

ANALISA PENGARUH PURIFIKASI BIOGAS UMT-17 MENGGUNAKAN MOLECULAR SIEVE TERHADAP PERSENTASE CH₄, CO₂, DAN H₂S

AHMAD ISKANDAR¹⁾ & FADHOLI AMBAR²⁾

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang
Jl. Perintis Kemerdekaan I/33 Cikokol-Tangerang
Email: iskandar.smart@gmail.com¹⁾, fadholi.ambar9@gmail.com²⁾

ABSTRAK

Penelitian untuk pengembangan biogas semakin hari semakin maju. Berbagai model rancangan biogas telah banyak dibuat dan dilakukan pengujian. Salah satu model rancangan biogas yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah biogas digester model portable yang bertujuan agar lebih simpel dalam pembuatan, lebih mudah difungsikan dan juga mudah dipindahkan. Biogas digester yang diberi nama Biogas UMT-17 ini dibuat dengan memanfaatkan limbah kotoran sapi dan dirancang se-praktis dan se-efisien mungkin dengan menggunakan part-part sederhana yang mudah dibuat atau dibeli di toko-toko material. Kandungan utama biogas yang dihasilkan berupa CH₄, CO₂, H₂S dan beberapa jenis gas lain, memerlukan suatu upaya pemurnian untuk meningkatkan jumlah kandungan gas metan (CH₄) tersebut. Karbon *molecular sieve* merupakan senyawa yang mampu mengikat partikel-partikel tertentu dan menyaring karbondioksida, hidrogen sulfida serta komponen-komponen lain yang tidak diperlukan. Untuk itulah dalam pembuatan Biogas UMT-17 ini dilengkapi alat pemurnian yang disebut purifier dan diisi dengan *molecular sieve* sebagai bahan purifikasinya. Dalam laporan ini akan dibahas kandungan biogas sebelum proses purifikasi dan dibandingkan dengan kandungan setelah proses purifikasi dengan menggunakan beberapa metode yaitu kontinyu, non-kontinyu dan perbedaan lama waktu purifikasi.

Kata Kunci: Biogas, Molecular Sieve, Biodigester.

1. PENDAHULUAN

Prinsip dasar biogas adalah proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikro-organisme dalam kondisi tanpa udara (*anaerob*) untuk menghasilkan campuran dari beberapa gas, diantaranya metan dan CO₂. Biogas dihasilkan dengan bantuan bakteri metanogen atau metanogenik. Bakteri ini secara alami terdapat dalam limbah yang mengandung bahan organik, seperti limbah ternak dan sampah organik. Saat ini, banyak negara maju meningkatkan penggunaan biogas yang dihasilkan baik dari limbah cair maupun limbah padat atau yang dihasilkan dari sistem pengolahan biologi mekanis pada tempat pengolahan limbah.

Biogas dihasilkan melalui proses fermentasi limbah organik seperti sampah, sisa-sisa makanan, kotoran hewan dan limbah industri

makanan. Adapun unsur-unsur yang terkandung dalam biogas yaitu gas metana (CH₄), gas karbon dioksida (CO₂), gas oksigen (O₂), gas hydrogen sulfida (H₂S), gas hidrogen (H₂), dan gas karbon monoksida (CO). Dari semua unsur tersebut yang berperan dalam menentukan kualitas biogas yaitu gas metana (CH₄) dan gas karbondioksida (CO₂). Bila kadar CH₄ tinggi maka biogas tersebut akan memiliki nilai kalor yang tinggi. Sebaliknya jika kadar CO₂ yang tinggi maka akan mengakibatkan nilai kalor biogas tersebut rendah. Maka dari itu untuk meningkatkan nilai kalor biogas maka kadar gas CO₂ harus rendah. Kandungan gas metana (CH₄) dari biogas dapat ditingkatkan dengan cara memisahkan gas karbon dioksida (CO₂) dan gas hidrogen sulfida (H₂S) yang bersifat korosif dari biogas (Price and Cheremisinoff, 1981).

Bahan baku biogas yang didapat dari kotoran sapi tentunya akan menimbulkan permasalahan lain yaitu bau yang tidak sedap, bau ini sebenarnya merupakan kandungan hidrogen sulfida (H_2S) yang terdapat pada biogas yang dihasilkan digester. Menurut Lastella et al (2002), konsentrasi gas ini dalam biogas relatif kecil $\pm 0,1 - 2\%$. Gas ini bersifat korosif sehingga konsentrasi yang besar dalam biogas dapat menyebabkan korosi pada ruang pembakaran. Selain itu, gas ini bersifat racun dan hasil pembakarannya menghasilkan gas sulfur dioksida (SO_2).

Untuk mengatasi permasalahan di atas telah dilakukan usaha-usaha untuk pemurnian biogas, upaya pemurnian biogas dapat dilakukan dengan berbagai macam metode seperti penyerapan gas CO_2 , penyerapan gas H_2S , siloxane removal dan lain sebagainya. Di antara berbagai macam metode pemurnian biogas tersebut yang menarik untuk dikaji yaitu dengan menggunakan *adsorbent*. *Adsorbent* adalah zat yang dapat menyerap *fluida*, baik cair maupun gas sehingga nantinya akan membentuk lapisan tipis pada permukaan zat tersebut. Salah satu jenis *adsorbent* yang dapat digunakan adalah *molecular sieve* dipilih karena selain mudah didapat, penggunaannya pun praktis karena tidak memerlukan bahan kimia tambahan lain.

Pemisahan kandungan CO_2 dan H_2S dalam biogas dapat dilakukan dengan menggunakan *molecular sieve* karena *molecular sieve* memiliki pori-pori berukuran molekuler sehingga mampu memisahkan atau menyaring molekul dengan ukuran tertentu. Proses ini dilakukan dengan mengalirkan biogas ke dalam purifier yang didalamnya terdapat *molecular sieve*, *molecular sieve* tersebut akan mengadsorpsi gas CO_2 dan H_2S yang melewati alat purifier.

Dengan memperhatikan uraian latar belakang di atas, maka masalah dalam penelitian ini dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Bagaimana mengurangi kandungan H_2S penyebab bau pada biogas yang turut dihasilkan dari pengolahan limbah kotoran ternak sapi.
2. Bagaimana memanfaatkan kemampuan *molecular sieve* yang memiliki pori-pori berukuran molekuler yang dapat mengadsorpsi gas CO_2 dan H_2S sehingga dapat

meningkatkan persentase CH_4 pada biodigester ini.

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, maka masalah dapat dirumuskan sebagai berikut: “Bagaimana pengaruh *molecular sieve* sebagai purifier biogas dalam mengurangi kandungan H_2S penyebab bau tidak sedap dan dalam mempurifikasi CO_2 yang juga dihasilkan oleh biodigester agar persentase CH_4 yang dihasilkan bisa lebih tinggi?”

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengurangi atau menghilangkan kandungan H_2S penyebab bau tidak sedap pada biogas yang turut dihasilkan dari pengolahan limbah kotoran ternak sapi
2. Untuk mengetahui pengaruh *molecular sieve* dalam menyaring gas yang dihasilkan dari pengolahan kotoran ternak sapi.
3. Untuk mengetahui perbedaan kandungan CH_4 , CO_2 , dan H_2S sebelum dan sesudah melewati purifikasi dengan karbon *molecular sieve*.

Limbah adalah buangan yang keberadaannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki karena tidak mempunyai nilai ekonomis. Ditinjau dari segi ekonomis, limbah dapat dibagi menjadi limbah ekonomis dan non ekonomis. Limbah ekonomis adalah limbah dengan proses lanjut akan memberikan nilai tambah (Gintings, 1978).

Limbah ternak adalah sisa buangan dari suatu kegiatan usaha peternakan seperti usaha pemeliharaan ternak, rumah pemotongan hewan, pengolahan produk ternak, dan lain-lain (Sihombing, 2000 dalam Anonymous, 2003).

Pada pembuatan Biogas UMT-17 ini limbah bisa dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

- Limbah sebelum proses
Limbah inilah yang digunakan sebagai bahan penghasil gas dari biodigester ini, umumnya menggunakan limbah sampah atau limbah kotoran ternak. Pada pembuatan biogas UMT-17 ini, peneliti menggunakan limbah kotoran sapi yang sudah dicampur dengan air.
- Limbah setelah proses
Merupakan limbah sisa yang sudah di-

pakai sebagai penghasil gas pada pembuatan *biodigester*. Umumnya limbah pada digester menghasilkan gas dalam 40 hari, setelah itu limbah sudah tidak bisa menghasilkan lagi dan perlu diganti dengan limbah yang baru. Sedangkan limbah sisa ini bisa digunakan sebagai pupuk tanaman.

1. *Biogas*

Biogas adalah gas yang berasal dari kotoran makhluk hidup, baik dari hewan maupun tanaman. Apabila kotoran hewan atau bahan tanaman telah membusuk, maka akan keluar gas. Gas ini yang disebut sebagai biogas. Biogas adalah gas yang mudah terbakar (*flammable*) yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerob. Biogas merupakan salah satu jenis energi yang dapat dibuat dari banyak jenis bahan buangan dan bahan sisa, semacam sampah, kotoran ternak, jerami, enceng gondok serta bahan organik lainnya (Pambudi, 2005).

Ada tiga kelompok bakteri yang berperan dalam proses pembentukan biogas, yaitu:

- 1) Kelompok bakteri fermentatif: *Streptococci*, *Bacteriodes*, dan beberapa jenis *Enterobacteriaceae*.
- 2) Kelompok bakteri asetogenik: *Desulfovibrio*
- 3) Kelompok bakteri metana: *Methanobacterium*, *Methanobacillus*, *Methanosarcina*, dan *Methanococcus*.

Biogas terdiri dari beberapa campuran gas, tergolong bahan bakar gas yang merupakan hasil fermentasi dari bahan organik dalam kondisi anaerob, dan gas yang dominan adalah gas metan CH_4 dan gas karbondioksida CO_2 (Simamora, 1989).

Biogas dihasilkan dari proses pembusukan bahan baku isian di dalam tangki pencerna (*biodigester*). Biogas merupakan salah satu hasil samping dari proses pembusukan bahan organik secara anaerobik (tanpa oksigen). Proses pembusukan bahan organik ini dilakukan oleh mikroorganisme dalam proses fermentasi.

Proses Pembentukan Gas Metana bakteri metanogenik mendekomposisi senyawa dengan berat molekul tinggi. Sebagai contoh bakteri ini menggunakan hidrogen, kar-

bondioksida dan asam asetat untuk membentuk metana dan karbondioksida. Bakteri penghasil asam dan gas metana bekerja sama secara simbiosis. Bakteri penghasil asam membentuk keadaan atmosfer yang ideal untuk penghasil bakteri metan. Sedangkan bakteri pembentuk gas metan menggunakan asam yang dihasilkan bakteri penghasil asam. Tanpa adanya proses simbiotik tersebut, akan menciptakan kondisi toksik bagi mikroorganisme penghasil asam (Khasristya, 2004).

Faktor yang berpengaruh pada proses pembentukan gas.

Proses pembentukan biogas dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

- a) Temperatur/Suhu
- b) Ketersediaan Unsur Hara
- c) Kandungan Padatan dan Pencampuran Substrat
- d) Rasio C/N

2. *Tipe Digester Biogas Konvensional*

Pemilihan jenis biodigester disesuaikan dengan kebutuhan dan kemampuan pembiayaan/finansial. Dari segi konstruksi, biodigester dibedakan menjadi:

- a) *Fixed Dome* (Kubah tetap)

Biodigester ini memiliki volume tetap sehingga produksi gas akan meningkatkan tekanan dalam reaktor (*biodigester*). Karena itu, dalam konstruksi ini gas yang terbentuk akan segera dialirkan ke pengumpul gas di luar reaktor.

- b) *Floating Dome*

Pada tipe ini terdapat bagian pada konstruksi reaktor yang bisa bergerak untuk menyesuaikan dengan kenaikan tekanan reaktor. Pergerakan bagian reaktor ini juga menjadi tanda telah dimulainya produksi gas dalam reaktor biogas. Pada reaktor jenis ini, pengumpul gas berada dalam satu kesatuan dengan reaktor tersebut.

3. *Biogas UMT-17*

Pemberian nama Biogas UMT-17 ini dikarenakan biogas digester dengan menggunakan kotoran sapi ini dibuat oleh beberapa mahasiswa teknik mesin tingkat akhir dari Universitas Muhammadiyah Tangerang (UMT) pada pertengahan tahun 2017 sebagai penelitian untuk mengerjakan penelitian. Misi

dari penelitian ini adalah merubah digester menjadi model minimalis serta bisa digeser ke lokasi manapun (*Portable*) untuk mendapatkan efisiensi proses, biaya dan lokasi (*Space*).



Gambar 1 Biogas UMT-17.



Gambar 2 Komponen-komponen Biogas UMT-17.

4. *Molecular Sieve* (penyaring molekular)

Molecular sieve merupakan senyawa yang tersusun dari elemen-elemen dan komponen-komponen yang kompleks seperti aluminium, silikon, dan sodium. Komponen-komponen ini membentuk kramik yang stabil. *Molecular sieve* digunakan sebagai pengering, pemurni, dan pemisah komponen-komponen yang terkandung didalam gas maupun cairan. Hal ini disebabkan cara kerja *molecular sieve* yang sangat kuat mengikat partikel-partikel tertentu dan dapat menyaring molekul-molekul yang mempunyai ukuran yang lebih besar dari *molecular sieve*.



Gambar 3 Molecular Sieve pada Biogas UMT-17

Beberapa fungsi molecular sieve diantaranya:

1. Menghilangkan uap air yang mungkin lolos dari water trap.
2. Menghilangkan karbondioksida
3. Menghilangkan hidrokarbon.

Adapun cara kerja molecular sieve adalah sebagai berikut:

a) *Heating*

Heating berfungsi untuk memanaskan *molecular sieve* yang sedang diregenerasi agar tidak jenuh setelah bekerja selama 8 jam sampai temperature 185°C yang dikeluarkan melalui heater dengan aliran (*flow*) 1100 Nm³/jam dan dibutuhkan waktu 14200 detik.

b) *Cooling*

Cooling berfungsi untuk mendinginkan *molecular sieve* yang sudah dipanaskan sampai temperature 42°C dengan aliran (*flow*) 1400 Nm³/jam dan dibutuhkan waktu 11700 detik.

c) *Upload*

Upload berfungsi untuk penyamaan tekanan antara *molecular sieve* yang sedang beregenerasi dan *molecular sieve* yang bekerja, sehingga antara molecular sieve yang bekerja dan beregenerasi memiliki tekanan yang sama sekitar 0.451 Mpa dengan waktu sekitar 800 detik.

d) *Exchange*

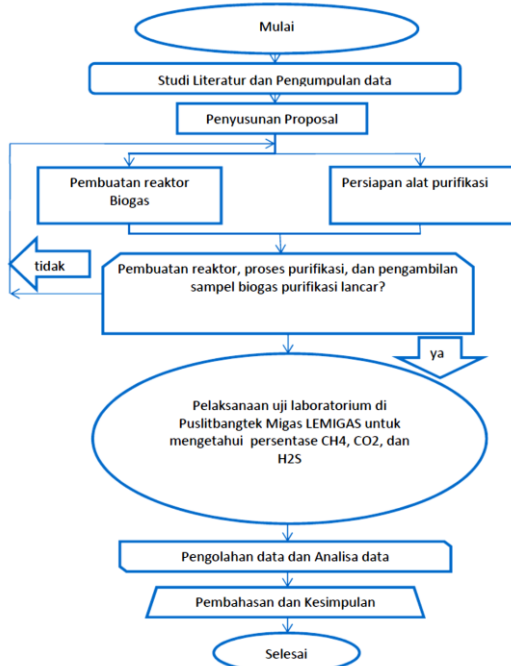
Exchange berfungsi untuk perpindahan antara *molecular sieve* yang beregenerasi dan molecular sieve yang sedang bekerja. Pada tahap *exchange* ini *molecular sieve* bergantian secara otomatis, dimana *molecular sieve* yang beregenerasi akan berpindah menjadi *molecular sieve* yang bekerja (*MS work*) sedangkan molecular sieve yang bekerja akan berpindah menjadi molecular sieve regenerasi dan dibutuhkan waktu sekitar 1100 detik.

e) *Unload*

Unload berfungsi untuk penurunan tekanan pada *molecular sieve* yang baru beregenerasi dengan waktu sekitar 480 detik dan tekanan 0 Mpa.

2. METODOLOGI PENELITIAN

1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Diagram Alir

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu suatu metode yang digunakan untuk menguji pengaruh karbon *molecular sieve* terhadap kualitas pemurnian biogas.

Dalam penelitian ini, proses pemurnian biogas dilakukan dengan sistem penyerapan absorpsi kandungan gas karbon dioksida (CO₂) dan *hidrogen sulfida* (H₂S) menggunakan karbon *molecular sieve*. Biogas disirkulasikan dari media penampung (*gas bag*) ke alat purifikasi (*purifier*) untuk menyerap gas CO₂ dan H₂S menggunakan karbon *molecular sieve*.

Dalam rangkaian reaktor biogas ini tekanan tiap bagian adalah sama, diawali dari drum digester menuju kompor. Untuk itu akan dilakukan pengecekan tekanan digester secara harian dari hari 1 sampai hari ke 40. Sedangkan untuk mengetahui persentase CH₄, CO₂, dan H₂S akan dilakukan dengan mengambil sampel gas sebelum dan sesudah

purifikasi menggunakan tedlar bag volume 1 liter dan dilakukan uji laboratorium kimia di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi (Puslitbangtek Migas) LEMIGAS. Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini antara lain variabel bebas berupa bentuk purifier yang menyerupai balok dengan dimensi 140 mm x 140 mm x 360 mm dengan material aluminium dan akrilik serta menggunakan *adsorban* berupa *molecular sieve* berdiameter 2 mm dengan waktu pemurnian divariasikan 15; 30; 45 dan 60 menit. Sedangkan variabel terikat yang diamati adalah prosentase kandungan biogas (CH₄, CO₂, dan H₂S) sebelum dan pasca purifikasi.

3. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada salah satu rumah penduduk (Bpk. Khoirul Munabidin) di Desa Kedung Dalem Kecamatan Mauk Kabupaten Tangerang Banten.

Penelitian untuk mengetahui persentase CH₄, CO₂, dan H₂S biogas sebelum dan sesudah purifikasi dilakukan setelah reaktor dan alat purifikasi biogas selesai dikerjakan dan diambil sampel untuk diuji di Laboratorium (Puslitbangtek Migas) LEMIGAS di Cipulir.

Penelitian ini dilaksanakan selama kurang lebih 6 bulan pada bulan Maret 2017 – Agustus 2017.

4. Alat dan Bahan Penelitian

Agar penelitian dapat dilakukan dengan baik, maka dalam hal ini dibutuhkan beberapa alat dan bahan yang dapat mendukung jalannya penelitian. Adapun alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

a). Alat-alat

- 1) Cangkul, martil, pahat besi, gergaji besi, penggaris, meteran, waterpass, las listrik, gerinda tangan, sekrup, baut, mur, obeng, dan sekop.
- 2) Drum digester, berfungsi untuk mengolah kotoran ternak.
- 3) Gas bag, berfungsi sebagai media penampungan gas.
- 4) Manometer U, untuk mengukur tekanan gas.
- 5) Purifier, berfungsi sebagai alat purifikasi gas.

- 6) *Water trap* (botol plastik isi kapur tulis), berfungsi sebagai alat untuk mengurangi uap air (H₂O) pada gas.
- 7) Kompor gas, digunakan untuk menguji gas yang dihasilkan.
- 8) Selang plastik, digunakan untuk mengalirkan gas.
- 9) Ember, digunakan untuk mengangkut kotoran ternak sapi.
- 10) Keran gas, untuk mengalirkan gas.
- 11) Sambungan pipa jenis L dan T, digunakan untuk menyambung pipa pada drum digester (reaktor biogas).
- 12) Lem, digunakan untuk merekatkan sambungan pada pipa.
- 13) Tedlar bag, digunakan untuk menyimpan sampel biogas yang akan digunakan untuk keperluan uji laboratorium.

b) *Bahan*

- 1) Kotoran ternak sapi dan air sebagai bahan utama biogas.
- 2) Aluminium dan akrilik untuk pembuatan alat purifikasi (purifier).
- 3) *Molecular sieve* sebagai adsorban pengikat CO₂ dan H₂S.

c) *Tahap Penelitian dan Prosedur Pengujian*

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah untuk mengetahui pengaruh purifikasi *molecular sieve* terhadap pemurnian biogas.

Tahap prosedur yang dilakukan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

d) *Tahap Pembuatan Alat Purifikasi Biogas*

Tahap pembuatan alat purifikasi biogas dilakukan dengan proses pemesinan dengan material plat aluminium dengan ketebalan 6,1 mm dan plat akrilik tebal 4 mm. Plat aluminium yang sudah diproses mesin dibuat menjadi ukuran 360 x 140 mm sejumlah 4 pcs dan disusun hingga membentuk balok. Pada bagian dinding *purifier* dimodifikasi dengan akrilik agar mudah dalam mengamati kondisi *molecular sieve* yang berada didalamnya nanti.

e) *Tahap Penyiapan Molecular Sieve*

Tahap penyiapan *molecular sieve* dilakukan dengan membeli di toko kimia.

f) *Tahap Pemurnian Biogas*

Tahap pemurnian biogas ini yang perlu diperhatikan adalah reaktor biogas, saluran pipa, dan alat purifikasi terjadi kebocoran atau tidak, agar hasil penelitian tidak mengalami masalah.

g) *Pengujian Komposisi Biogas*

Pengumpulan biogas dari reaktor biogas ditampung ke tedlar bag. Biogas yang sudah dan belum dipurifikasi kantong biogasnya dipisah. Ada 5 kantong biogas yang akan di uji komposisinya, 4 kantong sudah dipurifikasi dan 1 kantong belum dipurifikasi. Tahap pengujian komposisi biogas ini dilakukan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi (Puslitbangtek Migas) LEMIGAS.

h) *Akhir Pengambilan Data*

Setelah proses pengujian dan pengambilan data selesai, langkah selanjutnya adalah merekap, menyimpan data penelitian, dan melakukan analisa. Sehingga akan diketahui perbandingan kualitas biogas yang dipurifikasi dengan biogas tanpa purifikasi.

4. HASIL PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

Digester biogas ini terbuat dari bahan yang murah dan mudah didapat, yaitu terbuat dari tangki drum plastik HDPE (*High Density Polyethylene*) yang biasa digunakan sebagai tempat penyimpanan air.

Dalam memonitor pengaruh proses terjadinya gas didalam digester terhadap drum HDPE dan bagian bagian sambungan-sambungan yang dilakukan adalah pengecekan digester secara harian dari hari 1 sampai hari ke 40.

Hari	Item part												Keterangan
	Bentuk		Valve input		Valve out put gas		Valve level		Valve drain		Tutup Dop		
	Bersih	Tidak	Bocor	Tidak	Bocor	Tidak	Bocor	Tidak	Bocor	Tidak	Bocor	Tidak	
1	-	√	-	√	-	√	-	√	-	√	-	√	
2	-	√	-	√	-	√	-	√	-	√	-	√	
3	-	√	-	√	-	√	-	√	-	√	-	√	
4	-	√	-	√	-	√	-	√	-	√	-	√	
5	-	√	-	√	-	√	-	√	-	√	-	√	
6	-	√	-	√	-	√	-	√	-	√	-	√	Dilakukan penambalan

Gambar 5. Contoh cek sheet harian.

Dari monitoring *check sheet* harian kemampuan digester berbahan plastik HDPE sudah sangat bagus. Melihat data dari tabel hanya pada hari ke tujuh yang terjadi masalah

pada kebocoran pada *valve drain* dan itu hanya kebocoran kecil (rembesan) hal itu bisa disebabkan karena kurang telitian waktu pengeleman.

Setelah hasil sampel pemurnian biogas diteliti oleh penguji di laboratorium gas LEMIGAS dalam waktu sekitar 3 hari, akhirnya didapat hasil yang menunjukkan data kandungan presentase komposisi sebelum dan setelah purifikasi. Data prosentase kandungan CO₂, CH₄ dan H₂S dalam biogas tanpa mengalami purifikasi ditampilkan dalam tabel 1. Berikut ini.

Tabel 1 Komposisi Biogas Sebelum Purifikasi

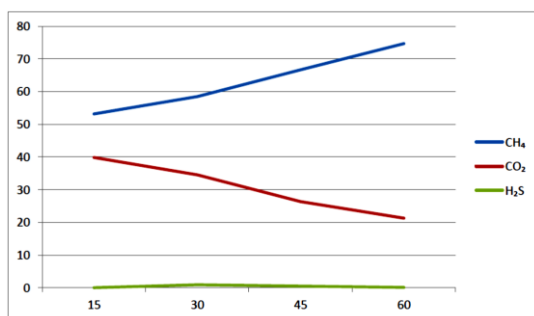
Gas	Percobaan			Rata-rata(%)
	1	2	3	
CH ₄	47.3	49.6	48.6	48.5
CO ₂	42.6	45.3	43.5	43.8
H ₂ S	1.7	1.9	1.8	1.8

Sedangkan data rata-rata kandungan CO₂, CH₄, dan H₂S dalam biogas pasca purifikasi ditampilkan dalam tabel 2 dan 3 berikut.

Tabel 2 Data Rata-Rata Kadar CO₂, CH₄, dan H₂S Biogas Pasca Purifikasi.

Gas	Waktu (menit)			
	15	30	45	60
CH ₄	53.2%	58.5%	66.7%	74.7%
CO ₂	39.8%	34.5%	26.3%	21.3%
H ₂ S	1.5%	0.9%	0.45%	0.05%

Dari data pada tabel 4.3 selanjutnya diolah dan ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara waktu purifikasi terhadap kadar CH₄, CO₂, dan H₂S dalam biogas sebagaimana gambar 6.



Gambar 6 Grafik Persentase Kadar Biogas Pasca Purifikasi Biogas Pasca Purifikasi.

Dari gambar tersebut diketahui bahwa dengan semakin lama waktu kontak antara

molecular sieve dan biogas menyebabkan kandungan CO₂ dan H₂S dalam biogas semakin menurun. Waktu purifikasi paling efektif mengadsorbsi CO₂ dan H₂S pada purifikasi biogas menggunakan molecular sieve dalam penelitian ini dengan waktu 60 menit. Sedangkan untuk kadar gas CH₄ kecenderungannya meningkat dengan waktu purifikasi yang semakin lama.

Dalam proses purifikasi ini, gas CO₂ dan H₂S teradsorbsi dalam molecular sieve menempati pori-pori dalam molecular sieve sehingga tidak menimbulkan reaksi penguapan molecular sieve yang berdampak pada perubahan warna nyala api. Karena terbukti nyala api biogas pasca purifikasi molecular sieve tetap berwarna biru.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, analisis data dan pembahasan selanjutnya dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Dengan berkurangnya kadar H₂S pada biogas yang telah dipurifikasi dengan demikian dapat disimpulkan bahwa biogas ini sudah tidak berbau seperti saat sebelum dipurifikasi.
2. Karbon molecular sieve terbukti cukup efektif dalam mempurifikasi biogas dari kotoran sapi ini, *molecular sieve* ini mampu mengikat CO₂ dan H₂S yang cenderung mengurangi kualitas biogas dengan sangat baik.
3. Waktu purifikasi yang semakin lama dari 15 menit sampai 60 menit pada purifier berdimensi dalam 127.8 x 127.8 x 360 mm dengan adsorber molecular sieve menyebabkan prosentase CO₂ dan H₂S dalam biogas semakin menurun dan prosentase CH₄ dalam biogas semakin meningkat. Rata-rata kandungan CO₂ terendah adalah 21,3%, dan kandungan H₂S turun menjadi 0,05%, sedangkan rata-rata kandungan CH₄ tertinggi sebesar 74,70% yang didapatkan pada purifikasi dengan waktu 60 menit. Dari perbandingan antara purifikasi sistem kontinyu dan non-kontinyu adalah bahwa, purifikasi sistem non kontinyu menghasilkan penurunan kadar CO₂ dan H₂S yang lebih efektif dan peningkatan kadar CH₄ yang lebih tinggi dari pada sistem kontinyu.

DAFTAR PUSTAKA

- Ginting S., 1978, *Teknologi Gas Bio, Pusat Teknologi Pembangunan*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Setiawan, A.I., 2008, *Memfaatkan Kotoran Ternak Solusi Masalah Lingkungan Dan Pemanfaatan Energi Alternatif*, PT. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Herlina dkk, 2010, *Pengolahan Limbah Organik Menjadi Biogas, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro*, Semarang.
- Kumar, S. 2012. *Biogas. Rijeka: InTech*
- Arthur Kohl, Richard Nielsen. 1997. *Gas Purification*. Houston: Gulf Publishing Company.
- Divyang Shah, Hemant Nagarseth. *Low Cost Biogas Purification System for Application Of Bio CNG As Fuel For Automobile Engines*. IJSET Vol 2 No 6 Juni 2015. ISSN 2348-7968.
- Hairian Rahmadi, Sudirman. *Pengaruh Pemberian Water Trap Pada Biogas Terhadap Warna Nyala Api*. JTM Volume 14 Nomor 01 Tahun 2014, 51-52.
- Sigit Jatmiko, 2015, *Karakteristik Thermal Biogas Yang Dipurifikasi Larutan KOH 4 (Empat) Molaritas Dibandingkan Dengan Biogas Tanpa Purifikasi*, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Jember.