

# Pemurnian Biogas Dari Gas Pengotor Hidrogen Sulfida (H<sub>2</sub>S) Dengan Memanfaatkan Limbah Geram Besi Proses Pembubutan

Komang Metty Trisna Negara<sup>(1)</sup>, Tjokorda Gde Tirta Nindhia<sup>(2)\*</sup>, I Made Sucipta<sup>(3)</sup>,  
I Ketut Adi Atmika<sup>(4)</sup>, Dewa Ngakan Ketut Putra Negara<sup>(5)</sup>, I Wayan Surata<sup>(6)</sup>,  
A.A.I.A. Sri Komaladewi<sup>(7)</sup>.

<sup>1)</sup> Karya Siswa S2 Teknik Mesin Universitas Udayana  
Jl.Sudirman Denpasar 80323.Bali  
Email: metty@yahoo.com

<sup>2, 3, 4, 5, 6, 7)</sup> Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana,  
Kampus Bukit Jimbaran 80362 Bali  
Email: nindhia@yahoo.com

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah gram besi dari proses pembubutan untuk digunakan memurnikan biogas dari pengotor gas hydrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) dalam rangka mendukung promosi proses manufaktur dan industri tanpa limbah di dunia. Limbah gram besi dikumpulkan dan dipilih yang berbentuk spiral dan panjang. Karena gram besi tersebut masih memiliki tegangan sisa akibat pengerasan regang saat proses pembubutan maka proses pelunakan dilakukan terlebih dahulu sebelum dicetak menjadi billet. Setiap billet berukuran tebal 1 cm dan diameter 6 cm dengan berat 50 gram. Total billet yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebanyak 10 buah dengan berat 500gram. Proses pelunakan dilakukan dengan membakar gram besi sampai berwarna merah menyala dalam tungku. Selama proses ini besi akan beraksi dengan oksigen membentuk besi oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan jika saat proses oksidasi terdapat uap air maka akan terbentuk iron bog ore Fe(OH)<sub>3</sub>. Baik Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Fe(OH)<sub>3</sub> sangatlah reaktif terhadap H<sub>2</sub>S dengan demikian dapat bereaksi dengan H<sub>2</sub>S yang terdapat dalam biogas. Hasil penelitian menunjukkan limbah gram besi dapat digunakan untuk menurunkan kadar H<sub>2</sub>S dalam biogas.

**Kata kunci:** Hidrogen sulfide, Besi, Proses pembubutan, biogas

## Abstract

This research is intended to utilize waste steel chips from the process of turning (process in which lathe machine is used) for purification of biogas from the gas of hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S) contaminant to support the promotion of zero waste industrial and manufacturing process in the world. The waste of Iron chips is collected and selected. Only long and spiral like of iron chips that are useful for this purpose. Since the chips having residual stress due to strain hardening during turning process, then the annealing process should be done before compacting to form a billet. The thickness of the billet was 1 cm and 6 cm in diameter with weight 500 gram. The annealing process was carried out by burning the iron chip until reach the red color of fire. During the annealing process the iron inside the steel will react with oxygen to form iron oxide (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) and if during oxidation there is a water vapor in the air then the iron bog ore Fe(OH)<sub>3</sub> will be formed. Both of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Fe(OH)<sub>3</sub> are very reactive to H<sub>2</sub>S and therefore able to eliminate the H<sub>2</sub>S contaminant inside the Biogas. The billet is used as a filter and to be installed in the line of biogas distribution. The result indicate that the the iron chips is potential to be utilized to reduce the H<sub>2</sub>S contaminant in the biogas

**Key words:** hydrogen sulfide, steel, chips, turning process, biogas

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pemerintah Republik Indonesia sangat gencar mengkampanyekan pembangunan unit biogas bagi para peternak untuk mengatasi krisis energi. Gambar 1 adalah salah satu bantuan pemerintah bagi masyarakat peternak di Kabupaten Tabanan Bali. Namun penyempurnaan masih harus dilakukan di berbagai segi seperti misalnya digester biogas ini belum dilengkapi dengan alat untuk mengurangi kadar pengotor hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) sehingga karena biogas yang dihasilkan memiliki kadar H<sub>2</sub>S yang tinggi maka hal ini menyebabkan kompor yang digunakan untuk memasak cepat berkarat seperti tampak pada gambar 2. Disamping itu, biogas dengan kadar H<sub>2</sub>S jika digunakan untuk bahan bakar genset maka mesin akan cepat rusak karena menyebabkan korosi baik pada bagian dalam mesin genset maupun pada bagian luarnya, khususnya pada bagian knalpot seperti tampak pada gambar 3.

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah menciptakan alat untuk memurnikan biogas dari pengotor gas H<sub>2</sub>S dengan menggunakan bram besi atau serpihan besi yang diperoleh dari limbah pembubutan logam besi/baja. Gambar 3 adalah gram besi yang merupakan limbah dari proses pembubutan. Limbah ini biasanya dicairkan kembali, namun karena proses pembubutan itu sendiri terjadi pada suhu tinggi maka gram ini sebenarnya sudah merupakan hasil reaksi antara besi dengan oksida sehingga jika dicairkan kembali maka hasilnya tidak akan baik seperti logam aslinya. Untuk itu diperlukan usaha agar limbah gram besi hasil pembubutan ini dapat didaur ulang sebagai alat untuk memurnikan biogas dari pengotor gas H<sub>2</sub>S

\* Penulis korespondensi, phone 081794055539  
Email: Nindhia@yahoo.com.



Gambar 1. Sebuah unit digester biogas yang dibangun pemerintah di Kabupaten Tabanan, Bali



Gambar 2. Kasus korosi parah yang terjadi pada kompor dengan menggunakan bahan bakar biogas karena kandungan gas  $H_2S$  yang tinggi



Gambar 3. Kasus korosi parah terjadi pada genset menggunakan bahan bakar biogas akibat kandungan  $H_2S$  yang tinggi dalam biogas. Korosi terjadi pada ruang bakar dan knalpot



Gambar 3. Gram besi limbah dari proses pembubutan. Limbah ini sangat potensial untuk diolah menjadi alat untuk memurnikan bioas dari gas pengotor  $H_2S$

Urgensi penelitian adalah memurnikan biogas dari pengotor gas H<sub>2</sub>S akan berakibat pada proses pembakaran yang lebih sempurna yang tidak menyebabkan kerusakan korosi pada komponen yang digunakan. Hal lain adalah gas H<sub>2</sub>S merupakan gas beracun yang membahayakan yang harus diminimalkan kandungannya dalam biogas. Juga untuk pemakaian bigas bagi mesin pembakaran dalam, maka memurnikan dari kandungan pengotor gas H<sub>2</sub>S adalah merupakan keharusan karena jika tidak maka akan menyebabkan kerusakan ruang bakar pada mesin karena menurunkan kualitas minyak pelumas.

## 1.2 Tinjauan Pustaka

Hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) merupakan gas pengotor yang terdapat dalam gas-gas komersial. Hidrogen sulfida merupakan gas yang berbau dan mematikan serta sangat korosif bagi berbagai jenis logam, sehingga membatasi penggunaannya untuk bahan bakar pada mesin [2].

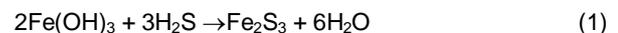
Hasil pembakaran gas yang mengandung H<sub>2</sub>S menghasilkan belerang dan asam sulfat yang sangat korosif terhadap logam. Kandungan H<sub>2</sub>S mencapai 200 ppm dapat menyebabkan kematian dalam waktu 30 menit. Standar keamanan dan kesehatan memberikan ijin maksimum pada tingkat 20 ppm. [2].

Gas hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) yang terkandung dalam gas hasil fermentasi mengurangi umur pakai (lifetime) dari sistem pemipaan pada instalasi yang menggunakan biogas. Gas ini juga beracun dan sangat korosif untuk sebagian besar jenis logam yang terbuat dari besi [1].

Jika Hidrogen sulfida yang terkandung dalam biogas terbakar maka akan berubah menjadi sulphur oksida yang akan menyebabkan korosi pada komponen yang terbuat dari logam dan membuat minyak pelumas mesin menjadi asam jika digunakan misalnya pada mesin CHP (combines heat and power generation). Agar dapat mencegah kerusakan yang ditimbulkan oleh hydrogen sulfida maka gas ini harus dihilangkan atau minimal dikurangi kandungannya [1].

Salah satu pertimbangan yang dapat dikembangkan untuk menghilangkan gas H<sub>2</sub>S dari biogas adalah dengan mempertimbangkan penggunaan reaksi penyerapan oleh gram atau serpihan besi. Dengan reaksi ini maka hydrogen sulfida akan diserap kedalam besi(III) hidroksida (Fe(OH)<sub>3</sub>) yang dikenal sebagai bijih besi bog (*bog iron ore*) atau diserap menjadi besi (III) oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Kedua system ini cara kerjanya mirip dan merupakan jenis penghilangan gas H<sub>2</sub>S dengan cara kering (*dry desulfurization processes*).

Dengan menggunakan proses kering ini maka H<sub>2</sub>S dikonversikan menjadi besi (III) hidroksida atau besi (III) oksida dan air berdasarkan Reaksi 1 dan 2:



## 2. METODE

Limbah gram besi seperti terlihat pada gambar 3 diatas dipilih yang berbentuk spiral dan panjang. Proses pelunakan (annealing) dilakukan dengan membakar pada suhu dimana gram besi terlihat merah membara ( $\approx 900^\circ\text{C}$ ) seperti terlihat pada gambar 4 dan dibiarkan menjadi dingin secara perlahan didalam tungku. Proses oksidasi terjadi pada proses pelunakan ini menghasilkan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan juga Fe(OH)<sub>3</sub>.



Gambar 4. Proses pelunakan limbah gram besi



Gambar 5. Gram besi yang telah mengalami proses pelunakan

Proses pelunakan menyebabkan gram besi tidak mengandung lagi tegangan sisa (residual stress) akibat proses pembubutan sehingga dapat dipres dan dicetak. Setiap billet berukuran tebal 1 cm dan diameter 6 cm dengan berat 50 gram seperti terlihat pada gambar 6.



Gambar 6. Limbah gram besi yang sudah dilunakkan dan dioksidasi selanjutnya dicetak menjadi billet.



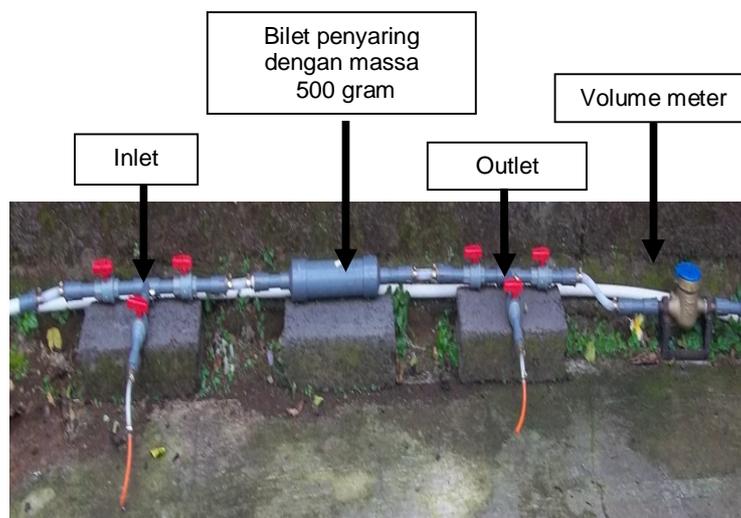
Gambar 7. Cetakan silinder

Proses pencetakan dilakukan dengan menggunakan cetakan berbentuk silinder seperti tampak pada gambar 7. Cetakan yang digunakan untuk membentuk gram besi menjadi billet terdiri dari bodi cetakan, cetakan penutup atas dan penutup bawah.



Gambar 8. Mesin tekan hidrolik

Mesin tekan hidrolik adalah alat yang digunakan sebagai pencetak gram besi untuk memperoleh bentuk dan ukuran yang sama besar. Untuk 1 cetakan billet digunakan tekanan hingga 2 ton. Total billet yang disiapkan dalam penelitian ini adalah sebanyak 10 buah dengan massa total 500 gram. Billet penyaring selanjutnya dimasukkan ke dalam pipa seperti tampak pada Gambar 9. Sistem rangkaian ini digunakan untuk proses pemurnian biogas dari gas  $H_2S$ .



Gambar 9. Gambar rangkaian yang digunakan untuk proses pemurnian biogas

Pada gambar 9. memperlihatkan gambar rangkaian yang digunakan untuk proses pemurnian biogas dari gas pengotor  $H_2S$ . Biogas dialirkan melewati billet gram besi dengan laju 0,4 liter/jam. Laju aliran ini merupakan rata-rata laju aliran instalasi biogas rumah tangga. Gambar inlet merupakan proses masukan biogas sebelum menuju billet penyaring, pada rangkaian *inlet* dilakukan pengambilan data dengan mencatat kandungan  $H_2S$  dalam biogas yang mengalir menggunakan alat ukur *PGas-21 Portable Gas Detector* seperti gambar 10. Selanjutnya biogas mengalir melewati billet penyaring. Billet penyaring inilah yang digunakan untuk menangkap kandungan gas pengotor  $H_2S$  dalam biogas sehingga biogas yang keluar dari billet penyaring sudah mengalami penurunan kadar  $H_2S$  dengan melakukan pengambilan data pada rangkaian *outlet* dengan alat ukur yang sama.

Volume gas yang disaring menggunakan *volume meter* seperti gambar 11. Volume meter ini digunakan sebagai acuan untuk melakukan pencatatan pengambilan data pada rangkaian inlet dan outlet ketika biogas mengalir, pencatatan dimulai ketika volume meter menunjukkan penambahan volume biogas yang mengalir sebanyak 10 liter. Pencatatan berakhir sampai volume meter menunjukkan pertambahan volume 300 liter. Pengukuran biogas dalam penelitian ini menggunakan peralatan pengukur yang portable sehingga dapat dibawa kelokasi digester biogas.



Gambar 10. PGas-21 Portable Gas Detector



Gambar 11. Volume meter

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian berupa data secara eksperimental yang diperoleh dari pengamatan langsung dilapangan. Dengan melihat data awal pada tabel 1. Maka dapat dihitung persentase efisiensi penurunan gas H<sub>2</sub>S pada proses pemurnian biogas.

Untuk volume pertama yaitu alat purifikasi yang sudah dilewati 10 liter biogas, mengandung gas H<sub>2</sub>S pada inlet 56,4 ppm dan outlet 17,3 ppm, maka persentase penurunan gas H<sub>2</sub>Snya adalah sbb:

$$\frac{\text{Inlet}-\text{Outlet}}{\text{Inlet}} \times 100 \% = \eta_{\text{penurunan kadar H}_2\text{S}}$$

$$\frac{56,4-17,3}{56,4} \times 100 \% = 69,33 \%$$

Selanjutnya perhitungan efisiensi penurunan gas pengotor H<sub>2</sub>S dilakukan hingga proses pemurnian 300 liter Dan Hasil perhitungan ini ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 1. Hasil penelitian proses pemurnian biogas dari gas H<sub>2</sub>S dengan massa bilet 500 gram

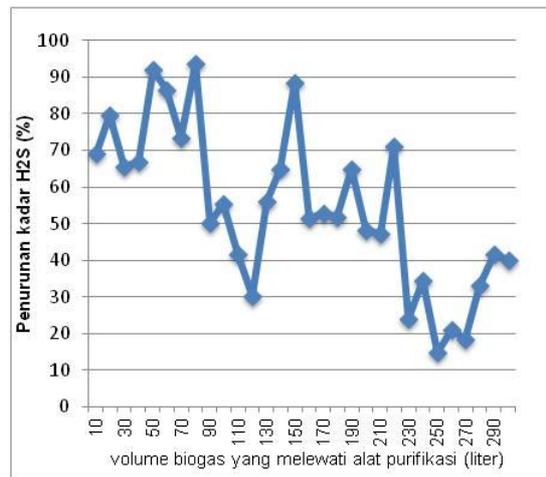
Volume Biogas (liter)	Kandungan H <sub>2</sub> S sebelum dan setelah pipa penyaringan (ppm)	
	Inlet	outlet
10	56.4	17.3
20	87	17.7
30	71	24.5
40	55.9	18.5
50	53.3	4.3
60	41.2	5.6
70	87.7	23.4
80	81.1	5.2
90	91.3	45.6
100	91.4	40.6
110	89.5	52.2
120	91.4	63.8
130	78.2	34.3
140	49.7	17.5
150	43.2	5
160	39.1	19
170	51.4	24.3
180	53.9	26
190	49	17.2
200	53.2	27.5
210	32.2	17
220	26.2	7.6
230	92.2	70.1
240	91.9	60.1
250	91.9	78.3
260	91.9	72.6
270	91.9	74.9
280	91.9	61.4
290	91.9	53.5
300	45.7	27.4

Tabel 2. Hasil perhitungan proses pemurnian biogas dari gas H<sub>2</sub>S dengan massa bilet 500 gram

Volume Biogas (liter)	Kandungan H <sub>2</sub> S sebelum dan setelah pipa penyaringan (ppm)		η sistem (%)
	Inlet	Outlet	
10	56.4	17.3	69
20	87	17.7	80
30	71	24.5	65
40	55.9	18.5	67
50	53.3	4.3	92
60	41.2	5.6	86
70	87.7	23.4	73
80	81.1	5.2	94
90	91.3	45.6	50
100	91.4	40.6	56
110	89.5	52.2	42
120	91.4	63.8	30

130	78.2	34.3	56
140	49.7	17.5	65
150	43.2	5	88
160	39.1	19	51
170	51.4	24.3	53
180	53.9	26	52
190	49	17.2	65
200	53.2	27.5	48
210	32.2	17	47
220	26.2	7.6	71
230	92.2	70.1	24
240	91.9	60.1	35
250	91.9	78.3	15
260	91.9	72.6	21
270	91.9	74.9	18
280	91.9	61.4	33
290	91.9	53.5	42
300	45.7	27.4	40

Dari hasil perhitungan diatas maka dapat dibuatkan suatu grafik seperti gambar 12.



Gambar 12. Grafik penurunan kadar H<sub>2</sub>S versus volume biogas yang melewati alat purifikasi

Pada gambar 12 merupakan grafik penurunan kadar H<sub>2</sub>S ketika biogas melalui bilet penyaringan, volume biogas yang mengalir sebanyak 300 liter. Diamati perubahannya dan dilakukan pencatatan setiap pertambahan 10 liter hingga 300 liter. Pada proses awal terjadi peningkatan penurunan kadar H<sub>2</sub>S disebabkan karena gram besi telah mengalami proses oksidasi menjadi besi oksida yang didapat melalui proses pelunakan sebelumnya. Selama proses ini gram besi akan bereaksi dengan oksigen membentuk besi oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan jika saat proses oksidasi terdapat uap air maka akan membentuk *iron bog ore* (Fe(OH)<sub>3</sub>). Baik (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) maupun (Fe(OH)<sub>3</sub>) sangatlah reaktif terhadap H<sub>2</sub>S, dengan demikian (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) maupun (Fe(OH)<sub>3</sub>) dapat bereaksi dengan H<sub>2</sub>S yang terdapat dalam biogas ketika biogas mengalir melewati alat purifikasi. Sehingga pada tahap awal baik (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) maupun (Fe(OH)<sub>3</sub>) mampu lebih banyak menangkap H<sub>2</sub>S namun berikutnya ketika volume biogas mendekati 300 liter mulai terjadi penurunan kadar H<sub>2</sub>S, diakibatkan karena pada tahap ini (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) maupun (Fe(OH)<sub>3</sub>) yang sudah menangkap H<sub>2</sub>S sudah mengandung besi sulfida (Fe<sub>2</sub>S<sub>3</sub>) dan uap air (H<sub>2</sub>O) yang cukup banyak yang akhirnya membentuk air menutupi hampir seluruh bagian gram besi. H<sub>2</sub>S tidak akan reaktif lagi terhadap (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) maupun (Fe(OH)<sub>3</sub>) karena terlalu banyak (Fe<sub>2</sub>S<sub>3</sub>) dan air (H<sub>2</sub>O) akibatnya performansi penurunannya semakin menurun. Agar (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) maupun (Fe(OH)<sub>3</sub>) dapat kembali bereaksi terhadap H<sub>2</sub>S dan proses pemurnian dapat kembali berlangsung maka perlu dilakukan proses pembilasan.

#### 4. SIMPULAN

Dari uraian diatas maka dapat ditarik beberapa kesimpulan dari penelitian ini antara lain :

- Geram besi dapat digunakan sebagai bahan yang efektif untuk memurnikan biogas dari pengotor gas H<sub>2</sub>S. Dengan cara mengubah gram besi menjadi besi oksida ataupun besi hidroksida yaitu mereaksikan gram besi dengan oksigen dengan cara dipanaskan atau dibakar sampai gram besi

terlihat berwarna merah membara dan dinginkan dengan pendinginan lambat yaitu dibiarkan menjadi dingin secara perlahan didalam tungku.

- Hingga volume 300 liter proses pemurnian biogas terjadi peningkatan persentase penurunan kadar H<sub>2</sub>S dengan pencapaian tertinggi pada volume 80 liter terjadi penurunan 75,9 ppm atau dalam persentase 93,59 % dan penurunan terendah pada volume 250 liter yaitu 13,6 ppm atau dalam persentase 14,80 %.
- Untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan konsumsi bahan bakar biogas dalam 300 liter volume biogas membutuhkan 500 gram massa gram besi, dibuat dalam bentuk bilet yang telah diberi perlakuan. Gram besi dengan massa 500 gram inilah yang digunakan untuk memurnikan biogas dari gas pengotor H<sub>2</sub>S.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Deublein, D., dan Steinhauser, A, ***Biogas from Waste and Renewable Resources***, Wiley-VCH Verlag GmbH & KGaA, Federal Republic of Germany., 2008
- [2] Gibbons, J. H, ***Energy from Biological Processes***, McGraw-Hill, Inc., New York., 1978
- [3] Smith, J. W., Meffe, S., Walton, P. S., and Ellenor, D. T. R, ***Hydrogen Sulfide removal Process***, US Paten No. 6,627,110., 2003
- [4] Winchester, E. L., McMullin, M. J., Hum, J. K, ***Removing Hydrogen Sulfide from A Gaseous Mixture Using Ferric Ions Bonded To Calcined Diatomite***, US Paten No. 6,500,237., 2002