

RANCANG BANGUN ALAT PURIFIKASI BIOGAS WATER SCRUBBER BERBASIS MIKROKONTROLER

By Farradina Choria Suci

RANCANG BANGUN ALAT PURIFIKASI BIOGAS WATER SCRUBBER BERBASIS MIKROKONTROLER

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 a renewable energy potential to be developed in Indonesia. Biogas contains methane gas (CH₄) as the primary element, besides containing impurity such as H₂S and CO₂. The presence of these gases can reduce the quality of biogas and causing corrosion to the equipment. Therefore the biogas needs to be purified, one of them by using a water scrubber. In this research a monitoring system for CH₄, H₂S and CO₂-based arduino microcontroller-based monitoring systems will be designed, equipped with an LCD to display the reader gas content, temperature and humidity. The tools used to detected gas content from the purification results are the CH₄ gas sensor using MQ-2 type, CO₂ gas sensor using MQ-135 type and H₂S gas sensor using MQ-136. While the measurement of temperature and humidity used is a thermometer hygrometer. In the testing process is done using water hyacinth, cow dung and vegetables. Purification media used wood sawdust pellets, lime pellets (CaO) and mixed lime pellets-wood sawdust. The purification process was divided into 3 experiments, the best result was the third experiment with the percentage of biogas production, amount to 15 kg of vegetables with 7.5 kg of cow dung and 15 liters of water, and 5% EM-4 was added.

Keywords : biogas, purification, microcontroller

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*. Pada penelitian ini akan dirancang sistem monitoring terhadap kandungan gas CH₄, H₂S dan CO₂ berbasis mikrokontroler arduino, dilengkapi LCD untuk menampilkan pembaca kandungan gas, temperatur dan kelembaban udara. Alat yang digunakan untuk mendeteksi kandungan gas dari hasil purifikasi adalah sensor gas CH₄ menggunakan tipe MQ-2, sensor gas CO₂ menggunakan tipe MQ-135 dan sensor gas H₂S menggunakan MQ-136. Sedangkan pengukuran temperature dan kelembaban udara yang digunakan adalah thermometer hygrometer. Pada proses pengujian dilakukan menggunakan eceng gondok, kotoran sapi dan sayuran. 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%.

Kata kunci : biogas, purifikasi, mikrokontroler

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 merupakan gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme pada kondisi anaerob. Pada proses anaerobik ini dihasilkan biogas dengan kadar terbesar adalah CH_4 dan CO_2 , serta dihasilkan senyawa kontaminan seperti H_2S [4]. Sementara itu, 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, karena H_2S ini dapat menyebabkan korosi [6] dan CO_2 juga dapat mengurangi kandungan energi dan nilai kalor dari biogas, serta dapat menyebabkan korosi [7]. Saat logam bereaksi dengan H_2S akan mengalami suatu mekanisme korosif yang disebut *Sulfur Stres 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 [10].

Salah satu metode purifikasi yang digunakan adalah sistem *water scrubber* yang bertujuan untuk mereduksi kadar H_2S dan mengurangi *particulate matter* yang terkandung dalam biogas [11].

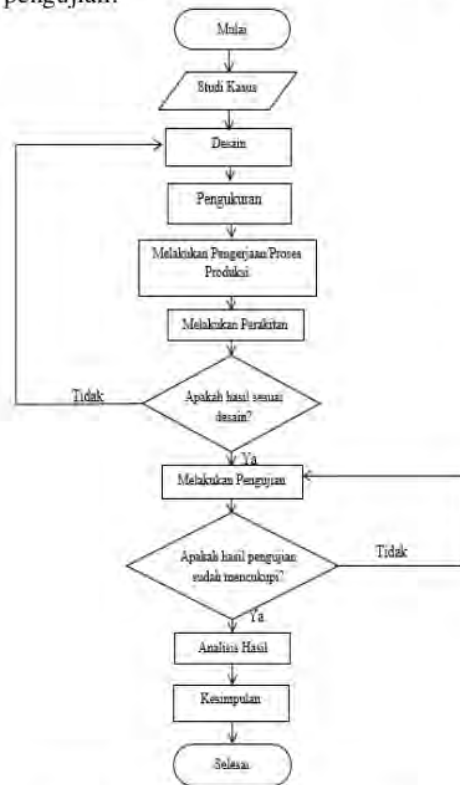
Metode pemurnian H_2S dengan *wet scrubber* dapat terjadi karena H_2S mempunyai kelarutan yang tinggi dalam air, yaitu sekitar 3,5 gram gas per kg air pada suhu kamar. Sedangkan tingkat kelarutan CH_4 oleh air sangat rendah, yaitu sekitar 0,02 gram gas per kg air pada suhu kamar. Lin [12] melakukan penelitian tentang perancangan filter purifikasi dengan sistem *wet scrubber* yang mampu menyerap H_2S pada biogas mentah dari 986 ppm menjadi 112 ppm. Pada proses purifikasi, biogas dikompresi menggunakan pompa berkapasitas 1100 liter perjam yang disemprotkan melalui *nozzle*. Shah dkk [13] juga melakukan penelitian pada filter purifikasi biogas menggunakan 1 pompa yang digunakan pada proses purifikasi biogas, diperoleh hasil kandungan CO_2 mengalami penurunan sebesar 5,02% dari kandungan CO_2 sebesar 32,01%. Pada penelitian ini akan dilakukan kajian untuk mengetahui pengaruh purifikasi dari zat pengotor biogas dengan metode *water scrubber*, CaO dan serbuk gergaji kayu berbasis mikrokontroler Arduino yang dilengkapi LCD untuk menampilkan pembaca kandungan gas, temperatur dan kelembaban udara. Kadar gas CH_4 , CO_2 , dan H_2S pada purifikasi biogas ini secara berurutan dapat dideteksi menggunakan sensor MQ-2, MQ-135 dan MQ-136.

Metode Penelitian

Pada penelitian ini terdapat tiga tahapan pelaksanaan yaitu tahap persiapan,

<Margin disetting "Mirror" dengan detail : Top 2.54cm, Bottom 2.54cm, Inside 3.5cm, Outside 2.5cm>

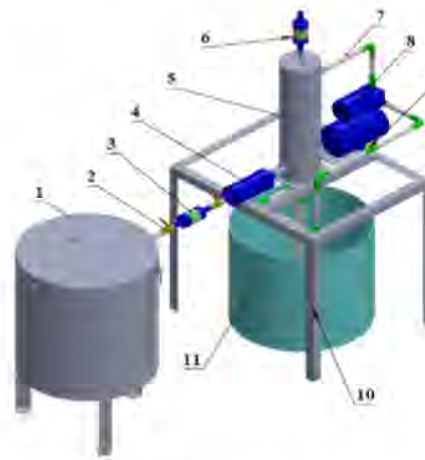
tahapan perancangan dan tahap pengujian.



Gambar 1. Diagram Alir Pembuatan Alat Purifikasi

Tahap persiapan, dilakukan dengan mempersiapkan alat yang digunakan untuk mendeteksi kandungan gas dari hasil pufikasi. Sensor gas metana (CH₄) yang digunakan adalah tipe MQ-2, sensor gas karbon dioksida (CO₂) yang digunakan adalah tipe MQ-135, dan sensor gas hidrogen sulfida (H₂S) yang digunakan adalah tipe MQ-136. Adapun pengukuran temperatur dan kelembaban udara menggunakan *thermometer hygrometer*. Tahap perancangan, dilakukan dengan membuat desain alat purifikasi biogas yang ditunjukkan pada Gambar 2. Tahap pengujian, dilakukan menggunakan eceng gondok, kotoran sapi dan sayuran, sebagai media pellet pemurni digunakan pellet serbuk gergaji kayu, pelet kapur tohor dan pellet

campuran kapur tohor dan serbuk gergaji kayu.



Gambar 2. Desain Alat Purifikasi Biogas

Keterangan:

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

Hasil dan Pembahasan

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 3. (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 dilakukan setiap hari.

Tabel 1 merupakan hasil pengujian perkembangan biogas pada eksperimen pertama, didapatkan bahwa kandungan gas CO_2 dan H_2S 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 CO_2 dan H_2S yang terdeteksi juga konstan. Perubahan volume biogas pada pipa diasumsikan bahwa tidak mengalami perubahan yang begitu besar hal ini terlihat dari perubahan kadar CO_2 dan H_2S yang

terdeteksi tidak begitu besar yaitu kurang lebih 1%. Sedangkan untuk gas H_2S menunjukkan nilai yang konstan setelah hari ke-5.

Tabel 1. Hasil Pengujian Biogas Pada Eksperimen Pertama

No	Waktu	Kandungan (%)			Temperatur (°C)	Kelembaban (%)
		CH_4	CO_2	H_2S		
1	Hari Ke-1	11,37	21,70	18,48	32,0	99
2	Hari Ke-2	14,09	23,38	20,53	31,7	99
3	Hari Ke-3	15,05	25,22	21,31	30,5	99
4	Hari Ke-4	26,59	30,69	27,96	31,2	94
5	Hari Ke-5	36,95	33,82	33,04	33,6	92
6	Hari Ke-6	40,47	33,04	31,77	34,9	92
7	Hari Ke-7	39,30	32,45	31,28	32,0	91

Berdasarkan eksperimen pertama diketahui kandungan awal gas CH_4 sebesar 39,30%, CO_2 sebesar 32,45%, dan H_2S sebesar 31,28%. Kandungan gas awal pada eksperimen diambil dari percobaan hari ke-7. Setelah diketahui kandungan awal gas dari eksperimen 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	Efektifitas(%)
WS dan $\text{CaO}+\text{SG}$	CH_4	39,30	8,02	-79
	CO_2	32,45	22,29	-31
	H_2S	31,28	10,36	-66

Keterangan:

Tanda (-) = efektifitasnya menurun

Tanda (+) = efektifitasnya meningkat

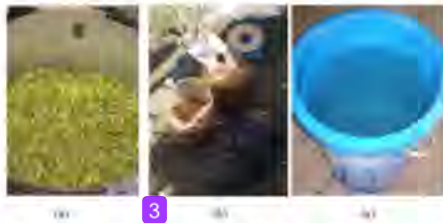
Tabel 2 menunjukkan bahwa, hasil penurunan CH_4 sebesar 31,28% dengan efektifitas penurunan sebesar 79%, penurunan CO_2 sebesar 10,16% dengan efektifitas penurunan sebesar 31%, dan untuk H_2S mengalami penurunan sebesar 20,92% dengan efektifitas penurunan 66%. Dari ketiga kandungan gas tersebut, terlihat efektifitas yang dimiliki CH_4 lebih besar dari gas CO_2 dan H_2S . Hal ini menunjukkan bahwa media tersebut lebih sesuai untuk mereduksi kandungan gas CH_4 .

Analisa Hasil Eksperimen Kedua

Pada eksperimen kedua pembuatan biogas masih menggunakan eceng

<Margin disetting "Mirror" dengan detail : Top 2.54cm, Bottom 2.54cm, Inside 3.5cm, Outside 2.5cm>

gondok sebagai medianya. Namun media pembusukanya tidak menggunakan EM-4 tapi menggunakan kotoran sapi. Presentase untuk membuat biogas pada eksperimen kedua ya 3. 15 kg eceng gondok dengan 15 kg kotoran sapi dicampur dengan air sebanyak 45 liter.



Gambar 4. (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 dilakukan setiap hari.

Tabel 3. Hasil Pengujian Biogas Pada Eksperimen Kedua

No	Waktu	Kandungan (%)			Temperatur (°C)	Kelembaban (%)
		CH ₄	CO ₂	H ₂ S		
1	Hari Ke-1	25.51	23.66	22.29	31.7	99
2	Hari Ke-2	26.59	25.22	24.63	31.8	98
3	Hari Ke-3	30.30	28.54	27.57	31.6	99
4	Hari Ke-4	32.45	30.30	29.72	32.7	99
5	Hari Ke-5	36.17	35.58	34.02	31.3	99
6	Hari Ke-6	37.93	35.78	31.77	31.4	99
7	Hari Ke-7	38.81	34.90	32.94	31.1	99

Tabel 3 merupakan hasil pengujian perkembangan biogas pada eksperimen kedua, hasil menunjukkan bahwa kandungan gas CH₄, 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 ketiga gas

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

Pada eksperimen kedua diketahui kandungan awal gas CH₄ sebesar 38.81%, 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	Setelah	Efektifitas (%)
Serbuk Gergaji Kayu	CH ₄	38.81	27.47	-29
	CO ₂	34.90	28.25	-19
	H ₂ S	32.94	23.46	-28
CaO	CH ₄	31.96	21.80	-31
	CO ₂	30.69	24.73	-19
	H ₂ S	24.95	18.67	-25
Serbuk Gergaji Kayu + CaO	CH ₄	28.55	17.79	-37
	CO ₂	27.96	22.59	-19
	H ₂ S	23.46	18.28	-22

Keterangan:

Tanda (-) = efektifitasnya menurun

Tanda (+) = efektifitasnya meningkat

Tabel 4 menunjukkan bahwa, dengan tiga media yang berbeda diperoleh hasil penurunan CH₄ yang cukup besar dibandingkan dengan kandungan CO₂ dan H₂S dengan nilai efektifitas -29% hingga -37%. 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 5. (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 tanki dengan rapat agar tidak ada oksigen (*anaerob*) dan cahaya yang masuk. Pengujian dilakukan selama 7 hari dengan pengamatan yang dilakukan setiap harinya.

Tabel 5. Hasil Pengujian Biogas Pada Eksperimen Ketiga

No	Waktu	Kandungan (%)			Temperatur (°C)	Kelembaban (%)
		CH ₄	CO ₂	H ₂ S		
1	Hari Ke-1	23.66	26.98	25.71	32.3	99
2	Hari Ke-2	31.87	36.56	34.60	31.7	97
3	Hari Ke-3	36.95	49.56	48.58	31.0	99
4	Hari Ke-4	39.69	59.73	60.80	30.4	99
5	Hari Ke-5	41.64	62.66	63.64	29.6	99
6	Hari Ke-6	48.43	64.22	64.32	31.0	99
7	Hari Ke-7	68.52	64.61	63.54	32.3	99

Berdasarkan Tabel 5, kandungan gas CH₄ dan gas CO₂ dari hari ke-1 sampai hari ke-7 mengalami peningkatan dengan kandungan gas CH₄ pada hari ke-7 sebesar 68.52% dan gas CO₂ sebesar 64.61%. 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 CH₄ sebesar 68.52%, 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>	CH ₄	68.52	31.48	-54
	CO ₂	64.61	29.13	-54
	H ₂ S	63.54	24.44	-61
Serbuk Gergaji Kayu + CaO	CH ₄	67.74	42.62	-37
	CO ₂	57.18	36.85	-35
	H ₂ S	54.25	28.25	-47
Serbuk Gergaji Kayu	CH ₄	66.57	41.64	-37
	CO ₂	54.45	31.18	-42
	H ₂ S	50.83	26.30	-48
CaO	CH ₄	56.60	43.21	-23
	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 penurunan kadar CH₄ cukup signifikan, namun lebih tinggi ketika purifikasi dengan *water scrubber*. Hal ini menandakan bahwa ada interaksi antara CH₄ dan air meskipun terjadi tidak terlalu kuat.

Pada gas CO₂, apabila dibandingkan dengan gas lainnya 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 lain seperti CO₂ dan CH₄, 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 quadrupole, 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 CH₄, 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.

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 pada ketiga eksperimen didapatkan data bahwa penurunan gas CH₄ dan 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 CH₄, 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 Weilad, 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: 21 – 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. 15-422
- [10] Krischan J, A. Makaruk, M.Harasek. *Design And Scale-Up Of An Oxidative Scrubbing Process For The Selective Removal Of Hydrogen Sulfide From Biogas*. Journal of Hazardous Materials, 2012; 215 -216: 49 – 56.
- [11] Aburrahkman, Arief dkk, 2013, Rancang Bangun Alat Purifikasi Biogas Dengan Menggunakan CaO dan Water scrubber. Seminar Nasional Pascasarjana 2013 ITS Surabaya
- [12] W.-C. Lin, Y.-P. Chen, and C.-P. Tseng, “Pilot-scale chemical–biological system for efficient H₂S removal from biogas,” *Bioresour. Technol.*, vol. 135, pp. 283–291, 2013.
- [13] Shah and P. H. J. Nagarsheth, “Biogas Up Gradation using Water Scrubbing for its use in Vehicular Applications,” *Issn*, vol. 2, no. 6, pp. 2393–2395, 2015 Indartomo Y.S., dkk. 2009. Energi dan Lingkungan Sebuah Keterkaitan yang Erat. Prosiding Seminar Nasional 4-5 Maret 2009 Dies Emas ITB, Bandung.

RANCANG BANGUN ALAT PURIFIKASI BIOGAS WATER SCRUBBER BERBASIS MIKROKONTROLER

ORIGINALITY REPORT

12%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	repository.its.ac.id Internet	180 words — 6%
2	archive.org Internet	73 words — 2%
3	Herman Nawir, Muhammad Ruswandi Djalal, Apollo Apollo. "Pemanfaatan Limbah Eceng Gondok Sebagai Energi Biogas Dengan Menggunakan Digester", JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA), 2018 Crossref	51 words — 2%
4	repositorio.ufsc.br Internet	26 words — 1%
5	Andrea Lanzini, Hossein Madi, Vitaliano Chiodo, Davide Papurello, Susanna Maisano, Massimo Santarelli, Jan Van herle. "Dealing with fuel contaminants in biogas-fed solid oxide fuel cell (SOFC) and molten carbonate fuel cell (MCFC) plants: Degradation of catalytic and electro-catalytic active surfaces and related gas purification methods", Progress in Energy and Combustion Science, 2017 Crossref	26 words — 1%
6	www.scribd.com Internet	25 words — 1%

EXCLUDE
BIBLIOGRAPHY

ON