



Studi Literatur Pengaruh Jenis Senyawa Desulfurizer dan Variasi pH Terhadap Efektivitas Pengurangan Kadar Gas H₂S pada Biogas

SKRIPSI

Oleh:

AHMAD ZAKARIYA

165090201111043



JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2020



Studi Literatur Pengaruh Jenis Senyawa Desulfurizer dan Variasi pH Terhadap Efektivitas Pengurangan Kadar Gas H₂S pada Biogas

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang Kimia

Oleh:

AHMAD ZAKARIYA

165090201111043



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2020**

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Studi Literatur Pengaruh Jenis Senyawa Desulfurizer dan Variasi pH
Terhadap Efektivitas Pengurangan Kadar Gas H₂S pada Biogas

Oleh:

AHMAD ZAKARIYA
165090201111043

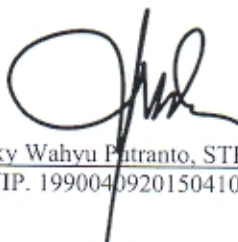
Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal 29 Juni 2020
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Kimia

Pembimbing I



Dr.rer.nat. Rachmat Triandi T., S.Si., M.Si
NIP. 197207172000031002

Pembimbing II



Angky Wahyu Pratranto, STP., MP
NIP. 199004092015041003



Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia
Bekas MIPA Universitas Brawijaya



Masruri, S.Si., M.M.Si., Ph.D
NIP.197310202002121001

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ahmad Zakariya

NIM : 16090201111043

Jurusan : KIMIA

Penulis skripsi berjudul:

Studi Literatur Pengaruh Jenis Senyawa Desulfurizer dan Variasi pH Terhadap Efektivitas Pengurangan Kadar Gas H₂S pada Biogas.

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 29 Juni 2020

Yang menyatakan,



(Ahmad Zakariya)

NIM. 16090201111043



Studi Literatur Pengaruh Jenis Senyawa Desulfurizer dan Variasi pH Terhadap Efektivitas Pengurangan Kadar Gas H₂S pada Biogas.

ABSTRAK

Hidrogen Sulfida (H₂S) yang terkandung dalam biogas dapat menurunkan kualitas biogas. Hal ini dikarenakan sifat korosif dan beracun dari gas H₂S yang dapat mengakibatkan kerusakan komponen logam pada kompor dan mesin sehingga perlu dilakukan penghilangan kandungan gas H₂S dari biogas. Peneliti terdahulu telah menemukan beberapa metode dalam pemurnian biogas dari kandungan pengotor gas H₂S. Oleh karena itu perlu dilakukan studi pustaka untuk meningkatkan efektivitas dari metode pemurnian biogas yang akan dilakukan. Metode kajian pustaka dilakukan dengan cara mencari dan membaca jurnal atau dokumen yang relevan kemudian mencatat bagian penting yang berkaitan dengan topik penelitian. Selanjutnya dilakukan dengan pembahasan secara deskriptif dan analisis yang bertujuan untuk menguraikan masalah dari pengaruh jenis senyawa desulfurizer dan pengaruh variasi pH terhadap proses penghilangan gas H₂S pada biogas. Jenis senyawa desulfurizer yang diteliti diantaranya adalah FeCl₂, FeCl₃, Fe(OH)₃, Fe₂O₃, dan FeSO₄. Senyawa besi FeCl₂, FeCl₃, dan Fe(OH)₃ memiliki persentase efisiensi desulfurisasi yang cukup baik, yaitu 98,5%, 98,6%, dan 98,7% pada konsentrasi penambahan 16 mM. Hal ini menunjukkan bahwa ketiga senyawa tersebut memenuhi kriteria sebagai senyawa desulfurizer. Sedangkan variasi pH yang diteliti adalah pada rentang pH 6 – 7,8. Persentase efisiensi penghilangan gas H₂S dari biogas pada pH 6 adalah 95% sedangkan pada pH 7,8 sebesar 48% dan mengalami penurunan secara bertahap seiring kenaikan nilai pH. Hal ini menunjukkan proses penghilangan gas H₂S lebih efektif pada kondisi asam.

Kata kunci : Pemurnian, biogas, pengurangan gas H₂S, dan senyawa desulfurizer.

Literature Study on the Effect of Type Desulfurizer Compounds and pH Variations on the Effectiveness of Hydrogen Sulfide Removed in Biogas

ABSTRACT

Hydrogen sulfide (H_2S) gas contained in biogas can decrease the quality of biogas. This is due to the corrosive and toxic nature of H_2S gas which can cause damage to metal components on stoves and machines, so that it is necessary to remove H_2S gas from biogas. Previous researchers have found several methods in purifying biogas from H_2S gas impurities. Therefore it is necessary to conduct a literature study to increase the effectiveness of the biogas purification method to be carried out. The literature review method is carried out by searching and reading relevant journals or documents and then noting the important parts related to the research topic. Furthermore, it is carried out with a descriptive discussion and analysis aimed to describe the problem of the influence of desulfurizer compounds and the effect of pH variations on the process of removal H_2S gas from biogas. The types of desulfurizer compounds studied it is $FeCl_2$, $FeCl_3$, $Fe(OH)_3$, Fe_2O_3 , and $FeSO_4$. Iron compounds $FeCl_2$, $FeCl_3$, and $Fe(OH)_3$ have a fairly good percentage of desulfurization efficiency, that is 98.5%, 98.6%, and 98.7%. This shows that the three compounds meet the criteria as desulfurizer compounds. While the pH variations studied were in the pH range 6-7.8. The percentage of efficiency H_2S gas removed in biogas at pH 6 is 95% while at pH 7.8 it is 48% and decreases gradually with increasing pH value. This shows the process of removing H_2S gas is more effective under acidic conditions.

Keyword : Purification, biogas, H_2S gas removed, and desulfurizer compounds



DAFTAR ISI	
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Hipotesis.....	3
BAB II METODE PENELITIAN	4
2.1 Metode Pembahasan.....	4
2.1.1. Metode pengumpulan data.....	4
2.1.2. Metode pembahasan secara deskriptif dan analisis.....	4
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	5
3.1 Pengaruh Jenis Larutan Desulfurizer pada Pemurnian Biogas.....	5
3.2 Hubungan Pengaruh Variasi pH Terhadap Efektifitas Pemisahan Gas H ₂ S pada Biogas.....	11
3.3 Rancang Instalasi Penghilangan Gas H ₂ S dari Biogas.....	13
BAB IV PENUTUP	16
4.1 Kesimpulan.....	16
4.2 Saran.....	16

DAFTAR GAMBAR

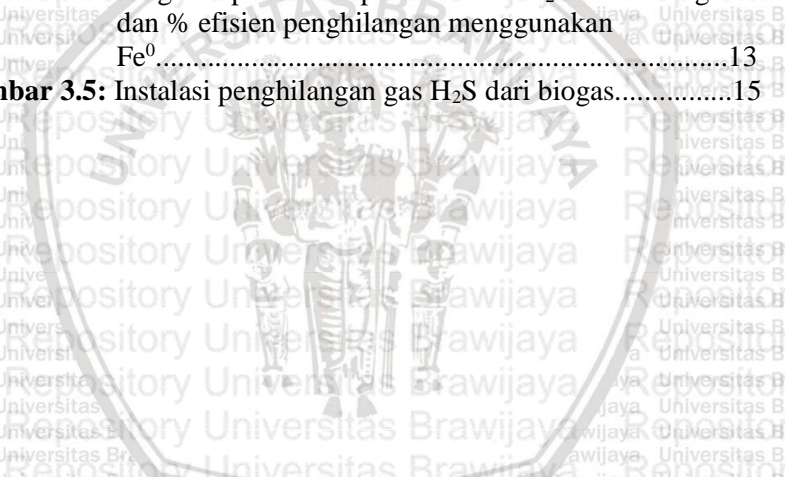
Gambar 3.1: Hasil biogas, konsentrasi CH₄, dan konsentrasi H₂S ketika menggunakan a) FeCl₂, b) FeCl₃, c) Fe(OH)₃, d) Fe₂O₃, dan e) FeSO₄ sebagai desulfurizer in-situ dengan konsentrasi berbeda dalam 50 mL botol.....7

Gambar 3.2: Hasil pengaruh penambahan limonite dengan beberapa variasi konsentrasi terhadap konsentrasi gas H₂S yang masih tersisa10

Gambar 3.3: Rangkaian percobaan pada penelitian Mamun *dkk* (2015).....12

Gambar 3.4: Pengaruh pH terhadap konsentrasi H₂S dalam biogas dan % efisien penghilangan menggunakan Fe⁰.....13

Gambar 3.5: Instalasi penghilangan gas H₂S dari biogas.....15



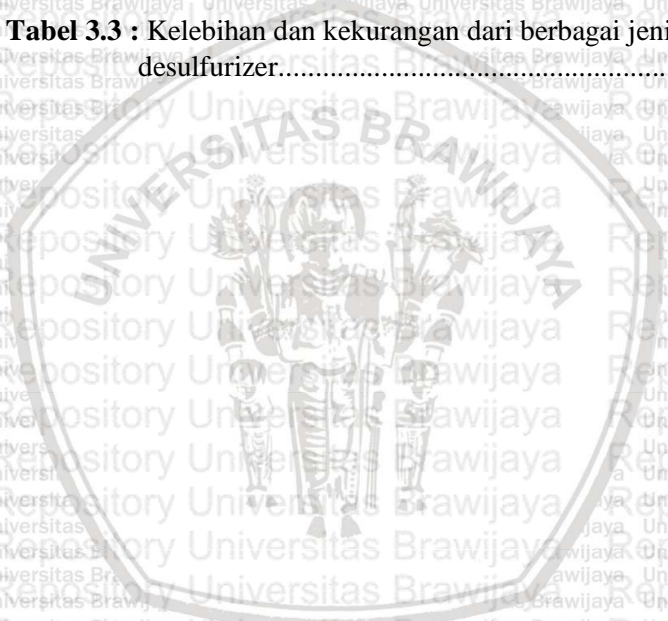


DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 : Kelebihan dan kekurangan dari jenis metode desulfurisasi.....6

Tabel 3.2: Tingkat desulfurisasi dari desulfurizer yang berbeda pada konsentrasi yang berbeda.....9

Tabel 3.3 : Kelebihan dan kekurangan dari berbagai jenis desulfurizer.....11





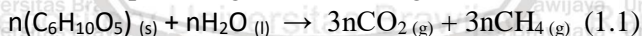
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang semakin meningkat juga diikuti dengan peningkatan kebutuhan energi yang perlu disediakan. Energi tersebut dapat berasal dari Sumber Daya Alam (SDA) di Indonesia yang melimpah. Pemanfaat energi dari bahan alam fosil yang terus menerus dapat mengalami masa kritis karena tidak dapat diperbarui. Oleh karena itu diperlukan energi alternatif agar terjadi keseimbangan antara kebutuhan energi dengan ketersediaan energi sehingga tidak terjadi kelangkaan.

Salah satu energi alternatif yang dapat dimanfaatkan adalah biogas. Biogas merupakan hasil fermentasi limbah organik seperti kotoran ternak dan limbah industri tahu yang dimasukkan dalam digester dengan ditutup rapat sehingga dihasilkan gas yang dapat digunakan sebagai sumber energi [1]. Pemanfaatan biogas dari kotoran ternak (limbah organik) dapat mengurangi dampak dari pemanasan global. Gas metan dari kotoran ternak yang tercecer merupakan gas penyumbang terbesar efek rumah kaca, oleh karena itu jika gas metan dimanfaatkan dapat mengurangi pemanasan global [2]. Kotoran ternak dari sapi dan kerbau banyak mengandung selulosa yang lebih mudah dicerna oleh bakteri anaerob. Reaksi pembentukan gas metan (CH₄) pada biogas adalah sebagai berikut [3]:

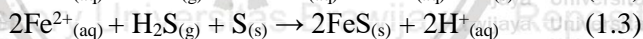
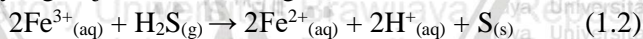


Gas yang dihasilkan biogas tidak dapat 100% terbakar karena masih terdapat pengotor. Kandungan biogas terdiri dari metana (CH₄) 55-75 %, karbondioksida (CO₂) 25-45 %, hidrogen sulfida (H₂S) 0-3 %, nitrogen (N₂) 0-0,3 %, oksigen (O₂) 0,1-0,5 %, hidrogen (H₂) 1-5 %, dan uap air [1].

Biogas masih mengandung komponen yang dapat menghambat pemanfaatannya, terutama kandungan H₂S dan CO₂. H₂S merupakan gas yang berbau menyengat dan bersifat korosif bagi berbagai jenis logam, hal ini dapat membatasi penggunaannya untuk bahan bakar dan dapat merusak komponen didalam mesin dan kompor [4]. Sedangkan

CO₂ yang terkandung dalam biogas dapat menurunkan nilai kalor biogas, oleh karena itu untuk meningkatkan kualitas biogas maka kandungan CO₂ dalam biogas perlu dikurangi [5]. Korosi yang terjadi pada komponen yang terbuat dari logam ini terjadi karena H₂S yang terbakar akan membentuk sulfur oksida dan pelumas mesin menjadi asam [4], sehingga kandungan H₂S dalam biogas perlu dikurangi atau dihilangkan agar kualitas biogas meningkat dan baik digunakan. Kandungan pengotor CO₂ dalam biogas dapat diserap menggunakan *scubber* CO₂ yang berisi larutan Ca(OH)₂ (air kapur) dan larutan KOH [5].

Pengurangan gas H₂S pada biogas dapat dilakukan dengan beberapa metode, diantaranya adalah pemisahan sebelum proses fermentasi pada digester dan pemisahan setelah proses fermentasi pada digester. Salah satu contoh pemisahan gas H₂S sebelum proses fermentasi pada digester yaitu dapat dilakukan dengan penambahan desulfurizer kedalam tungku pembuatan biogas [6]. Larutan yang biasa digunakan adalah larutan garam logam seperti larutan besi, larutan timbal, dan larutan tembaga [7,14]. Pada larutan besi, ion besi(III) akan bereaksi dengan H₂S dan terbentuk endapan sulfida dan ion besi(III) tereduksi menjadi ion besi(II) selanjutnya ion besi(II) bereaksi dengan gas H₂S membentuk endapan yang tidak larut (FeS). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut [8]:



Efisiensi metode pemisahan gas H₂S perlu ditingkatkan. Oleh karena itu, jenis larutan desulfurizer yang akan digunakan perlu dikaji tingkat keefektifitasannya dalam pemisahan gas H₂S. Selain itu, penentuan nilai pH yang optimum pada pemisahan gas H₂S juga dapat meningkatkan efisiensi pemisahan gas H₂S. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji jenis senyawa besi (desulfurizer) dan pengaruh variasi kondisi pH untuk menaikan nilai efektivitas pemisahan gas H₂S dari biogas.



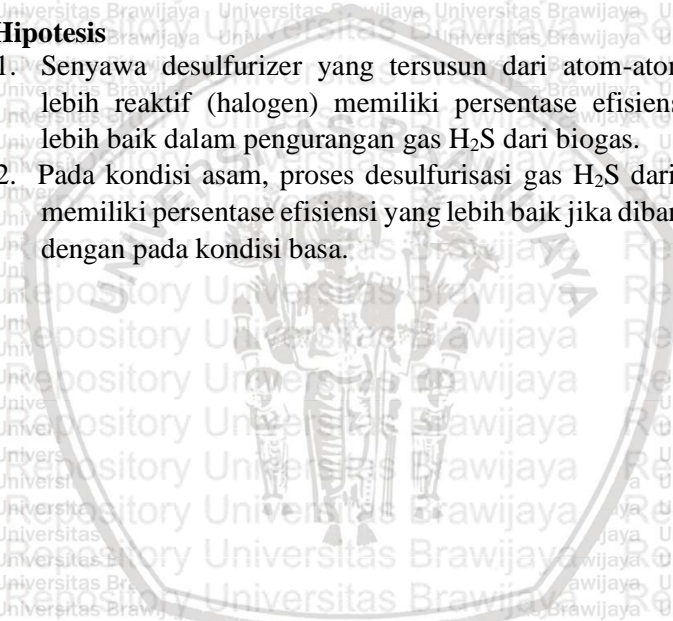
1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh jenis desulfurizer terhadap efektivitas pemisahan gas H_2S pada biogas?
2. Bagaimana pengaruh variasi nilai pH terhadap efektivitas pemisahan gas H_2S pada biogas?

1.3 Hipotesis

1. Senyawa desulfurizer yang tersusun dari atom-atom yang lebih reaktif (halogen) memiliki persentase efisiensi yang lebih baik dalam pengurangan gas H_2S dari biogas.
2. Pada kondisi asam, proses desulfurisasi gas H_2S dari biogas memiliki persentase efisiensi yang lebih baik jika dibandingkan dengan pada kondisi basa.



BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Metode Pembahasan

2.1.1. Metode pengumpulan data

Metode pengumpulan data pada penelitian ini yaitu metode kajian pustaka. Metode kajian pustaka dilakukan dengan cara mencari dan membaca jurnal nasional dan jurnal internasional yang diterbitkan selama 10 tahun terakhir kemudian mencatat bagian penting yang berkaitan dengan topik penelitian yaitu pemurnian biogas.

2.1.2. Metode pembahasan secara deskriptif dan analisis

Metode pembahasan secara deskriptif dan analisis bertujuan untuk menguraikan masalah dari pengaruh jenis senyawa desulfurizer dan pengaruh variasi pH terhadap proses penghilangan gas H_2S pada biogas.

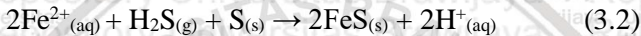
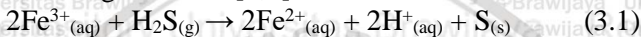


BAB III

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Jenis Larutan Desulfurizer pada Pemurnian Biogas

Desulfurizer yang dibahas pada penelitian ini adalah desulfurizer senyawa besi, yaitu FeCl_2 , FeCl_3 , $\text{Fe}(\text{OH})_3$, Fe_2O_3 , dan FeSO_4 . Fungsi dari penambahan desulfurizer pada pemurnian biogas adalah sebagai senyawa yang akan bereaksi dengan gas H_2S yang ada pada biogas sehingga jumlah gas H_2S yang ada pada biogas dapat berkurang. Reaksi yang terjadi antara ion besi (III) dan ion besi (II) dengan gas H_2S adalah sebagai berikut [8,9]:



Desulfurisasi *in-situ* merupakan metode penghilangan gas H_2S dengan cara menambahkan senyawa desulfurizer atau bakteri pengoksidasi H_2S seperti *Thiobacillus* kedalam tungku digester pembuatan biogas sebelum proses fermentasi [6,10]. Sedangkan, Desulfurisasi *ex-situ* adalah metode penghilangan gas H_2S dari biogas yang dilakukan di luar tungku digester. Jenis dari metode desulfurisasi *ex-situ* diantaranya dengan adsorpsi menggunakan larutan garam besi, karbon aktif, membran pemisah, dan filter biologis [6]. Jenis senyawa desulfurizer yang sering digunakan adalah larutan garam besi seperti FeCl_2 dan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ [9]. Perbandingan kelebihan dan kekurangan dari dua jenis metode desulfurisasi dapat dilihat pada **Tabel 3.1**.

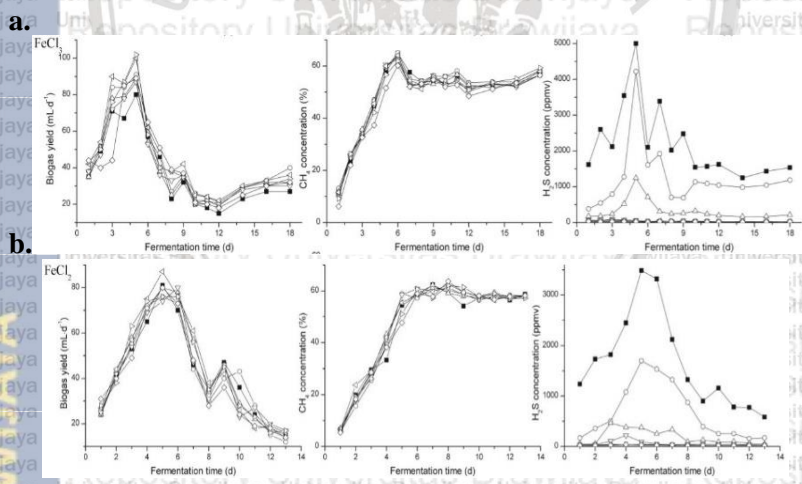
Tabel 3.1 : Kelebihan dan kekurangan dari jenis metode desulfurisasi

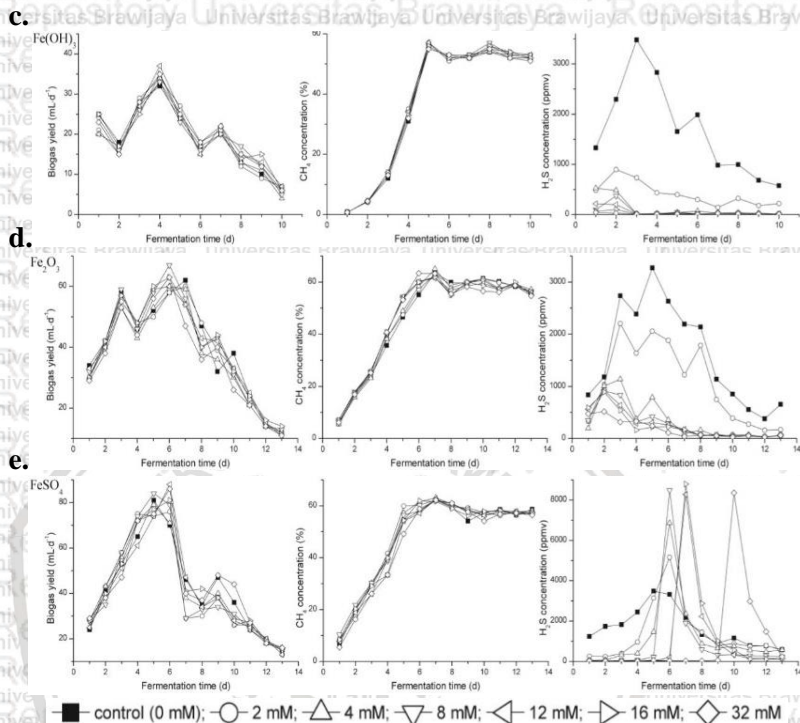
Jenis metode desulfurisasi	Kelebihan	Kekurangan
Desulfurisasi <i>in situ</i>	<ul style="list-style-type: none">-Biaya operasional murah karena senyawa desulfurizer tidak memerlukan tempat lagi.-Pada konsentrasi tinggi menunjukkan efisiensi penghilangan gas H₂S yang tinggi [6].	<ul style="list-style-type: none">- Hasil keluaran biogas sangat rentan terhadap kondisi desulfurizer yang ditambahkan (seperti kondisi pH dan jenis desulfurizer).- Pada konsentrasi rendah menunjukkan efisiensi penghilangan gas H₂S yang rendah [6].- Endapan lumpur sisa fermentasi tercampur dengan senyawa desulfurizer
Desulfurisasi <i>ex situ</i>	<ul style="list-style-type: none">-Hasil keluaran fermentasi biogas tidak terpengaruh oleh kondisi desulfurizer.-Pemilihan metode dan jenis senyawa desulfurizer yang bervariasi [9].-Senyawa desulfurizer yang digunakan tidak tercampur dengan lumpur sisa fermentasi	<ul style="list-style-type: none">- Memerlukan biaya operasional yang lebih mahal karena memerlukan tempat untuk senyawa desulfurizer.

Penelitian desulfurisasi *in-situ* yang dilakukan oleh Jiang dkk (2017)[11] menggunakan botol 50 mL sebagai tempat digester. Kotoran ayam, inokulum, dan air dicampur dengan komposisi 35% inokulum, dan total padatan (total solid) disesuaikan menjadi 7,0% dari campuran. Volume total campuran sampel yang dimasukkan

dalam botol adalah 25 mL dan diinkubasi pada suhu 37°C dan 130 r/min. Senyawa besi (FeCl_2 , FeCl_3 , $\text{Fe}(\text{OH})_3$, Fe_2O_3 , dan FeSO_4) ditambahkan pada masing-masing botol sebagai desulfurizer sehingga dapat mengurangi gas H_2S yang terbentuk. Konsentrasi senyawa besi yang digunakan adalah 0 (sebagai kontrol), 2, 4, 8, 12, 16, dan 32 mM. Setelah proses digester selesai, gas yang terbentuk pada botol diambil menggunakan jarum suntik (*syringe* 100mL) kemudian kadar H_2S dan CH_4 yang terbentuk dianalisis menggunakan instrumen GC [11].

Hasil karakterisasi produk biogas dapat dilihat pada **Gambar 3.1**. Jumlah gas CH_4 yang terbentuk setelah penambahan larutan senyawa besi tidak memiliki perbedaan yang signifikan bila dibandingkan dengan jumlah gas CH_4 yang dihasilkan dalam keadaan kontrol (tanpa penambahan desulfurizer). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan senyawa besi tidak menghambat maupun menaikkan jumlah gas CH_4 yang terbentuk [11].





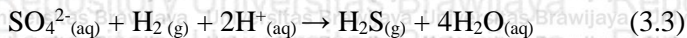
Gambar 3.1: Hasil biogas, konsentrasi CH₄, dan konsentrasi H₂S ketika menggunakan a) FeCl₂, b) FeCl₃, c) Fe(OH)₃, d) Fe₂O₃, dan e) FeSO₄ sebagai desulfurizer in-situ dengan konsentrasi berbeda dalam 50 mL botol [11].

Tingkat desulfurisasi oleh senyawa besi (desulfurizer) pada konsentrasi yang berbeda-beda tercantum pada **Tabel 3.2**. Dihubungkan dengan perubahan konsentrasi gas H₂S yang terlampir pada **Gambar 3.1**, penambahan desulfurizer pada digester dapat menurunkan kadar gas H₂S yang cukup signifikan. Semakin banyak konsentrasi desulfurizer yang ditambahkan, maka semakin sedikit H₂S yang masih tersisa [11].

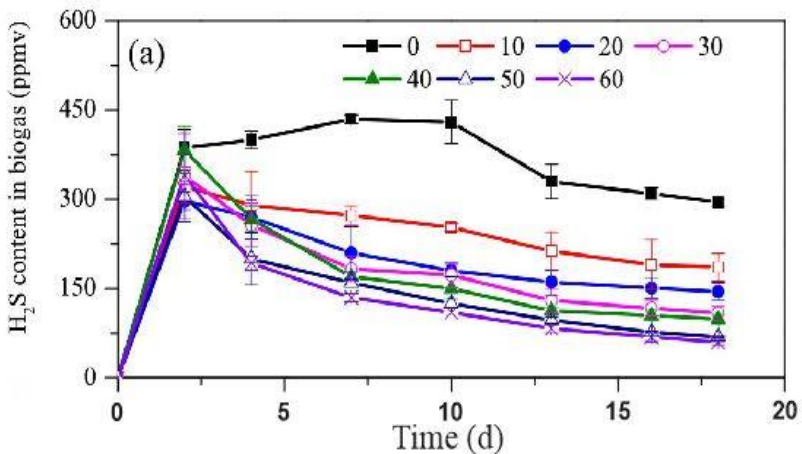
Tabel 3.2: Tingkat desulfurisasi dari desulfurizer yang berbeda pada konsentrasi yang berbeda [11].

Concentration of desulfurizer (mmol L ⁻¹)	Desulphurization rate (%)				
	FeCl ₂	FeCl ₃	Fe(OH) ₃	Fe ₂ O ₃	FeSO ₄
2	57.3	34.5	77.4	32.5	18.1
4	87.7	81.9	93.9	79.7	25.2
8	96.4	97.9	97.0	82.7	29.0
12	98.6	98.1	97.4	84.2	52.6
16	98.5	98.6	98.7	86.1	51.6
32	98.9	99.0	99.1	90.5	56.7

Pada **Gambar 3.1** dapat diketahui bahwa penambahan FeCl₂, FeCl₃, dan Fe(OH)₃ menunjukkan kinerja yang lebih baik dalam penghilangan gas H₂S bila dibandingkan dengan Fe₂O₃ dan FeSO₄. Pada penambahan 16 mM, tingkat desulfurisasi dari FeCl₂, FeCl₃, dan Fe(OH)₃ menunjukkan hasil diatas 98,5%. Ditinjau dari potensi pelepasan ion-ion yang berpotensi mencemari lingkungan, Fe(OH)₃ lebih ramah lingkungan bila dibandingkan dengan FeCl₂, dan FeCl₃. Tingkat desulfurisasi dari larutan Fe₂O₃ lebih kecil bila dibandingkan dengan FeCl₂, FeCl₃, dan Fe(OH)₃. Pada penambahan konsentrasi 16 mM, tingkat desulfurisasi hanya 90,5%. Hal ini disebabkan Fe₂O₃ tidak dapat larut dalam air sehingga luas permukaan kontak untuk bereaksi dengan H₂S menjadi lebih kecil. Penambahan FeSO₄ sebagai desulfurizer menunjukkan efek yang normal pada tahap awal, setelah itu produksi H₂S mengalami peningkatan yang signifikan dan melampaui konsentrasi dari H₂S kontrol [11]. Hal ini terjadi dikarenakan penambahan ion SO₄²⁻ dari FeSO₄ dapat digunakan oleh bakteri pereduksi sulfat sebagai aseptor elektron sehingga gas H₂S yang terbentuk menjadi lebih banyak. Hasil percobaan menunjukkan bahwa Fe₂O₃ dan FeSO₄ tidak cocok digunakan sebagai desulfurizer *in-situ* [12]. Ion SO₄²⁻ digunakan oleh bakteri pereduksi sulfat (BPS) untuk aktivitas metabolisme pengganti oksigen. Reaksi pereduksian sulfat oleh BPS sehingga dihasilkan gas H₂S adalah sebagai berikut [14]:



Pada penelitian yang telah dilaporkan oleh Zhou dkk (2016) [12], penambahan desulfurizer berupa bijih besi (limonite) ke dalam digester dapat mengurangi kadar H_2S yang terbentuk. Pada **Gambar 3.2.** dapat diketahui bahwa efektifitas dari pengurangan gas H_2S dalam biogas meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi limonite yang ditambahkan pada digester. Konsentrasi gas H_2S pada dua hari awal berada pada kisaran 300-400 ppmv. Selanjutnya seiring bertambahnya waktu, kadar H_2S yang terbentuk mengalami pengurangan hingga tersisa 50 ppmv pada penambahan 60 g/L limonite, tetapi pada perlakuan kontrol (tanpa penambahan desulfurizer), kadar H_2S yang terbentuk justru mengalami kenaikan[12]. Semakin besar intensitas kontak antara biogas dengan senyawa atau material desulfurizer maka kadar gas H_2S yang terbentuk semakin sedikit [13].



Gambar 3.2: Hasil pengaruh penambahan limonite dengan beberapa variasi konsentrasi terhadap konsentrasi gas H_2S yang masih tersisa[12].

Penentuan senyawa desulfurizer yang akan digunakan pada proses penghilangan gas H_2S dari biogas harus memperhatikan kekurangan dan kelebihan dari jenis senyawa desulfurizer. Pada **Tabel 3.2** terlampir kelebihan dan kekurangan dari berbagai jenis senyawa desulfurizer.

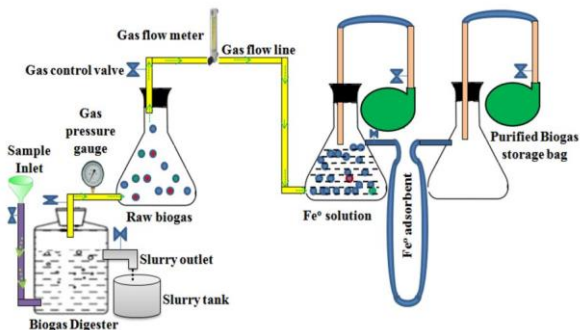
Tabel 3.3 : Kelebihan dan kekurangan dari berbagai jenis desulfurizer

Jenis Desulfurizer	Kelebihan	Kekurangan
$FeCl_2$	Memiliki efiseinsi penghilangan gas H_2S yang tinggi ; 98,5% pada penambahan 16 mM [11].	Tidak dapat diperbarui [6], kurang ramah lingkungan, dan biaya operasional mahal.
$FeCl_3$	Memiliki efiseinsi penghilangan gas H_2S yang tinggi ; 98,6% pada penambahan 16 mM [11].	Tidak dapat diperbarui [6], kurang ramah lingkungan, dan biaya operasional mahal.
$Fe(OH)_3$	Memiliki efisiensi penghilangan gas H_2S yang tinggi, lebih ramah lingkungan, biaya operasional murah	Proses regenerasi harus melalui tahap oksidasi [6].
Fe_2O_3	Jumlah melimpah di alam	Tidak larut dalam air, efisiensi penghilangan gas H_2S rendah
$FeSO_4$	Biaya operasional murah	(Pada desulfurisasi <i>in-situ</i>) menghasilkan gas H_2S yang lebih banyak [11]

3.2 Hubungan Pengaruh Variasi pH Terhadap Efektifitas Pemisahan Gas H_2S pada Biogas

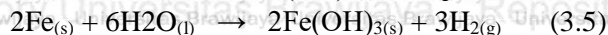
Pada penelitian yang dilakukan oleh Mamun dkk (2015) [15], biogas yang digunakan berasal dari proses fermentasi sampah sayuran dan buah. Rangkain dari penghilangan gas H_2S dari biogas terlampir

pada **Gambar 3.3** terdiri dari digester, ruang pengumpulan gas, unit pemurnian gas dan sistem penyimpanan gas. Pada unit pemurnian gas terdapat tabung berbentuk U berisi Fe^0 yang berfungsi sebagai adsorben dari gas H_2S . Laju alir gas diatur konstan pada 2,5 L/menit agar gas tetap dapat mengalir melewati tabung pemurnian. Larutan HCl dan NH_4OH 1 M digunakan untuk mengatur pH larutan. Penurunan kadar gas H_2S dan CH_4 ditentukan dengan menganalisis data yang diperoleh dari kromatografi gas [15].



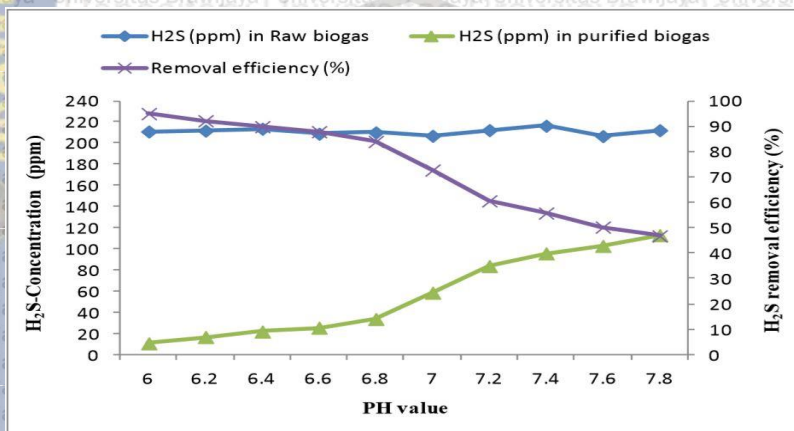
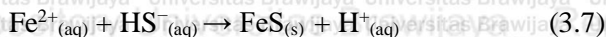
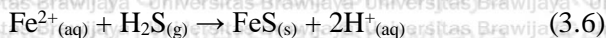
Gambar 3.3: Rangkaian percobaan pada penelitian Mamun dkk (2015) [14].

Efektivitas dari penghilangan gas H_2S berdasarkan beberapa kondisi pH dapat dilihat pada **Gambar 3.4**. Konsentrasi rata-rata gas H_2S yang dilewatkan pada larutan Fe^0 adalah 211 ppm. Berdasarkan kenaikan nilai pH, konsentrasi gas H_2S yang lolos dari larutan Fe^0 juga mengalami kenaikan secara bertahap. Pada kondisi pH 6, larutan Fe^0 dapat menyerap gas H_2S sebesar 201 ppm atau sekitar 95% gas H_2S dapat dihilangkan. Namun, seiring kenaikan nilai pH, efisiensi penghilangan gas H_2S semakin menurun. Hal ini disebabkan semakin tinggi nilai pH maka semakin bertambah jumlah ion OH^- sehingga jumlah endapan besi hidroksida bertambah. Reaksi antara besi dengan air dapat menghasilkan besi hidroksida dan gas H_2 [8]:



Bertambahnya jumlah endapan akan menyebabkan penurunan intensitas kontak reaksi antara larutan penjerap dengan gas H_2S [11].

Pengaruh pH pada penghilangan gas H₂S dengan larutan Fe⁰ berkaitan dengan pembentukan FeS dari reaksi antara Fe(II) dengan sulfida. Konsentrasi Fe(II) meningkat saat pH diturunkan. Sehingga pada pH yang lebih rendah, proses penghilangan gas H₂S akan lebih baik. Reaksi antara Fe(II) dengan H₂S adalah sebagai berikut [15]:



Gambar 3.4: Pengaruh pH terhadap konsentrasi H₂S dalam biogas dan % efisien penghilangan menggunakan Fe⁰ [15].

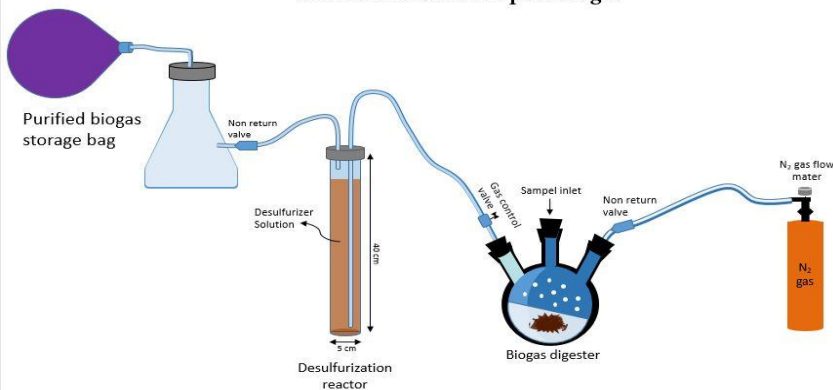
3.3 Rancang Instalasi Penghilangan Gas H₂S dari Biogas

Pada instalasi desulfurisasi yang terlampir pada **Gambar 3.5**, dipilih metode desulfurisasi *ex situ* karena tidak mempengaruhi aktivitas mikroorganisme fermenter biogas dan lumpur hasil fermentasi dapat digunakan sebagai pupuk tanaman karena tidak tercampur dengan senyawa desulfurizer. Biogas dibuat pada digester yang memiliki tiga buah leher. Sampel yang berupa limbah organik, inokulum, dan air dimasukkan melalui leher yang berada pada posisi tengah (sampel inlet). Setelah fermentasi berlangsung dan dihasilkan biogas, gas N₂ dialirkan (laju alir diatur dengan gas flow meter) untuk mendorong biogas menuju ke reaktor desulfurisasi. Fungsi dari

penambahan *non return valve* dan *gas control valve* pada selang adalah untuk membuat aliran biogas hanya satu arah, sehingga biogas yang sudah mengalir tidak dapat mengalir kembali menuju digester. Tabung reaktor dibuat dengan ukuran diameter 5 cm dan tinggi 40 cm, hal ini dikarenakan semakin tinggi tabung (kedalaman larutan desulfurizer) maka intensitas kontak reaksi antara senyawa desulfurizer dengan gas H_2S semakin besar sehingga proses desulfurisasi gas H_2S dari biogas akan semakin efektif dan efisien [13].

Larutan desulfurizer yang digunakan pada reaktor desulfurisasi adalah larutan $Fe(OH)_3$. Hal ini merujuk pada penelitian yang telah dilaporkan Jiang *et al.*(2017) penambahan $Fe(OH)_3$ memiliki persentase desulfurisasi yang cukup baik [11]. Sedangkan, pH larutan dapat divariasikan dengan rentang pH 5-6,6. Hal ini didasari oleh penelitian yang dilaporkan Mamun *et al.*(2015), semakin bertambahnya pH larutan desulfurizer, maka efektivitas desulfurisasi menjadi berkurang. Oleh karena itu pH yang digunakan berada pada suasana asam [15]. Setelah melewati proses desulfurisasi, selanjutnya biogas tersebut dimasukkan pada tungku penyimpanan biogas hasil pemurnian dan dilengkapi kantong udara dari balon yang memiliki sifat fleksibel sehingga dapat menampung jumlah gas yang berlebih. Biogas yang sudah melewati tahap desulfurisasi selanjutnya dianalisa menggunakan instrumen Gas Chromatography (GC) untuk mengetahui kandungan gas H_2S yang masih tersisa.

Instalasi Desulfurisasi pada Biogas



Gambar 3.5: Instalasi penghilangan gas H₂S dari biogas.

BAB IV PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian studi literatur ini diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan senyawa besi sebagai desulfurizer pada pengolahan biogas berpengaruh signifikan untuk mengurangi kadar H_2S dalam biogas. Senyawa $\text{Fe}(\text{OH})_3$ memiliki tingkat desulfurisasi yang tinggi dan memiliki tingkat pencemaran lingkungan yang lebih rendah sehingga cocok digunakan sebagai senyawa desulfurizer.
2. Pada rentang pH 6- 7,8, semakin besar nilai pH pada percobaan maka efektivitas pemisahan gas H_2S semakin menurun. Hal ini dikarenakan semakin bertambahnya nilai pH, maka endapan besi hidroksida semakin bertambah mengakibatkan penurunan intensitas kontak reaksi antara gas H_2S dengan senyawa desulfurizer.

4.2 Saran

Peneliti selanjutnya disarankan tidak menggunakan FeSO_4 pada desulfurisasi *in-situ* karena dapat menaikkan jumlah gas H_2S yang terbentuk serta dapat mengatur suasana pH agar tidak lebih dari pH 6 untuk meningkatkan efektivitas penghilangan gas H_2S . Selain itu, peneliti selanjutnya disarankan untuk melakukan pengujian performansi dari alat yang telah dirancang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ritonga1, A. M., & Masrukhill. (2017). **Optimasi Kandungan Metana (CH₄) Biogas Kotoran Sapi Menggunakan Berbagai Jenis Adsorben.** *Jurnal Rona Teknik Pertanian*, 10(2). <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/RTP>
- [2] Oktavia, I., & Firmansyah, A. (2016). **Pemanfaatan Teknologi Biogas sebagai Sumber Bahan Bakar Alternatif di Sekitar Wilayah Operasional PT. Pertamina EP Asset 2 Prabumulih Field, 1, 5.**
- [3] Wiratmana, I. P. A., & Sukadana, I. G. K. (2012). **Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Bahan Kering Terhadap Produksi dan Nilai Kalor Biogas Kotoran Sapi.** *Jurnal Energi dan Manufaktur* 5(1).
- [4] Negara, K. M. T., Nindhia, T. G. T., Sucipta, I. M., & Atmika, I. K. A. (2012). **Pemurnian Biogas dari Gas Pengotor Hidrogen Sulfida (H₂S) dengan Memanfaatkan Limbah Geram Besi Proses Pembubutan, 9.**
- [5] Hamidi, N., Wardana, I., & Widhiyanuriyawan, D. (2011). **Peningkatan Kualitas Bahan Bakar Biogas Melalui Proses Pemurnian dengan Zeolit Alam, (3), 5.**
- [6] Ryckebosch, E., Drouillon, M., & Vervaeren, H. (2011). **Techniques for transformation of biogas to biomethane.** *Biomass and Bioenergy*, 35(5), 1633–1645. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.02.033>
- [7] Kapdi, S. S., Vijay, V. K., Rajesh, S. K., & Prasad, R. (2005). **Biogas scrubbing, compression and storage: perspective and prospectus in Indian context.** *Renewable Energy*, 30(8), 1195–1202. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2004.09.012>
- [8] Gelyaman, G. D. (2018). **Faktor - Faktor yang Mempengaruhi Bioavailabilitas Besi bagi Tumbuhan.** *Jurnal Sainstek Lahan Kering*, 1(1), 17–19. <https://doi.org/10.32938/slk.v1i1.439>
- [9] Awe, O. W., Zhao, Y., Nzihou, A., Minh, D. P., & Lyczko, N. (2017). **A Review of Biogas Utilisation, Purification and Upgrading Technologies.** *Waste and Biomass Valorization*, 8(2), 267–283. <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9826-4>

- [10] Fierdaus, M. (2009). **Rancang Bangun Biofilter dan Pemanfaatannya untuk Menurunkan Kandungan Hidrogen Sulfida dalam Gas Bumi pada Skala Pilot di Lapangan Migas**, 43(2), 7.
- [11] Jiang, H., Li, T., Stinner, W., Nie, H., Ding, J., & Zhou, H. (2017). **Selection of in-situ Desulfurizers for Chicken Manure Biogas and Prediction of Dosage**. *Polish Journal of Environmental Studies*, 26(1), 155–161.
<https://doi.org/10.15244/pjoes/64909>
- [12] Zhou, Q., Jiang, X., Li, X., & Jiang, W. (2016). **The control of H₂S in biogas using iron ores as in situ desulfurizers during anaerobic digestion process**. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100(18), 8179–8189.
<https://doi.org/10.1007/s00253-016-7612-7>
- [13] Lien, C.-C., Lin, J.-L., & Ting, C.-H. (2014). **Water Scrubbing for Removal of Hydrogen Sulfide (H₂S) in biogas from Hog Farms**. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, 03(02), 1–6.
<https://doi.org/10.4236/jacen.2014.32B001>
- [14] Widyati, E. (2007). **The use of sulphate-reducing bacteria in bioremediation of ex-coal mining soil**. *Biodiversitas, Journal of Biological Diversity*, 8(4), 283–286.
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d080408>
- [15] Mamun, M. R. A., & Torii, S. (2015). **Removal of Hydrogen Sulfide (H₂S) from Biogas Using Zero-Valent Iron**. *Journal of Clean Energy Technologies*, 3(6), 428–432.
<https://doi.org/10.7763/JOCET.2015.V3.236>
- [16] Termaat, H., Hogendoorn, J., & Versteeg, G. (2005). **The removal of hydrogen sulfide from gas streams using an aqueous metal sulfate absorbent Part II. The regeneration of copper sulfide to copper oxide-an experimental study**. *Separation and Purification Technology*, 43(3), 199–213.
<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2004.10.012>