 %	448 %	146 %
6	586,22	2.473,22	2.663,58	2.917,94	3.210,12	1.442,23	322 %	354 %	398 %	448 %	146 %
7	681,31	3.268,40	3.518,35	3.772,55	4.122,20	1.521,01	380 %	416 %	454 %	505 %	123 %
8	681,31	3.268,40	3.518,35	3.772,55	4.122,20	1.521,01	380 %	416 %	454 %	505 %	123 %
9	1.528,24	7.557,32	8.267,54	8.759,19	9.696,30	1.980,32	395 %	441 %	473 %	534 %	30 %
10	1.528,24	7.557,32	8.267,54	8.759,19	9.696,30	1.980,32	395 %	441 %	473 %	534 %	30 %



Gambar 1. Grafik perbandingan kadar gas metana (CH₄) sebelum pemurnian dan sesudah pemurnian untuk tiap variasi berat kapur (CaO)

Gambar 1 menunjukkan perbandingan dari kadar gas metana (CH₄) sebelum dimurnikan dan sesudah dimurnikan. Berdasarkan gambar tersebut terlihat bahwa larutan kapur Ca(OH)₂ dapat meningkatkan kadar gas metana (CH₄) yang dihasilkan oleh biogas. Pada hari ke 4 sebelum dimurnikan, kadar CH₄ berada di nilai 458,3 ppm dan meningkat menjadi 1.302,25 ppm ketika dimurnikan dengan menggunakan kapur (CaO) dengan berat 80 gram, 1.593,49 ppm ketika berat kapur (CaO) 100 gram, 1.745,12 ppm ketika berat kapur (CaO) 150 gram, 1.913,03 ppm ketika berat kapur (CaO) 200 gram, dan 1.345,12 ppm ketika berat kapur (CaO) 250 gram. Nilai kadar gas metana (CH₄) yang lebih tinggi dibandingkan dengan sebelum pemurnian juga terjadi pada hari ke-5 sampai dengan hari ke-10. Pada Gambar 1 juga terlihat bahwa terjadi kenaikan kadar gas metana setelah dilakukan pemurnian menggunakan kapur (CaO). Pada variasi berat CaO mulai dari 80 gram sampai 200 gram, kadar gas metana (CH₄) yang dihasilkan biogas semakin tinggi ketika CaO yang digunakan untuk proses pemurnian semakin banyak. Namun pada saat berat CaO 250 gram gas metana mulai menurun.

Jumlah kapur yang ditambahkan untuk pemurnian biogas ini secara umum dibutuhkan sekitar 5-15% dari kotoran yang diolah. Akan tetapi jumlah kapur yang tepat juga perlu diperhatikan karena akan mempengaruhi pH larutan. Jumlah kapur (CaO) yang ditambahkan dalam proses pemurnian biogas

dapat meningkatkan pH dari biogas. Nilai pH larutan kapur $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ yang terlalu tinggi akan merusak sistem pemurnian dan mempengaruhi kualitas biogas. Berikut merupakan perhitungan berat maksimal CaO yang dapat digunakan untuk pemurnian biogas:

Total campuran = 10 liter = 10.000 gram

Berat CaO maksimal yang dapat digunakan untuk pemurnian biogas = $15\% \times 10.000 \text{ gram} = 1.500 \text{ gram}$

Komposisi variasi bahan pemurnian biogas (kapur+air) = $15\% \times 1.500 \text{ gram} = 225 \text{ gram}$

Berdasarkan perhitungan di atas, massa maksimal kapur untuk pemurnian biogas pada penelitian ini adalah 225 gram, lebih dari nilai tersebut pH akan naik di atas 8,5 yang menyebabkan menurunnya kualitas biogas karena mengurangi kandungan CH_4 . Pada penelitian ini, pH larutan pada saat saat massa kapur (CaO) sebesar 250 gram adalah 8,6-9. Nilai pH ini lebih tinggi jika dibandingkan ketika massa kapur (CaO) yang digunakan 80 gram, 100 gram, 150 gram, dan 200 gram. Hal inilah yang menyebabkan kadar gas metana (CH_4) ketika massa kapur (CaO) 250 gram lebih rendah jika dibandingkan dengan kadar gas metana (CH_4) untuk variasi massa kapur (CaO) yang lain.

Tabel 2 menunjukkan bahwa massa kapur (CaO) yang berbeda-beda akan menghasilkan prosentase peningkatan kadar gas metana (CH_4) yang berbeda-beda. Pada saat massa kapur (CaO) 80 gram, prosentase peningkatan kadar gas metana (CH_4) mulai dari hari ke-4 sampai hari ke-10 adalah 184%-395%. Pada saat massa kapur (CaO) 100 gram, peningkatan kadar gas metana (CH_4) mulai dari hari ke-4 sampai hari ke-10 adalah 248%-441%. Pada saat massa kapur (CaO) 150 gram, peningkatan kadar gas metana (CH_4) mulai dari hari ke-4 sampai hari ke-10 adalah 281%-473%. Pada saat massa kapur (CaO) 200 gram, peningkatan kadar gas metana (CH_4) mulai dari hari ke-4 sampai hari ke-10 adalah 317%-534%. Pada saat massa kapur (CaO) 250 gram, peningkatan kadar gas metana (CH_4) mulai dari hari ke-4 sampai hari ke-10 adalah 30%-146%.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa biogas dari limbah kotoran sapi di PT. Biro Teknik Sinar Baru ini dapat dimurnikan menggunakan absorben berupa larutan kapur $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$. Pada proses pemurnian ini, biogas yang dihasilkan memiliki kandungan gas metana (CH_4) yang lebih tinggi dibandingkan sebelum dilakukan pemurnian. Prosentase peningkatan kadar gas metana setelah dilakukan pemurnian adalah 184%-395% ketika massa kapur (CaO) 80 gram, 248%-441% ketika massa kapur (CaO) 100 gram, 281%-473% ketika massa kapur (CaO) 150 gram, 317%-534% ketika massa kapur (CaO) 200 gram, dan 30%-146% ketika massa kapur (CaO) 250 gram. Hal ini menunjukkan bahwa pada saat massa kapur (CaO) 80 gram sampai 200 gram, semakin besar massa kapur (CaO) yang digunakan untuk proses pemurnian, semakin besar pula prosentase peningkatan kadar gas metana (CH_4). Namun prosentase peningkatan kadar gas metana (CH_4) tersebut menurun pada saat massa kapur (CaO) yang digunakan 250 gram.

Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan pengujian tekanan dan suhu pada setelah pemurnian untuk mengetahui nilai volume akhir setelah pemurnian serta dapat mengetahui nilai perbandingan tekanan, suhu dan volume biogas setelah dimurnikan. Selain itu dapat juga dilakukan pengujian jumlah kapur dengan berbagai variasi yaitu 5%, 10% dan 15% dari jumlah korotan yang diolah.

REFERENSI

- [1] Y. N. Indriani, S. S. Maulina, A. N. Ikhsan, dan L. Ni'mah, "Peningkatan Kualitas Biogas Limbah Pabrik Tahu Kelurahan Mentaos Dengan Metode Absorpsi Menggunakan $\text{Ba}(\text{OH})_2$," *J. Konversi*, vol. 8, no. 2, pp. 25–30, 2019.
- [2] I. W. D. E. Pranata, K. R. Dantes, dan I. G. Wiratmaja, "Rancang Bangun Reaktor Pengolah Limbah Organik Menjadi Biogas Sebagai Bahan Bakar Alternatif Kendaraan Bermotor," *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 8, no. 1, pp. 35–42, 2020.
- [3] N. Nadliriyah dan Triwikantoro, "Pemurnian Produk Biogas dengan Metode Absorpsi Menggunakan Larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$," *J. Sains dan Semi pomits*, vol. 3, no. 2, pp. 107–111, 2014.
- [4] L. Trisnaliani dan A. Harianto, "Produksi Gas Nitrogen Dengan Metode Pressure Swing Adsorption (PSA) Menggunakan Carbon Molecular Sieve (CMS) Sebagai Penyerap Oksigen," *J. Kinet.*, vol. 9, no. 01, pp. 45–50, 2018.
- [5] A. Andersen *et al.*, "On the development of Vacuum Swing adsorption (VSA) technology for post-combustion CO_2 capture," *Energy Procedia*, vol. 37, no. 1876, pp. 33–39, 2013.
- [6] M. S. Shin, K. H. Jung, J. H. Kwag, dan Y. W. Jeon, "Biogas separation using a membrane gas separator: Focus on CO_2 upgrading without CH_4 loss," *Process Saf. Environ. Prot.*, vol. 129, pp. 348–358, 2019.
- [7] A. A. Reja, S. Ariyani, A. B. Nugroho, M. H. Bahri, dan Sutikno, "Study of The Potential and Feasibility of Utilizing Biogas Energy as Power Plant at PT. BTSB Jember," *JEECS (Journal Electr. Eng. Comput. Sci.)*, vol. 8, no. 2, pp. 133–140, 2023.

- [8] S. Y. Runtuni dan A. K. Dewanti, "Pemanfaatan Biogas dan Dampaknya terhadap Kesejahteraan Keluarga Peternak Sapi Perah di Mojosongo, Boyolali," *Param. J. Pendidik. Univ. Negeri Jakarta*, vol. 31, no. 2, pp. 81–95, 2019.
- [9] H. E. G. Prasetya, R. Amalia, A. F. B. Azisa, A. L. Fitri, dan M. R. Jibrán, "Rancang Bangun Smart Biogas Plant Menggunakan Teknologi Internet of Things (Iot)," *Suara Tek. J. Ilm.*, vol. 13, no. 2, pp. 5–12, 2022.
- [10] N. Zaman, E. Bachtiar, S. Gala, dan A. Nuraliyah, "Pengolahan Kotoran Ternak Sapi Menjadi Biogas Dan di atasi dengan memanfaatkan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan ,," *J. Abdi Masy.*, vol. 6, no. 2, pp. 20–33, 2023.
- [11] I. M. Mara, "Analisis Penyerapan Gas Karbondioksida (CO₂) Dengan Larutan NaOH Terhadap Kualitas Biogas Kotoran Sapi," *J. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 1, pp. 38–46, 2012.
- [12] A. M. Ritonga, Masrukhi, dan A. Mafrukhi, "Peningkatan Kualitas Biogas Melalui Proses Pemurnian Dengan Purifier Bertingkat Seri Menggunakan Adsorben Arang Aktif Dan Zeolit," *Rona Tek. Pertan.*, vol. 14, no. 1, pp. 1–14, 2021.
- [13] E. Purba dan C. N. R. Barutu, "CO₂ Gas Absorption in Biogas Using Absorber Bubble Column with Variation of NaOH Absorbent Concentration and Sparger Forms," *Indones. J. Chem. Sci.*, vol. 10, no. 1, pp. 68–74, 2021.
- [14] Paryanto, Sartanto, dan V. A. Nugroho, "Penyerapan Gas Karbondioksida (CO₂) dalam Biogas dengan Larutan Ca(OH)₂," *Ekulibium*, vol. 14, no. 1, pp. 31–34, 2015.