

RANCANG BANGUN ALAT PURIFIKASI BIOGAS DENGAN MENGGUNAKAN KOMBINASI WATER SCRUBBER, CaO DAN SERBUK GERGAJI KAYU

Farradina Choria Suci^{1✉}, Aa Santosa^{2✉}

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang,
Jl. H.S. Ronggowaluyo Telukjambe Timur Karawang 41361.

✉e-mail : farradina.cs@staff.unsika.ac.id¹, aa.santosa@ft.unsika.ac.id²

Abstract

Biogas is one of the potential renewable energies to be developed in Indonesia. Biogas contains CH₄ as the primary element, besides containing impurities such as H₂S and CO₂. The presence of these gases can reduce the quality of biogas and can cause corrosion in equipment. Therefore, it is necessary to purify the gas content, one of them by using a water scrubber. Purification of CO₂ and H₂S gas levels by using a water scrubber is a physical purification. Purification can also be done chemically, one of them by using CaO. In this research, the media used to make biogas were water hyacinth, cow dung and vegetables, while the media for purification used wood sawdust pellets, quicklime pellets (CaO) and mixed lime and wood lime pellets. The purification process was divided into 3 experiments, the best result was the third experiment with the percentage of biogas production by 15 kg of vegetables with 7.5 kg of cow dung and 15 liters of water, and adding EM-4 by 5%. The results showed the greatest reduction in CO₂ gas with a water scrubber media of 54% while the largest H₂S gas value with a water scrubber media with CaO and sawdust by 66%.

Keywords: biogas, purification, water scrubber

Abstrak

Biogas merupakan salah satu energi terbarukan yang potensial untuk dikembangkan di Indonesia. Biogas memiliki kandungan CH₄ sebagai unsur primer, disamping mengandung impurity seperti H₂S dan CO₂. Keberadaan gas tersebut dapat menurunkan kualitas biogas serta dapat menyebabkan korosi pada peralatan. Oleh sebab itu, perlu dilakukan pemurnian kadar gas salah satunya dengan menggunakan water scrubber. Pemurnian kadar gas CO₂ dan H₂S menggunakan water scrubber merupakan pemurnian secara fisik. Adapun pemurnian juga dapat dilakukan secara kimia salah satunya menggunakan CaO. Pada penelitian ini, media yang digunakan untuk membuat biogas yaitu eceng gondok, kotoran sapi dan sayuran, sedangkan media untuk purifikasi digunakan pelet serbuk gergaji kayu, pelet kapur tohor (CaO) dan pelet campuran kapur tohor dan serbuk gergaji kayu. Proses purifikasi dibagi menjadi 3 eksperimen, hasil terbaik yaitu eksperimen ketiga dengan persentase pembuatan biogas sebesar 15 kg sayuran dengan 7,5 kg kotoran sapi dan air 15 liter, serta ditambahkan EM-4 sebesar 5%. Hasil menunjukkan reduksi gas CO₂ terbesar dengan media water scrubber sebesar 54% sedangkan nilai gas H₂S terbesar dengan media water scrubber dengan CaO dan serbuk gergaji kayu sebesar 66%.

Kata kunci: biogas, purifikasi, water scrubber

Pendahuluan

Peningkatan jumlah penduduk dunia berkisar 26,8-91,3 juta per tahun dengan angka rata-rata pertumbuhan penduduk tahunan untuk tahun 2000-2050 berkisar 0,40-1,12% atau 7,4-10,6 miliar jiwa menurut proyeksi [1], besarnya angka

pertumbuhan penduduk tersebut akan berdampak pada meningkatnya penggunaan energi. Konsumsi energi final (tanpa biomasa dan tidak termasuk pemanfaatan non energi) di Indonesia dalam 5 (lima) tahun terakhir mengalami peningkatan rata-rata 3% per tahun dan mencapai 126,9 Juta TOE pada tahun

2018, dengan konsumsi terbesar yaitu sektor transportasi dan industri [2]. Kebijakan Energi Nasional (KEN) Indonesia memproyeksikan penyediaan energi primer akan mencapai 400 MTOE pada tahun 2025, 480 MTOE tahun 2030 dan 1.000 MTOE pada tahun 2050. KEN akan mendorong pengurangan penggunaan BBM dalam negeri dengan cara meningkatkan pemanfaatan batubara dan energi baru dan terbarukan (EBT), hal ini sebagai komitmen Pemerintah untuk meningkatkan peran energi baru sebagai bagian dalam menjaga ketahanan dan kemandirian energi. Sesuai PP No.79 Tahun 2014 tentang KEN, target bauran EBT pada tahun 2025 minimal 23% dan 31% pada tahun 2050 [3]. Salah satu EBT yang dapat dihasilkan dengan teknologi tepat guna yang relatif lebih sederhana dan sesuai daerah pedesaan adalah energi biogas.

Biogas yang dihasilkan dari proses anaerob memiliki kandungan terbesar berupa metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2), serta senyawa kontaminan seperti hidrogen sulfida (H_2S) [4]. Salah satu sumber biogas yang banyak digunakan adalah kotoran sapi, dimana kandungan H_2S tidak begitu tinggi sekitar 1% dalam biogas [5]. Komposisi biogas dari kotoran sapi terdiri atas CH_4 (55-65%), CO_2 (35-45%) dan kurang dari 1% mengandung nitrogen. Adanya kandungan CO_2 dan H_2S merupakan polutan yang dapat menurunkan kualitas dari biogas. Hidrogen sulfida (H_2S) dapat menyebabkan korosi dan mengandung racun yang bisa menyebabkan kematian apabila memiliki kadar lebih dari ambang batasnya yaitu 372ppm [6]. Sedangkan karbondioksida (CO_2) dapat mengurangi kandungan energi dan nilai kalor dari biogas, serta mampu menyebabkan korosi [7]. Saat logam bereaksi dengan H_2S akan mengalami suatu mekanisme korosif yang disebut *Sulfur Stress Cracking* (SSC). Mekanisme ini mulai terjadi ketika kadar H_2S lebih besar dari

50 ppm [8]. H_2S dalam biogas dapat mengurangi waktu hidup dari mesin 10-15% [9]. Selain H_2S , terdapat juga kandungan CO_2 yang tidak bermanfaat pada saat proses pembakaran, sebab pada putaran mesin yang tinggi, pembakaran biogas dalam ruang bakar menjadi tidak sempurna dan mengakibatkan menurunnya efisiensi pada mesin tersebut. Agar kualitas biogas yang dihasilkan lebih baik, maka gas yang mengandung polutan harus dihilangkan [6]. Untuk menghilangkan kadar gas H_2S maupun CO_2 dan meningkatkan kualitas dari biogas, maka dilakukan proses purifikasi atau pemurnian.

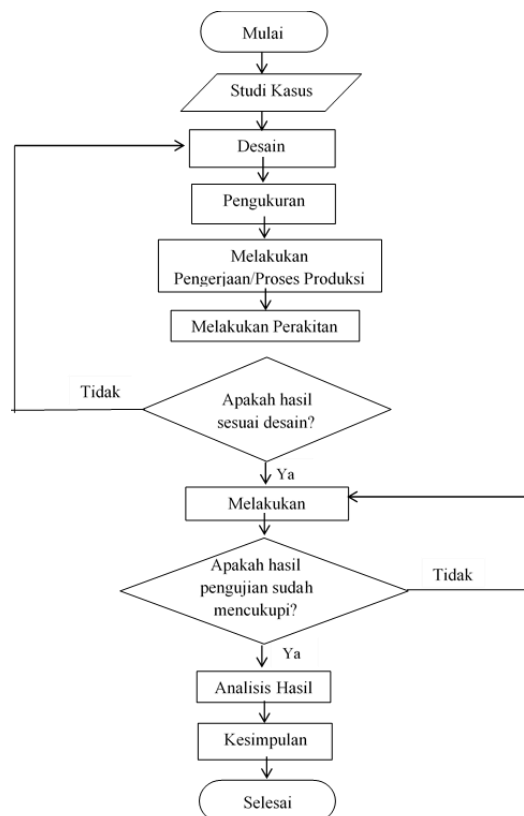
Salah satu metode pemurnian biogas dapat dilakukan dengan sistem *water scrubber* yang bertujuan untuk mereduksi kadar H_2S dan mengurangi *particulate matter* yang terkandung dalam biogas [10]. Metode pemurnian dengan *wet scrubber* dapat dilakukan karena H_2S memiliki kelarutan yang tinggi sebesar 3,5 gram gas per kg air pada suhu kamar, sedangkan kelarutan CH_4 oleh air sangat rendah, yaitu sekitar 0,02 gram gas per kg air pada suhu kamar. Shah, dkk [11], melakukan penelitian terkait perancangan filter purifikasi dengan sistem *wet scrubber*, dimana biogas mentah diumpankan langsung pada tekanan penyimpanan atau dapat dikompresi dan dimasukkan ke kolom scrubber dari bawah, sedangkan air bertekanan disemprotkan melalui *nozzle* dari atas kolom menggunakan pompa berkapasitas 1100 liter perjam. Proses ini mampu melarutkan CO_2 dan H_2S dalam air secara selektif melalui penyerapan fisik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar H_2S pada biogas mentah dari 986 ppm turun menjadi 112 ppm, kandungan CO_2 juga mengalami penurunan dari 32,01% menjadi 5,02%, serta kandungan CH_4 mengalami peningkatan dari 61,22% menjadi 89,54%. Dalam hal ini Soehartanto, dkk [12], melakukan penelitian terkait pengembangan

teknologi purifikasi biogas dengan kombinasi *water scrubber* dan batu gamping. Penelitian ini menggunakan sistem pengkabutan air yang bermanfaat untuk meningkatkan efektivitas bidang kontak. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa, kombinasi *water scrubber* dan filter batu gamping mampu menurunkan kadar gas CO₂ dari 25,79% menjadi 10,26%. Berdasarkan hal tersebut, maka pada penelitian akan dirancang alat purifikasi biogas dengan *water scrubber*. Selain itu, akan dilakukan kajian untuk mengetahui pengaruh purifikasi dari zat pengotor biogas dengan menggunakan kombinasi *water scrubber*, CaO dan serbuk gergaji kayu.

Metode Penelitian

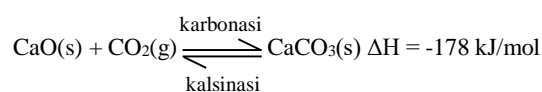
Pada penelitian ini terdapat tiga tahapan pelaksanaan yaitu tahap persiapan, tahapan perancangan dan tahap pengujian. Gambar 1 merupakan langkah-langkah penelitian yang dilakukan pada pembuatan alat purifikasi biogas.

Tahap persiapan dilakukan dengan mempersiapkan media yang digunakan untuk pembuatan biogas antara lain eceng gondok, kotoran sapi dan sampah sayuran pasar. Alat yang digunakan untuk pembuatan alat purifikasi biogas, seperti tabung digester, tabung *water scrubber*, pompa, rangka, dan lain-lain. Bahan yang digunakan untuk proses pemurnian biogas yaitu CaO atau pellet kapur tohot, pellet serbuk gergaji kayu, dan air dalam sistem *water scrubber*.



Gambar 1. Diagram Alir Pembuatan Alat Purifikasi

Parameter yang dianalisis adalah perubahan kandungan CO₂ dan H₂S. Reduksi kandungan CO₂ dapat dilakukan dengan menggunakan CaO, sebab CaO merupakan adsorben yang teridentifikasi sangat potensial untuk menangkap CO₂. CaO dapat digunakan secara berulang berdasarkan reaksi *reversible* berikut ini.



Dalam upaya mereduksi CO₂, prinsip metode *water scrubber* yakni mengkontakkan biogas dengan percikan air sehingga akan diperoleh luas permukaan kontak yang maksimal. Kandungan CO₂ yang tinggi pada biogas

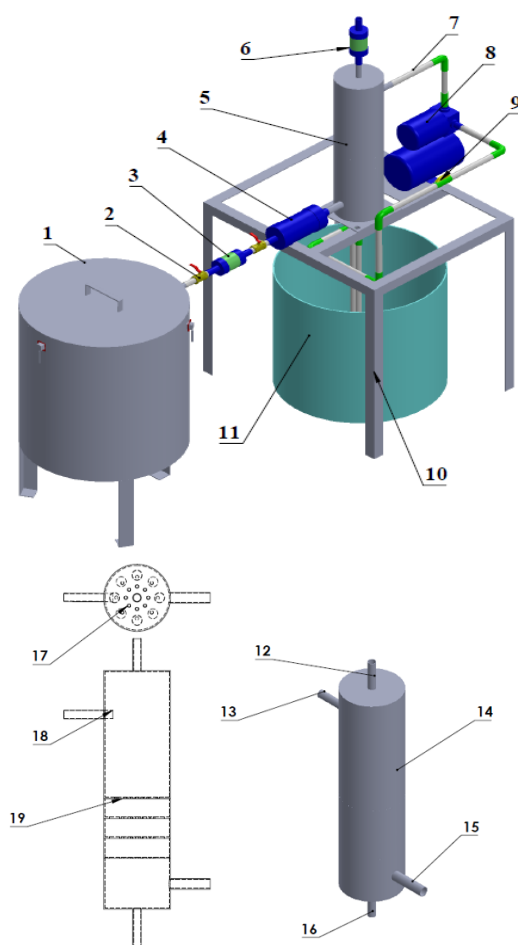
akan diikat oleh air, sehingga persentase gas metana pada biogas meningkat.

Adapun upaya untuk menurunkan kandungan H₂S maka digunakan salah satu mekanisme *wet scrubber* yaitu sistem *water scrubber* yang terdapat pada serangkaian alat purifikasi biogas. Prinsip kerja *wet scrubber* yaitu mengalirkan fluida cair pada aliran gas untuk selanjutnya gas tersebut akan difiltrasi oleh fluida cair.

Data kandungan CO₂ dan H₂S diperoleh dari pengambilan data secara langsung dengan *gas analyzer* di lokasi penggunaan biogas pada saat alat purifikasi dioperasikan.

Desain Alat

Gambar 2 merupakan desain alat purifikasi biogas yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 2. Desain Alat Purifikasi Biogas

Keterangan:

1	Tabung digester/ fermentasi	11	Pipa <i>stainless steel</i> SUS304 ½ inch
2	Kran gas	12	Pipa <i>stainless steel</i> SUS304 ½ inch
3	Sensor gas 1	13	Tabung <i>water scrubber</i>
4	Tempat penampung pellet	14	Pipa <i>stainless steel</i> SUS304 ½ inch
5	Tabung <i>water scrubber</i>	15	Pipa <i>stainless steel</i> SUS304 ½ inch
6	Sensor gas 2	16	Pipa PVC ½ inch
7	Pompa air	17	<i>Tray trap</i>
8	<i>Stop</i> kran	18	<i>Sprayer</i>
9	Rangka	19	<i>Tray trap</i>
10	Bak air		

Gambar 3 merupakan alat penampung pellet pemurni biogas yang dirancang untuk diletakkan pada bagian alat purifikasi biogas.



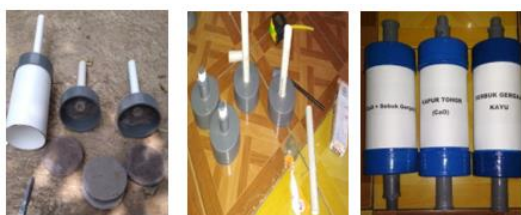
Gambar 3. Alat Penampung Pellet Pemurni Biogas

Keterangan:

1	Pipa PVC 3 inch	3	<i>Sock drat</i> luar pipa PVC ½ inch
2	<i>Dop</i> pipa PVC 3 inch (tutup pipa)	4	<i>Sock drat</i> dalam pipa PVC ½ inch

Pada pembuatan alat penampung pellet pemurnian biogas ini menggunakan pipa PVC berukuran 3 inch, kemudian pipa tersebut di potong sepanjang 20 cm. Bagian ujung pipa sisa-sisa proses

penggergajian dihaluskan menggunakan amplas. *Dop* yang digunakan untuk menutup lubang dari kedua ujung pipa dilubangi bagian tengahnya menggunakan bor listrik. *Sock drat* (luar dan dalam) dimasukan ke dalam *dop* yang telah dilubangi bagian tengahnya kemudian dilem dengan lem paralon. *Dop* yang telah terpasang dengan *sock drat* digabungkan dengan busa yang telah dipotong melingkar. Tahap selanjutnya pemasangan *dop* dengan pipa PVC 3 inch yang telah dipotong sebelumnya, dan dilem sambungan *dop* dengan pipanya. Apabila sudah terpasang, kemudian dilakukan pengisian pellet ke dalam pipa tersebut dan ditutup lagi dengan *dop* bagian ujung sisanya. Pipa yang sudah terisi pellet kemudian dicat secara merata.



Gambar 4. Bagian Pada Proses Pembuatan Alat Penampung Pellet Pemurni Biogas

Pada penelitian ini setelah alat purifikasi biogas dan alat penampung pellet pemurni biogas selesai dibuat, maka dilakukan serangkaian tahapan pengujian. Pengujian dilakukan dalam 3 eksperimen, menggunakan media yang eceng gondok, kotoran sapi dan sayuran. Adapun sebagai media pellet pemurni digunakan pellet serbuk gergaji kayu, pellet kapur tohor, dan pellet campuran kapur tohor dan serbuk gergaji kayu. Pada tahap ini prosedur pengujian yang dilakukan adalah melakukan pengukuran terhadap kandungan gas yang terdapat pada biogas. Ada 3 eksperimen uji dimana tahap awal dilakukan pada alat tabung fermentasi biogas/digester,

bertujuan untuk mengetahui berapa persen kandungan awal gas yang terdapat pada biogas. Pengujian dilakukan selama 7 hari untuk tiap-tiap eksperimen. Pengambilan data pengamatan dilakukan setiap hari pada jam yang sama untuk mengetahui perkembangan kandungan biogasnya. Pengujian selanjutnya setelah diketahui kandungan akhir biogas pada hari ke-7, maka dilakukan prosedur purifikasi biogas pada tiap eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui berapa persen kandungan gas pengotor pada biogas yang terserap setelah melewati alat purifikasi.

Hasil dan Pembahasan

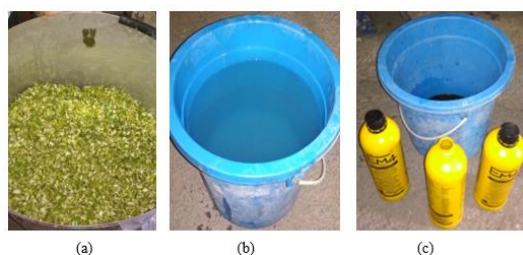
Pada perancangan alat purifikasi biogas ini, komponen *water scrubber* dilengkapi dengan *tray trap* dan *nozzle*. *Tray trap* berfungsi sebagai tempat adsorben serta tempat terjadinya interaksi antara gas dengan air. *Tray trap* disusun diatas dan dibawah *nozzle*. *Tray trap* diatas *nozzle* berfungsi untuk meningkatkan waktu kontak antara biogas dengan adsorben, sehingga reduksi kadar CO₂ dan H₂S oleh adsorben dapat dioptimalkan pada proses ini. Sedangkan *tray trap* dibawah *nozzle* berfungsi untuk meningkatkan waktu kontak antara biogas dengan *water scrubber*, yang besar harapannya dapat terjadi pengurangan CO₂ dan H₂S oleh air secara optimal. Adapun pada kolom purifikasi ini, *nozzle* berfungsi sebagai komponen yang mengalirkan air dari pipa ke dalam kolom purifikasi. Air yang keluar dari *nozzle* ini merupakan *water scrubber* yang berfungsi untuk menangkap CO₂ dan H₂S yang masuk ke dalam kolom.

Mekanisme pengukuran dalam penelitian ini sebagaimana dijelaskan pada metode penelitian, yakni biogas diukur kadarnya sebelum dan setelah masuk ke kolom alat

purifikasi. Adapun hasil 3 eksperimen uji yang dilakukan akan dibahas terkait kemampuannya dalam mereduksi gas CO₂ dan H₂S.

Analisa hasil eksperimen pertama

Pada eksperimen pertama pembuatan biogas dilakukan dengan menggunakan eceng gondok sebagai media utamanya. Presentase untuk membuat biogas pada eksperimen pertama yaitu 15 kg eceng gondok dan air 7.5 liter dengan penambahan 15% EM-4 (*Effective Microorganisms-4*) sebagai pengurai yang dapat membantu pembusukan media eceng gondok.



Gambar 5. (a) Eceng Gondok, (b) Air, dan (c) EM-4.

Sebelum ditimbang, eceng gondok dicacah kecil-kecil dengan ukuran 1 cm, hal ini bertujuan mempermudah proses pembusukan. Kemudian air dicampurkan dengan EM-4 kedalam tangki digester, untuk selanjutnya ditambahkan eceng gondok. Selanjutnya, aduk hingga homogen dan tutup tangki dengan rapat agar tidak ada oksigen (*anaerob*) dan cahaya yang masuk. Pengujian dilakukan selama 7 hari dengan pengambilan data pengamatan setiap hari pada jam yang sama.

Tabel 1 merupakan hasil pengujian perkembangan biogas pada eksperimen pertama, didapatkan hasil bahwa kandungan gas CO₂ dan H₂S dari hari ke-1 sampai hari ke-4 mengalami peningkatan. Pada hari ke-5 hingga hari ke-7 untuk kedua gas tersebut tidak mengalami perubahan atau konstan karena volume biogas yang keluar pada

pipa konstan sehingga kadar CO₂ dan H₂S yang terdeteksi juga konstan. Perubahan volume biogas pada pipa diasumsikan bahwa tidak mengalami perubahan yang begitu besar hal ini terlihat dari perubahan kadar CO₂ dan H₂S yang terdeteksi tidak begitu besar yaitu kurang lebih 1%. Sedangkan untuk gas H₂S menunjukkan nilai yang konstan setelah hari ke-5.

Tabel 1. Hasil Pengujian Biogas Pada Eksperimen Pertama

No	Waktu	Kandungan (%)		Temperatur (°C)	Kelembaban (%)
		CO ₂	H ₂ S		
1	Hari Ke-1	21.70	18.48	32.0	99
2	Hari Ke-2	23.38	20.53	31.7	99
3	Hari Ke-3	25.22	21.31	30.5	99
4	Hari Ke-4	30.69	27.96	33.2	94
5	Hari Ke-5	33.82	33.04	33.6	92
6	Hari Ke-6	33.04	31.77	34.9	92
7	Hari Ke-7	32.45	31.28	32.0	91

Berdasarkan eksperimen pertama diketahui kandungan awal gas CO₂ sebesar 32,45% dan H₂S sebesar 31,28%. Kandungan gas awal pada eksperimen diambil dari percobaan hari ke-7. Setelah diketahui kandungan awal gas dari eskperimen pertama, tahap selanjutnya dilakukan percobaan purifikasi dengan media gabungan *water scrubber* dengan campuran pelet CaO dan serbuk gergaji kayu.

Tabel 2. Hasil Purifikasi Eksperimen Pertama

Media	Kandungan	Sebelum	Sesudah	Efektivitas(%)
WS dan	CO ₂	32.45	22.29	-31
CaO+SG	H ₂ S	31.28	10.36	-66

Keterangan:

Tanda (-) = efektifitasnya menurun

Tanda (+) = efektifitasnya meningkat

Tabel 2 menunjukkan bahwa, hasil penurunan CO₂ sebesar 10,16% dengan efektifitas penurunan sebesar 31%, dan untuk H₂S mengalami penurunan sebesar 20,92% dengan efektifitas penurunan 66%. Dari kedua kandungan gas tersebut, terlihat efektifitas yang dimiliki H₂S lebih besar dari CO₂. Hal ini menunjukkan bahwa media tersebut lebih sesuai untuk mereduksi kandungan gas H₂S.

Analisa hasil eksperimen kedua

Pada eksperimen kedua pembuatan biogas masih menggunakan eceng gondok sebagai medianya. Namun media pembusukanya tidak menggunakan EM-4 tapi menggunakan kotoran sapi. Presentase untuk membuat biogas pada eksperimen kedua yaitu 15 kg eceng gondok dengan 15 kg kotoran sapi dicampur dengan air sebanyak 45 liter.



Gambar 6. (a) Eceng Gondok, (b) Kotoran Sapi, dan (c) Air.

Langkah yang sama juga dilakukan untuk eksperimen kedua, yaitu eceng gondok terlebih dahulu ditimbang dan dicacah kecil-kecil dengan ukuran 1 cm untuk mempermudah proses pembusukan. Kemudian air dicampurkan dengan kotoran sapi kedalam tanki digester dan memasukan eceng gondok. Lalu, campuran tersebut diaduk hingga merata dan tutup tangki dengan rapat agar tidak ada oksigen (*anaerob*) dan cahaya yang masuk. Pengujian dilakukan selama 7 hari dengan pengambilan data pengamatan setiap hari pada jam yang sama.

Tabel 3 merupakan hasil pengujian perkembangan biogas pada eksperimen kedua, hasil menunjukkan bahwa kandungan gas CO₂ dan H₂S dari hari ke-1 sampai hari ke-4 mengalami peningkatan. Pada hari ke-5 hingga hari ke-7 menunjukkan nilai yang konstan karena volume biogas yang keluar pada pipa konstan sehingga kadar kedua gas

yang terdeteksi juga konstan. Adapun secara signifikan menunjukkan selisih nilai sekitar 1%.

Tabel 3. Hasil Pengujian Biogas Pada Eksperimen Kedua

No	Waktu	Kandungan (%)		Temperatur (°C)	Kelembaban (%)
		CO ₂	H ₂ S		
1	Hari Ke-1	23.66	22.29	31.7	99
2	Hari Ke-2	25.22	24.63	31.9	98
3	Hari Ke-3	28.54	27.57	31.6	99
4	Hari Ke-4	30.30	29.72	32.7	99
5	Hari Ke-5	35.58	34.02	31.3	99
6	Hari Ke-6	35.78	31.77	31.4	99
7	Hari Ke-7	34.90	32.94	31.1	99

Pada eksperimen kedua diketahui kandungan awal gas CO₂ sebesar 34.90%, dan H₂S sebesar 32.94%. Kandungan awal eksperimen diambil dari percobaan hari ke-7. Setelah diketahui kandungan awal gas dari eksperimen kedua, tahap selanjutnya dilakukan percobaan purifikasi dengan 3 media yaitu pelet serbuk gergaji kayu, pelet kapur tohor (CaO), dan campuran serbuk gergaji kayu dengan CaO.

Tabel 4. Hasil Purifikasi Eksperimen Kedua

Media	Kandungan	Sebelum	Sesudah	Efektifitas (%)
Serbuk Gergaji Kayu	CO ₂	34.90	28.25	-19
	H ₂ S	32.94	23.46	-28
CaO	CO ₂	30.69	24.73	-19
	H ₂ S	24.93	18.67	-25
Serbuk Gergaji Kayu + CaO	CO ₂	27.96	22.39	-19
	H ₂ S	23.66	18.28	-22

Keterangan:

Tanda (-) = efektifitasnya menurun

Tanda (+) = efektifitasnya meningkat

Tabel 4 menunjukkan bahwa, dengan tiga media yang berbeda diperoleh hasil penurunan H₂S yang cukup besar dibandingkan dengan kandungan CO₂. Gas CO₂ dan H₂S mempunyai efektifitas yang cukup konstan dengan menggunakan media purifikasi yang berbeda. Namun terlihat efektifitas CO₂ mempunyai nilai yang sama pada tiga media purifikasi yaitu -19%. Adanya penurunan kadar yang kecil ini disebabkan karena CaO yang digunakan

sebagai absorben belum mengalami interaksi dengan gas CO₂ sehingga perubahan kadar yang terbaca pada alat ukur tidak mengalami perubahan yang cukup besar.

Analisa hasil eksperimen ketiga

Pada eksperimen ketiga pembuatan biogas dengan menggunakan sampah sayuran pasar sebagai medianya. Presentase pembuatan biogas dengan eksperimen ketiga yaitu 15 kg sayuran dengan 7,5 kg kotoran sapi dan air 15 liter, serta ditambahkan EM-4 sebesar 5%.



Gambar 7. (a) Sayuran, (b) Kotoran Sapi, (c) Air, dan (d) EM-4

Langkah yang sama juga dilakukan untuk eksperimen kedua, yaitu sampah sayuran terlebih dahulu ditimbang dan dicacah kecil-kecil untuk mempermudah proses pembusukan. Kemudian air dicampurkan dengan kotoran sapi kedalam tanki digester dan memasukan sayuran. Lalu, campuran tersebut diaduk hingga merata, menambahkan 5% EM-4 kedalamnya dan tutup tangki dengan rapat agar tidak ada oksigen (*anaerob*) dan cahaya yang masuk. Pengujian dilakukan selama 7

hari dengan pengambilan data pengamatan setiap hari pada jam yang sama.

Tabel 5. Hasil Pengujian Biogas Pada Eksperimen Ketiga

No	Waktu	Kandungan (%)		Temperatur (°C)	Kelembaban (%)
		CO ₂	H ₂ S		
1	Hari Ke-1	26.98	25.71	32.3	99
2	Hari Ke-2	36.56	34.60	31.7	97
3	Hari Ke-3	49.56	48.58	31.0	99
4	Hari Ke-4	59.73	60.80	30.4	99
5	Hari Ke-5	62.66	63.64	29.6	99
6	Hari Ke-6	64.22	64.32	31.0	99
7	Hari Ke-7	64.61	63.54	32.3	99

Berdasarkan Tabel 5, kandungan gas CO₂ dari hari ke-1 sampai hari ke-7 mengalami peningkatan dengan kandungan gas CO₂ sebesar 64.61%. Sedangkan kandungan gas H₂S mengalami peningkatan pada hari ke-1 sampai hari ke-6 dan mengalami penurunan dengan kandungan pada hari terakhir sebesar 63.54%.

Pada eksperimen ketiga diketahui kandungan awal gas CO₂ sebesar 64.61%, dan H₂S sebesar 63.54%. Kandungan awal eksperimen diambil dari percobaan hari ke-7. Setelah diketahui kandungan awal gas dari eksperimen ketiga, tahap selanjutnya dilakukan percobaan purifikasi dengan empat media yaitu *water scrubber*, pelet serbuk gergaji kayu, pelet kapur tohor (CaO), dan campuran serbuk gergaji kayu dengan CaO.

Tabel 6. Hasil Purifikasi Eksperimen Ketiga

Media	Kandungan	Sebelum	Sesudah	Efektivitas (%)
<i>Water Scrubber</i>	CO ₂	64.61	29.13	-54
	H ₂ S	63.54	24.44	-61
Serbuk Gergaji Kayu + CaO	CO ₂	57.18	36.85	-35
	H ₂ S	54.25	28.25	-47
Serbuk Gergaji Kayu	CO ₂	54.45	31.18	-42
	H ₂ S	50.83	26.30	-48
CaO	CO ₂	52.49	34.21	-34
	H ₂ S	47.80	28.05	-41

Keterangan:

Tanda (-) = efektifitasnya menurun

Tanda (+) = efektifitasnya meningkat

Tabel 6 menunjukkan hasil sebelum dan sesudah purifikasi serta nilai efektifitas menggunakan ke empat media yang berbeda yaitu *water scrubber*, pelet serbuk gergaji kayu, pelet kapur tohor (CaO), dan campuran serbuk gergaji kayu

Berdasarkan pengamatan tersebut menunjukkan bahwa pada gas CO₂, apabila dibandingkan dengan gas H₂S memiliki nilai yang lebih kecil. Hal ini disebabkan karena kelarutan gas CO₂ terhadap air tidak terlalu besar, dimana ikatan antara dipol air dengan CO₂ terjadi tidak begitu besar pengaruhnya, sehingga pemurnian gas CO₂ dengan air tidak mengalami penurunan kadar yang cukup tinggi. Sedangkan ketika media purifikasinya serbuk gergaji kayu atau CaO terlihat adanya penurunan kadar yang kecil pada gas CO₂. Hal ini disebabkan belum adanya interaksi yang cukup kuat antara CaO dan serbuk gergaji kayu yang digunakan sebagai absorben dengan gas CO₂ sehingga perubahan kadar yang terbaca pada alat ukur tidak mengalami perubahan yang besar.

Penurunan kadar gas CO₂ tidak begitu besar dalam mereduksi CO₂, berbeda dengan gas H₂S. Pada media *water scrubber*, reduksi H₂S lebih tinggi dibandingkan dengan gas CO₂, karena kelarutan H₂S dalam fase cair lebih tinggi dari CO₂ pada tekanan dan temperatur yang sama. H₂S memiliki momen dipol lebih dekat ke air, itulah sebabnya molekulnya lebih mudah larut. Selain itu, CO₂ bukan momen dipol tetapi memiliki quadropole, sehingga ikatan air dengan CO₂ tidak sekuat ikatan air dengan H₂S yang memiliki ikatan lebih besar. Berdasarkan Tabel 6 juga dapat diketahui bahwa purifikasi dengan *water scrubber* mempunyai nilai reduksi gas CO₂ dan H₂S yang lebih besar dibandingkan media yang lain. Keuntungan dari media *water scrubber* juga dapat meningkatkan nilai kalor dalam bahan bakar serta untuk mengurangi korosi.

Merujuk pada Tabel 1-6, hasil purifikasi yang telah dilakukan menggunakan tiga media dan beberapa media purifikasi, maka dapat diketahui purifikasi yang

paling optimal untuk menurunkan kadar zat pengotor biogas. Penurunan kadar gas CO₂ terbesar pada eksperimen 3 dengan media *water scrubber* yaitu 54%, sedangkan nilai gas H₂S terbesar pada eksperimen 1 dengan media *water scrubber* dengan CaO dan serbuk gergaji kayu yaitu 66%. Dilihat dari ke 3 eksperimen dapat dilihat bahwa purifikasi pada eksperimen 3 dengan media *water scrubber* adalah media purifikasi dengan penurunan CO₂ dan H₂S yang memiliki nilai cukup besar. Menurut

Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil perkembangan biogas yang paling baik adalah eksperimen 3 dengan campuran 15 kg sayuran dengan 7,5 kg kotoran sapi dan air 15 liter, serta ditambahkan EM-4 sebesar 5%. Penambahan EM-4 dapat membantu perkembangan produksi biogas pada eksperimen 3.
2. Pada purifikasi ketiga eksperimen didapatkan data bahwa penurunan gas CO₂ terbesar pada eksperimen 3 pada media *water scrubber* dengan nilai 54% sedangkan nilai gas H₂S terbesar pada eksperimen 1 dengan media *water scrubber* dengan CaO dan serbuk gergaji kayu dengan nilai 66%.
3. Purifikasi pada eksperimen 3 dengan media *water scrubber* adalah media purifikasi dengan reduksi CO₂ dan H₂S yang memiliki nilai terbesar.

Daftar Pustaka

- [1] United Nations Department of Economic and Social Affairs (2004),

- World Population to 2300*, United Nations, New York.
- [2] Dewan Energi Nasional, 2019. Laporan Kajian Penelaahan Neraca Energi Nasional 2019, Sekretariat Jenderal Dewan Energi Indonesia, Jakarta.
- [3] Dewan Energi Nasional, 2019. Ketahanan Energi Indonesia 2019, Sekretariat Jenderal Dewan Energi Indonesia, Jakarta.
- [4] Hernandez Sanchez E.P, P Weiland, R.Borja. *The Effect of Biogas Sparging on Cow Manure Characteristics and its Subsequent Anaerobic Biodegradation*. International Biodeterioration & Biodegradation, 2013; 83:10 – 16.
- [5] Bagudo B.U, B. Garba, S.M. Dangoggo and L.G.Hassan. *The Qualitative Evaluation of Biogas Samples Generated From Selected Organic Wastes*. Archives Of Applied Science Research, 2011; 5: 549 – 555.
- [6] Truong L.V.-A, N. Abatzoglou. *A H₂S Reactive Adsorption Process for The Purification of Biogas Prior to Its Use as Abioenergy Vector*. Biomass and Bioenergy, 2005; 29:142 – 151.
- [7] Ning Ping, Fenrong Li, Honghong Yi, Xiaolong Tang, Jinhui Peng, Yundong Li, Dan He, Hua Deng. *Adsorption Equilibrium of Methane and Carbon Dioxide on Microwave – Activated Carbon*. Separation and Purification Technology, 2012; 98: 321 – 326.
- [8] Gosh, D. P. 2007. Wet H₂S Cracking Problem in Oil Refinery Processes - Material selection and operation control issues, *The 2007 Tri-Service Corrosion Conference*, December 3-7, 2007, Denver, Colorado, USA
- [9] Horikawa, M.S.; Rossi, M.L.; Gimenes, M.L.; Costa, C.M.M. & da Silva, M.G.C. 2004. Chemical Absorption of H₂S for biogas purification, *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, Vol. 21, No. 3, July-September 2004, pp. 415-422.
- [10] Abdurrahkman, Arief dkk, 2013, Rancang Bangun Alat Purifikasi Biogas dengan Menggunakan CaO dan *Water scrubber*. Seminar Nasional Pascasarjana 2013 ITS Surabaya.
- [11] Shah and P. H. J. Nagarsheth, “Biogas Up Gradation using Water Scrubbing for its use in Vehicular Applications,” International Advanced Research Journal in Science, Engineering, and Technology, Vol. 2, No. 6, Juni 2015 pp. 2393–2395.
- [12] Soehartanto, T., dkk. ”Pengembangan Teknologi Purifikasi Biogas (Kandungan Gas H₂S dan Gas CO₂) dengan Mempergunakan Kombinasi Wet Scrubber-Batu Gamping”. *The 2nd Conference on Innovation and Industrial Application CINIA, 2016*.