

PEMANFAATAN KARBON AKTIF LIMBAH KELAPA SAWIT SEBAGAI MEDIA ALTERNATIF FILTER GAS H₂S PADA BIOGAS

Hegar Partogy Ambarita, Saparin, Eka Sari Wijianti

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung

Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung Merawang

Kabupaten Bangka

Email : saparinpdca@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan memurnikan biogas dari gas pengotor yaitu H₂S (hydrogen sulfide) yang apabila memiliki kandungan yang tinggi atau tidak dihilangkan bisa menyebabkan keracunan, mengurangi proses pembakaran serta dapat merusak komponen-komponen permesinan sehingga menjadi korosif. Beberapa penelitian dengan berbagai macam teknologi pemurnian telah dikembangkan yaitu metode absorbs dengan memakai berbagai macam absorbent. Salah satu absorbent yang digunakan adalah karbon aktif yang berasal dari limbah kelapa sawit yaitu cangkang kelapa sawit dan fiber dengan komposisi 75% dan 25% yang mengalami proses pembakaran didalam tungku boiler sampai suhu 1400°C, hasil dari pembakaran inilah yang akan menghasilkan karbon aktif untuk digunakan sebagai absorbent gas pengotor biogas. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan filter furifikasi atau bisa disebut dry filter. Metode ini di nilai sangat efektif untuk menyerap kandungan gas H₂S dalam biogas. Untuk mengetahui efektifitas penyerapan, maka dilakukan penambahan karbon aktif pada dry filter. Percobaan dilakukan dengan cara menyemprotkan Gas H₂S melalui media filter yang telah dibuat. Hasil percobaan menunjukkan penggunaan karbon aktif pada dry filter dapat mengurangi kadar H₂S sebesar 90%.

Kata Kunci: Biogas, Karbon aktif, adsorbs, limbah kelapa sawit.

ABSTRACT

This study aims to purify biogas from impurities gas, namely H₂S (hydrogen sulfide) which, if it has a high content or is not removed can cause poisoning, reduce the combustion process and can damage the machining components so that it becomes corrosive. Several studies with various purification technologies have been developed, namely the method of absorbs by using various types of absorbent. One of the absorbents used is activated carbon derived from palm oil waste, which are oil palm shells and fibers with a composition of 75% and 25% that undergo combustion processes in a boiler furnace to a temperature of 1400°C, the result of this combustion will produce activated carbon to be used as absorbent gas biogas impurities. This research was conducted using furification filters or can be called dry filters. This method is considered very effective for absorbing H₂S gas content in biogas. To determine the effectiveness of absorption, then the addition of activated carbon to the dry filter is carried out. The experiment was carried out by spraying H₂S gas through a filter media that had been made. The experimental results show the use of activated carbon in the dry filter can reduce H₂S levels by 90%.

Keywords: Biogas, activated carbon, adsorbs, palm oil waste.

PENDAHULUAN

PT. Bangka Biogas Synergy adalah salah satu unit operasional yang bergerak di bidang pembangkit listrik yang proses produksinya mengacu pada peraturan pengolahan limbah dengan pemanfaatan limbah cair industri sawit untuk

energy. Pada proses produksi terdiri dari beberapa proses, yaitu proses *Anaerobic Digester*, *Gas Scrubber*, *Chiller Dryer with HE*, *Gas Blower*, *Caterpillar CG170-20 1X2 MW*, yang energi listriknya di distribusikan ke PLN kemudian distribusikan ke konsumen.

Pada proses mesin kadar H₂Snya tidak stabil. Tidak stabilnya H₂S mengakibatkan kurang maksimalnya kinerja pada ruang bakar mesin,

apabila kadar dari H_2S meningkat dapat mengakibatkan gas CH_4 menjadi turun, hasilnya mesin bisa mengalami *knocking* dan akibatnya sangat berbahaya terhadap komponen pada mesin, selain itu juga kandungan H_2S apabila terus menerus masuk kedalam *engine* berakibat komponen didalam *engine* akan mengalami korosi.

Di PT Bangka Biogas Synergy sering terjadi permasalahan mengenai tingginya kadar H_2S . Hal ini tentu mengakibatkan Gas metana (CH_4) drop, yang dimana harapannya gas metana yang dihasilkan itu berkisar 60%. Kemudian dari pada itu juga masalah H_2S yang tinggi dapat mempengaruhi kondisi didalam *engine*. Salah satu metode yang digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan cara mereduksi kadar Hidrogen Sulfida (H_2S) dengan metode Filtrasi. Penerapannya yaitu menggunakan *Dry Filter* (Penyaringan Kering). Prinsipnya gas masuk ke dalam Filter dan melewati media yang terdapat pada *Dry Filter*, kemudian gas-gas pengotor akan di serap oleh media tersebut seperti H_2S . Untuk mengetahui apakah H_2S terfilter dengan baik yaitu dengan cara melakukan pengecekan rutin setiap 4 jam sekali dalam sehari, menggunakan Gas Analyzer.

Ketetapan kadar H_2S yang mampu disaring menggunakan *Dry Filter* mencapai 75%. Untuk perawatannya, yaitu dilakukan setiap 4 bulan sekali. Namun pada praktiknya hasil efisiensi dari *Dry Filter* tidak stabil, dan bahkan hampir di bawah < 50%. Apabila hasil efisiensi dibawah 50% maka dilakukan perbaikan seperti pembongkaran dan penggantian media yang baru untuk mengembalikan efisiensi *Dry Filter*.

Oleh karena itu diperlukan media filter yang mampu mereduksi kadar H_2S yang terdapat pada Gas CH_4 agar proses pembakaran pada mesin semakin baik dan kondisi dari komponen mesin pun bisa terjaga. Salah satu cara untuk mengatasi hal ini adalah dengan memanfaatkan limbah-limbah sawit yaitu cangkang, *fiber* dan karbon aktif (arang boiler) yang digunakan sebagai media filter yang prinsipnya seperti model saringan-saringan pada umumnya

Tabel 1 Data Efisiensi Dry Filter [9]

Tanggal	Waktu	AWF	ADF	Efisiensi %
20/06/19	10.00 WIB	749	462	38%
	14.00 WIB	1410	1015	28%
21/06/19	10.00 WIB	789	590	25%
	14.00 WIB	1144	704	38%

Sumber : Buku Harian PT Bangka Biogas Synergy. 2019

Karbon Aktif

Karbon aktif adalah karbon tak berbentuk yang diolah secara khusus untuk menghasilkan luas permukaan yang sangat besar, berkisar antara 300-2000 m^2 /gr. Luas permukaan yang besar dari struktur dalam pori-pori karbon aktif dapat dikembangkan, struktur ini memberikan kemampuan karbon aktif menyerap (adsorb) gas-gas dan uap-uap dari gas dan dapat mengurangi zat-zat dari liquids [6]. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap karbon aktif sangat besar, yaitu 25-100% terhadap berat karbon aktif [12].



Gambar 1 Karbon Aktif

Perusahaan Putra Bangka Mandiri (PBM), adalah pengelola kelapa sawit hingga menjadi minyak kelapa sawit. Dalam proses produksi kelapa sawit juga menghasilkan limbah yang jika tidak diolah maka akan menjadi permasalahan lingkungan. Limbah-limbah tersebut adalah cangkang, jangkos fiber. Cara pengelolaan limbah tersebut dilakukan pada fiber dan cangkang sebagai bahan bakar untuk menghidupkan mesin uap. Terlepas dari itu semua, hasil pembakaran dari fiber dan cangkang, masih meninggalkan limbah, itulah yang disebut Arang Arang Boiler (Karbon Aktif). Fiber dan Cangkang tersebut di bakar, komposisi yang digunakan adalah 75% (fiber) dan 25% cangkang. Pada proses pembuatan karbon aktif Limbah, suhu pada ruangan steam dijaga hingga 1400°C, kemudian hasil pembakaran akan menghasilkan uap dan sisa-sisa pembakaran berupa (Arang Boiler). Tekanan yang di hasilkan selama pembakaran sebesar 23 bar (300psi) yang akan di salurkan ke turbin uap untuk memutar turbin dengan putaran 5400 rpm. Dari turbin ini mampu membangkitkan energi listrik sebesar 1Mw, dan energi listrik ini di distribusikan untuk listrik perusahaan tersebut.

Fungsi Karbon Aktif

Pada umumnya karbon/arang aktif digunakan sebagai bahan pembersih, dan penyerap,

juga digunakan sebagai bahan pengemban katalisator. Pada industri karet ban arang aktif yang mempunyai sifat radikal dan serbuk sangat halus, digunakan sebagai bahan aditif kopolimer.

1. Karbon aktif berfungsi sebagai filter untuk menjernihkan air.
2. Karbon aktif berfungsi sebagai adsorben pemurnian gas.
3. Karbon aktif berfungsi sebagai filter industri minuman.
4. Karbon aktif berfungsi sebagai penyerap hasil tambang dalam industri pertambangan.

Proses Pembuatan Karbon Aktif

Secara umum proses pembuatan karbon aktif terdiri dari tiga tahap yaitu:

1. Dehidrasi

Dehidrasi ialah proses penghilangan kandungan air didalam bahan baku dengan cara pemanasan didalam oven dengan temperatur 170°C. Pada suhu sekitar 275°C terjadi dekomposisi karbon dan terbentuk hasil seperti tar, methanol, fenol dan lain-lain. Hampir 80% unsur karbon yang diperoleh pada suhu 400-600°C [14].

2. Karbonisasi

Karbonisasi adalah suatu proses dimana unsur-unsur oksigen dan hidrogen dihilangkan dari karbon dan akan menghasilkan rangka karbon yang memiliki struktur tertentu. Hesseler berpendapat bahwa untuk menghasilkan arang yang sesuai untuk dijadikan karbon aktif, karbonisasi dilakukan pada temperatur lebih dari 400°C akan tetapi hal itu juga tergantung pada bahan dasar dan metoda yang digunakan pada aktivasi.

Aktivasi

Karbonisasi Aktivasi adalah perubahan secara fisik dimana luas permukaan dari karbon meningkat dengan tajam dikarenakan terjadinya penghilangan senyawa tar dan senyawa sisa-sisa pengarang [13]. Proses aktivasi menghasilkan karbon oksida yang tersebar dalam permukaan karbon karena adanya reaksi antara karbon dengan zat pengoksidasi [5]. Tujuan utama dari proses aktivasi adalah menambah atau mengembangkan volume pori dan memperbesar diameter pori yang telah terbentuk pada proses karbonisasi serta untuk membuat beberapa pori baru.

Adsorpsi

Adsorpsi adalah peristiwa penyerapan pada permukaan suatu adsorben, misalnya adsorpsi zat padat terhadap gas atau zat cair. Zat yang teradsorpsi disebut sebagai adsorbat dan zat pengadsorpsi disebut adsorben [4]. Adsorpsi adalah salah satu proses penyerapan dimana suatu cairan atau gas akan terikat pada suatu padatan atau cairan (adsorben) dan membentuk.

Tabel 2 Jenis Absorpsi

Jenis	Penyebab	Contoh
Adsorpsi Fisika	Terjadi ketika gaya tarik molekul antara larutan dan permukaan media lebih besar daripada gaya tarik substansi terlarut dan larutan, maka substansi terlarut akan diadsorpsi oleh permukaan media	Adsorpsi oleh zeolit, silika gel, dan karbon aktif. Aktivasi karbon aktif
Adsorpsi Kimia	Terjadi ketika terbentuknya ikatan kimia antara substansi terlarut dalam larutan dengan molekul dalam media	<i>Metal hydride, calcium sholide, dan Ion exchange</i>

Sumber: tugas makalah pp1 absorpsi dan adsorpsi

METODE PENELITIAN

Penelitian bersifat eksperimental dan dilakukan di PT Bangka Biogas Synergy. Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi persiapan dan pembuatan prototype dry filter kemudian melakukan pengujian alat serta menganalisa kandungan H₂S pada biogas dengan menggunakan metode filtrasi menggunakan karbon aktif. Parameter dalam penelitian adalah perubahan kadar H₂S yang terkandung dalam biogas melalui keluaran filter. Dari hasil keluaran gas ini maka diketahui apakah Karbon Aktif memiliki efisien yang baik apabila dijadikan media alternative pada dry Filter.

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT Bangka Biogas Synergy di mulai pada tanggal 10 – 25 Juni 2019 dan pengujian dilakukan di stasiun *biogas dry system*.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain: *gas analyzer*, pipa paralon PVC, tutup pipa, pentil ban, selang bensin, lem pipa, kunci pas, gunting. Bahan yang digunakan antara lain: karbon aktif, fiber, dan cangkang.

Skema dan Komposisi Alat Uji

Pada proses pengujian alat yaitu dengan memasukkan media seperti cangkang, *Fiber* dan Karbon aktif ke dalam *Prototype Dry Filter* dengan komposisi pada Tabel 2:

Tabel 3 Komposisi filter Gas H₂S

No	Media	Jumlah
1	Cangkang	200 gram
2	Fiber (Serabut)	100 gram
3	Arang Boiler	500 gram

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Prototype Dry Filter

Berikut ini proses pembuatan Prototype Dry Filter:

1. Siapkan Pipa Paralon PVC dengan diameter 3 inch, kemudian Potong dengan panjang pipa 220 mm.
2. Lubangi bagian tepi dinding pipa dengan ukuran diameter ¼.
3. Pasang pentil ban pada bagian yang dilubangi kemudian kecangkan menggunakan Kunci ring pas ukuran 12.
4. Kemudian tutup bagian dasar pipa menggunakan penutup pipa dengan melakukan pengeleman untuk menutupi dan merekatkan tutup pipa pada bagian pipa.
5. Kemudian lubangi tutup pipa berikutnya yang akan digunakan sebagai penutup dari pipa tersebut dengan ukuran ¼.
6. Pasang pentil ban pada penutup pipa yang sudah dilubangi tersebut

**Gambar 2 Prototype dry filter**

Efisiensi

Untuk mengetahui berapa efisiensi dari filter yang dipakai, maka diperlukan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi} = \frac{AB - DRY}{AB} \times 100 \% \dots\dots\dots (1)$$

Langkah Pengujian

1. Pastikan Alat-alat yang dibutuhkan sudah siap dan kondisi gas siap untuk dilakukan pengujian.
2. Kemudian Aktifkan terlebih dahulu Gas Analyzer dan lakukan *purging* (pembuangan)

selama 180 detik, tujuannya untuk membersihkan sisa gas yang terdapat pada Gas Analyzer seperti CH₄, H₂S, CO₂.

3. Langkah selanjutnya biogas diukur terlebih dahulu kadarnya dengan pengambilan sampel gas *biogas blower* dengan memasang selang yang ada pada Gas Analyzer pada pipa gas *biogas blower*.
4. Lakukan pengambilan sampel (waktu yang dibutuhkan untuk mengambil sampel yaitu selama 120 detik).
5. Kemudian catat hasil kandungan H₂S yang ditampilkan pada Gas Analyzer
6. *Purging* (pembuangan) kembali Gas Analyzer untuk membuang sisa hasil pengecekan gas.
7. Pengoperasian alat uji dengan cara memasang *prototype dry filter* pada saluran *biogas blower* yang disalurkan melalui *inlet dry filter* kemudian saluran *outlet* dipasangkan Gas Analyzer untuk melihat efisiensi dari *prototypedry filter*.
8. Lakukan pengujian dan catat hasil pengujian filter.
9. Untuk memperoleh data yang maksimal dan valid lakukan pengambilan data sebanyak 3 (tiga) untuk masing-masing sampel pengujian alat.

Hasil Pengujian Alat

1. Pengujian hari ke-1

Hasil pengujian alat pada perubahan kadar H₂S dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Keterangan : Kondisi *Engine Off* (Mati) atau *Collective Gas*

Tanggal : 20 Juni 2019

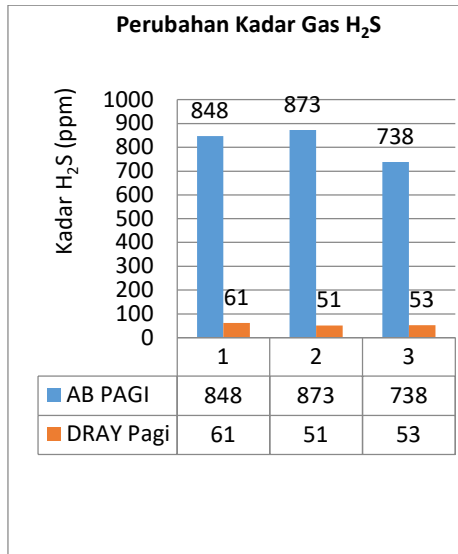
Waktu : 08.30 dan 13.00 WIB

Tabel 4 Hasil pengujian hari ke-1 (pagi)

No	AB (Awal)	DRY (Akhir)	Efisiensi %
	H ₂ S	H ₂ S	
1	380	52	86%
2	396	30	92%
3	425	33	92%

Tabel 5 Hasil pengujian hari ke-1 (siang)

No	AB (Awal)	DRY (Akhir)	Efisiensi %
	H ₂ S	H ₂ S	
1	797	54	93%
2	979	47	95%
3	988	47	95%



Gambar 3 Grafik hasil kadar H₂S pada AB dan DRY hari ke-1

Pada gambar 3, terlihat pengaruh penggunaan karbon aktif dari limbah cangkang kelapa sawit terhadap daya serap Hidrogen Sulfida (H₂S). Kandungan H₂S pada gas yang dihasilkan pada biogas PT Bangka Biogas Synergy setelah melalui *After Blower* (AB) dengan angka rata-rata yaitu 400 ppm, namun setelah melalui proses *Dry Filter* Karbon Aktif, kadar H₂S mengalami penurunan dengan angka rata-rata 38 ppm, artinya efisien dari *Prototype Dry Filter* (DRY) mencapai 91%. Kemudian pengambilan data juga dilakukan pada siang hari, pukul 13.00 WIB, dengan hasil pengujian setelah melalui *After Blower* (AB) yaitu dengan angka rata-rata 921 ppm, dan kadar H₂S mengalami penurunan dengan hasil pengujian menggunakan *Dry Filter* dengan angka rata-rata 49 ppm, artinya efisiensi dari alat ini sebesar 95%.

2. Pengujian hari ke-2

Hasil pengujian pada hari kedua di informasikan pada Tabel 5.

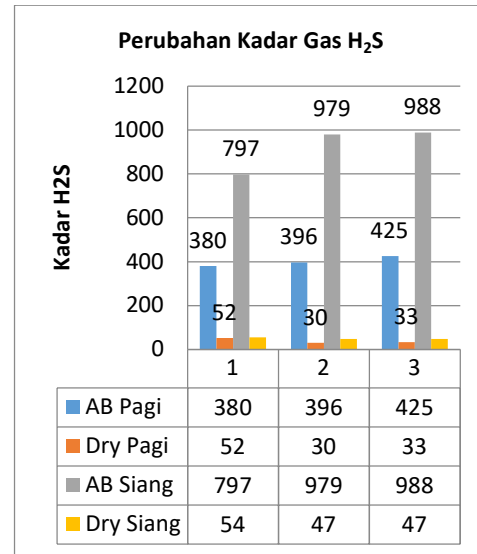
Keterangan : *Engine Off* dan Perbaikan *Wet Filter*

Tanggal : 21 Juni 2019

Pukul : 08.30 WIB

Tabel 6 Hasil pengujian hari ke-2

No	AB (Awal) H ₂ S	DRY (Akhir) H ₂ S	Efisiensi %
1	848	61	93%
2	873	51	94%
3	738	53	93%



Gambar 4 Grafik hasil kadar H₂S AB dan *prototype Dry Filter* hari ke-2

Dari Tabel 5 dan Gambar 4 dapat diketahui juga bahwa kadar H₂S awal setelah pengambilan sampel gas yang diperoleh dengan pengambilan sampel di AB (*After Blower*) yaitu dengan rata-rata 819 ppm, namun setelah menggunakan *Prototype Dry Filter* hasil kadar H₂S mengalami penurunan dengan angka rata-rata 55 ppm, dengan efisiensi 93%.

3. Hasil pengujian hari ke-3

Hasil Pengujian pada hari ke-3 diinformasikan pada Tabel 6.

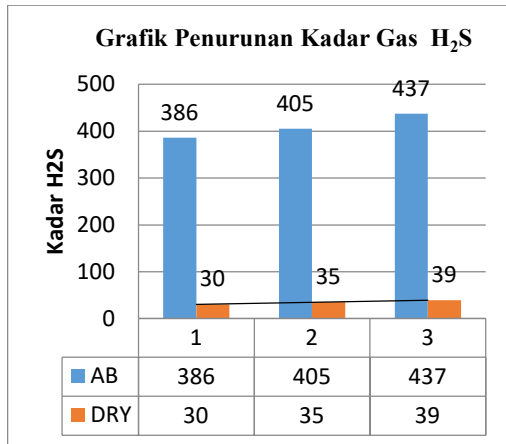
Keterangan : *Engine ON*, Perbaikan *Wet Filter* dan *Injection Oksigen*

Tanggal : 22 Juni 2019

Waktu : 08.30 WIB

Tabel 7 Hasil pengujian hari ke-3

No	AB (Awal) H ₂ S	DRY (Akhir) H ₂ S	Efisiensi %
1	386	30	92%
2	405	35	91%
3	437	39	91%



Gambar 5 Grafik hasil kadar H₂S AB dan prototype DRY hari ke-3

Dari Tabel 6 dan Gambar 5 dapat diketahui bahwa kadar H₂S awal dengan pengambilan sampel pada AB (*after blower*) yaitu dengan angka rata-rata 409 ppm, namun setelah menggunakan Prototype *Dry Filter*, kadar H₂S mengalami penurunan dengan angka rata-rata 35 ppm, dengan efisiensi 91%.

4. Hasil pengujian hari ke-4

Hasil Pengujian pada hari berikutnya di informasikan pada Tabel 7.

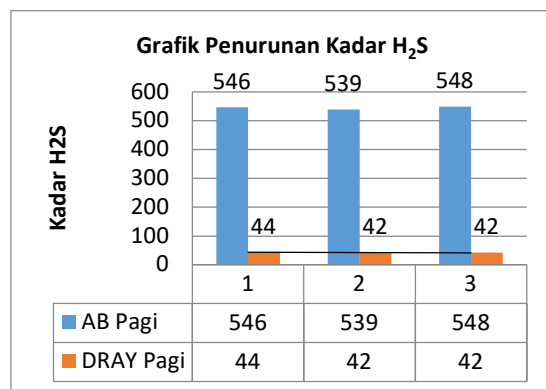
Keterangan : *Engine ON* dan *Injection Oksigen*

Tanggal : 24 Juni 2019

Waktu : 08.30 WIB

Tabel 8 Hasil pengujian hari ke-4

No	AB (Awal) H ₂ S	DRY (Akhir) H ₂ S	Efisiensi %
1	546	44	92%
2	539	42	91%
3	548	42	92%



Gambar 6 Grafik hasil kadar H₂S AB dan prototype dry filter hari ke-4

Dari Tabel 7 dan Gambar 6, dapat diketahui bahwa kadar H₂S awal yaitu dengan rata-rata 544 ppm, namun setelah menggunakan Prototype *Dry Filter* kadar H₂S mengalami penurunan dengan angka rata-rata 43 ppm, dengan efisiensi 92%.

1. Hasil Pengujian ke-5

Hasil Pengujian pada hari berikutnya di informasikan pada Tabel 8 dan Tabel 9

Keterangan : *Engine ON* dan *Injection Oksigen*

Tanggal : 25 Juni 2019

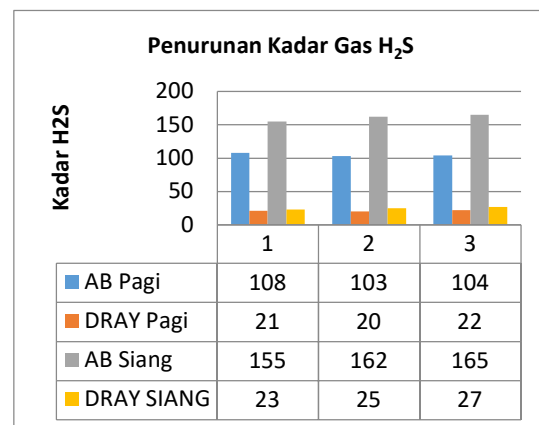
Waktu : 08.30 WIB dan 13.00 WIB

Tabel 9 Hasil Pengujian hari ke-5 (pagi)

No	AB (Awal) H ₂ S	DRY (Akhir) H ₂ S	Efisiensi %
1	108	21	81%
2	103	20	81%
3	104	22	79%

Tabel 10 Hasil Pengujian hari ke-5 (siang)

No	AB (Awal) H ₂ S	DRY (Akhir) H ₂ S	Efisiensi %
1	155	23	85%
2	162	25	85%
3	165	27	84%



Gambar 7 Grafik hasil kadar H₂S AB dan prototype dry filter hari ke-5

Dari Tabel 8 dan Tabel 9 dan Gambar 7 dapat diketahui bahwa kadar H₂S awal pada pengambilan sampel di AB (*After blower*) pada pagi hari yaitu dengan rata-rata 105 ppm, namun setelah menggunakan Prototype *Dry Filter* kadar H₂S mengalami penurunan dengan angka rata-rata 21 ppm, dengan efisiensi 80%. Kemudian pengujian

dilakukan pada siang hari memperoleh data awal yaitu kadar H_2S rata-rata 160 ppm, kemudian setelah menggunakan *Dry Filter* kadar H_2S mengalami penurunan dengan angka rata-rata 25 ppm atau dengan efisiensi mencapai 84%.

KESIMPULAN

Pemurnian biogas dari gas Hidrogen Sulfida (H_2S) dengan metode *Dry Filter* telah dilakukan. Prosesnya adalah dengan pemanfaatan limbah dari Pabrik Kelapa Sawit (PKS) seperti Cangkang kelapa sawit, *fiber*, dan Karbon Aktif. Dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa limbah kelapa sawit dapat menjadi media filter gas H_2S . Penambahan karbon aktif juga sangat efektif meningkatkan daya serap H_2S , dimana efisiensi yang diperoleh dengan rata-rata 90%. Hal ini menunjukkan bahwa karbon aktif sangat baik jika diaplikasikan sebagai media alternative karena mampu menyerap Gas H_2S pada *Prototype Dry Filter* secara optimal.

SARAN

Berdasarkan kesimpulan diatas dapat diajukan saran yang dapat menjadi bahan pertimbangan di kemudian hari sebagai berikut:

1. Penggunaan karbon aktif sebagai salah satu solusi permasalahan H_2S pada biogas dengan cara substitusi kompos menggunakan karbon aktif (Arang Boiler) atau pencampuran kompos dan karbon Aktif untuk media *Dry Filter*.
2. Penelitian ini sangat terbatas hanya berskala laboratorium, maka untuk implementasinya perlu penelitian lebih lanjut.
3. Untuk Penelitian selanjutnya diharapkan untuk memvariasikan jumlah karbon aktif yang digunakan untuk mengetahui perbandingan penyerapan Karbon Aktif terhadap Gas H_2S

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adamson, A. (1990). *Physical Chemistry of Surface, 5th ed.* New York: John Wiley & Sons.
- [2] Hassler. (1951). *Activated Carbon, Chemical*. New York.
- [3] IPCS. (1985,). *Hidrogen Sulfide*. Retrieved Juli 06, 2019, from H_2S : <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/who/ipc.pdf>
- [4] Kasmadi. (2002). *Kajian Sifat Adsorpsi Zeolit terhadap Zat Warna Sintesis Optimasinya*. Semarang: UNNES.
- [5] Kinoshita. (1988). *Carbon: Electrochemical and Physicochemical Properties*. New York: John Wiley & Sons.
- [6] Kirk, R. (1992). *Encyclopaedia of Chemical Technology*. New York: Interscience Publishing Inc.
- [7] Metty dkk. (2012). Pemurnian Biogas Dari Gas Pengotor Hidrogen Sulfida (H_2S) Dengan Memanfaatkan Limbah Geram Besi Proses Pembubutan. Bali: Universitas Udayana.
- [8] PROXSIS. (2017, Januari). *Bahaya H_2S Secara Umum dan Pengaruhnya Terhadap Manusia*. Retrieved Juli 04, 2019, from H_2S : (<https://oilandgasmanagement.net/bahaya-h2s/>)
- [9] PT BBS. (2017). Laporan Harian PT Bangka Biogas Synergi. Pangkalpinang: PT Bangka Biogas Synergi.
- [10] Pujiyanto. (2010). *Pembuatan Karbon Aktif Super dari Batubara dan Tempurung Kelapa*. Depok, Indonesia: Teknik Kimia.
- [11] R. Sudrajat dan Salim S. (1994). Petunjuk Teknis Pembuatan Arang Aktif. Bogor.
- [12] S, D. (2008). *Sifat arang aktif tempurung kemiri dan pemanfaatannya*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- [13] Shreve, R. N. (1977). *Chemical Process Industries*. Kogasha: McGrawHill.
- [14] Smisek, M Cerney, S . (1970). *Active Carbon : Manufacture, Properties And Application*. Amsterdam: Elsevier.