



**PERMEASI GAS H₂S MENGGUNAKAN MEMBRAN PTFE
(POLITETRAFLUOROETHYLENE)**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Kimia (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh
Alifah Mustafidah
NIM 131810301002

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Almamater Tercinta, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Ummi Zamrani, Aba Mufid Sya'roni, Mahsus Amin, Nanda Farha Mufidah yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dan dukungannya hingga saya berada di posisi ini sekarang;
3. Diah Ayu Nor Sholehah dan Lilis Indah Rahmawati yang telah banyak membantu dalam penelitian saya;
4. Bapak dan Ibu guru di SD Negeri Baratan 01, SMP Negeri 4 Jember, dan SMA Negeri Arjasa, serta dosen-dosen di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, mendidik, dan membimbing dengan penuh kesabaran;
5. Teman-teman Kimia angkatan 2013 yang telah memberikan semangat, bantuan, kritik dan sarannya;
6. Sahabat-sahabat tercinta Nursiah, Arum Meta M.S, Dyah Vira, Dana Iswara P, Inayatul Mukarromah, Pricilia Citra, Ardi Budianto, Moh Ihsan F, dan Ahmad Suhardiman, terima kasih atas doa, motivasi, keceriaan dan kebersamaan selama ini;

MOTO

“Dan Allah mengeluarkan kamu dari perut ibumu dalam keadaan tidak mengetahui sesuatupun, dan Dia memberi kamu pendengaran, penglihatan dan hati, agar kamu bersyukur.”
(terjemahan Surat An-Nahl ayat 78)^{*)}

“Manusia dinilai berdasarkan perbuatan mereka. Kebesaran jiwa mereka yang menentukan karya besar mereka memang besar. Di mata orang-orang kerdil, masalah- masalah sepele menjadi besar. Bagi yang berjiwa besar, masalah- masalah besar terlihat kecil.”
(Abu Solikhin)^{**)}

^{*)} Departemen Agama RI. 2006. *Al-Qur'an dan Terjemahnya*. Jakarta: Maghfirah Pustaka.

^{**)} Abu Solikhin. 2006. *Zero to Hero*. Yogyakarta: Pro-U Media.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alifah Mustafidah

NIM : 131810301002

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: ''Permeasi Gas H₂S menggunakan Membran PTFE (*Politetrafluoroethylene*)'' adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 3 Mei 2018

Yang menyatakan,

Alifah Mustafidah

NIM 131810301002

SKRIPSI

**PERMEASI GAS H₂S MENGGUNAKAN MEMBRAN PTFE
(POLITETRAFLUOROETHYLENE)**

The background of the page features a large, faint watermark of the Universitas Jember logo. The logo is a shield-shaped emblem with a yellow background and a grey border. Inside the shield, the word "UNIVERSITAS" is written in a semi-circle at the top, and "JEMBER" is written in a semi-circle at the bottom. In the center, there is a stylized floral or leaf-like design in shades of blue and pink.

Oleh
Alifah Mustafidah
NIM 131810301002

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Asnawati, S.Si., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Dwi Indarti, S.Si., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Permeasi Gas H₂S menggunakan Membran PTFE (*Politetrafluoroethylene*)" karya Alifah Mustafidah telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Asnawati, S.Si., M.Si.
NIP. 196808141999032001

Dwi Indarti, S.Si., M.Si.
NIP. 197409012000032004

Anggota II,

Anggota III,

Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D.
NIP. 196605291993031003

Novita Andarini, S.Si., M.Si.
NIP. 197211122000032001

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Drs. Sujito, Ph.D.
NIP. 196102041987111001

RINGKASAN

Permeasi Gas H₂S Menggunakan Membran PTFE (*Politetrafluoroethylene*);
Alifah Mustafidah, 131810301002; 2018; 46 halaman; Jurusan Kimia Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Gas H₂S merupakan gas yang bersifat toksik. Gas H₂S dapat menyebabkan kerusakan pipa dan alat kompresor karena sifatnya yang korosif, menimbulkan hujan asam yang dapat merusak lingkungan dan dapat mengganggu kesehatan manusia. Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk menghilangkan keberadaan gas H₂S, salah satunya yaitu menggunakan aplikasi membran. Membran yang digunakan dalam penelitian ini yaitu membran PTFE. Membran PTFE merupakan jenis membran berpori, sehingga pola aliran yang terjadi dalam permeasi gas adalah pola aliran *Knudsen*. Sistem aliran yang digunakan yaitu system *cross flow* dengan larutan SAOB sebagai larutan penangkap gas H₂S yang lolos melewati membran untuk mencegah berubahnya S²⁻ menjadi HS⁻ ataupun H₂S. Proses permeasi gas H₂S ini terjadi dalam sebuah sel permeasi yang terbuat dari media akrilik.

Permeasi gas H₂S ini dilakukan dalam dua variasi yaitu variasi laju gas H₂S dan variasi laju SAOB. Laju alir gas dikontrol menggunakan MFC (*Mass Flow Control*). MFC yang digunakan dikalibrasi menggunakan gas dari balon udara dan tidak dilakukan kalibrasi lagi menggunakan gas H₂S. Hal ini karena MFC yang digunakan sudah tersumbat oleh arang yang dihasilkan oleh gas H₂S yang bersifat korosif, setelah proses permeasi selesai baik variasi laju gas maupun variasi laju SAOB. Pengaturan laju alir gas dilakukan dengan pemberian voltase pada MFC. Voltase yang digunakan pada range voltase 1-2 Volt. Hal ini karena pada voltase 0.50 dan 0.75 Volt, absorbansi permeat bernilai negatif. Hal ini dimungkinkan karena tekanan yang dihasilkan pada voltase 0.50 dan 0.75 Volt, tidak mampu mendorong gas H₂S melewati membran. Namun, pada voltase 2.25 dan 2.50 Volt, permeat yang diperoleh tidak dapat dianalisis menggunakan spektrofotometer Uv-Vis, disebabkan permeat menjadi keruh ketika direaksikan

dengan reagen FeCl_3 dan larutan *N,N-Dimethyl-1,4-Phenylene Diamonium Diklorida*. Permeasi optimum diperoleh pada voltase sebesar 1.5 Volt dengan laju gas sebesar 14.71 mL/menit dengan absorbansi permeat sebesar 0.709. Hal ini dimungkinkan karena pada laju tersebut tekanan yang dihasilkan merupakan tekanan optimum untuk meloloskan gas melewati membran. Permeasi optimum terletak pada laju SAOB sebesar 0.30 mL/menit dengan absorbansi permeat sebesar 0.710. Hal ini dimungkinkan karena pada kecepatan yang terendah, larutan SAOB akan lebih mudah dan lebih optimal untuk menangkap gas H_2S yang lolos melewati membran.

Kinerja membran dapat diketahui berdasarkan fluks dan koefisien permeabilitas. Berdasarkan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pada variasi laju alir gas, fluks massa optimum terletak pada laju gas sebesar 14.71 mL/menit dengan fluks massa sebesar $0.825 \text{ kg/m}^2\text{jam}$. Fluks massa optimum terletak pada laju SAOB sebesar 0.30 mL/menit dengan fluks massa sebesar $0.843 \text{ kg/m}^2\text{jam}$. Koefisien permeabilitas diperoleh berdasarkan *slope* yang dihasilkan dari pengeplotan antara fluks massa dengan tekanan. Berdasarkan tren fluks yang diperoleh, maka *slope* yang dihasilkan tidak memiliki kelinearan yang baik oleh karena itu dalam *range* tekanan tersebut dibagi menjadi dua kurva, sehingga dihasilkan dua koefisien permeabilitas. Koefisien permeabilitas bernilai positif mengindikasikan bahwa gas H_2S mudah untuk masuk ke dalam pori membran yang ditunjukkan dengan nilai koefisien permeabilitas sebesar $2.552 \text{ kg/m}^2\text{jam.bar}$. Koefisien permeabilitas bernilai negatif mengindikasikan bahwa gas H_2S cukup sulit untuk masuk ke dalam pori membran dan keluar sebagai retentat yang ditunjukkan dengan nilai koefisien permeabilitas sebesar $-0.295 \text{ kg/m}^2\text{jam.bar}$.

Persen penghilangan gas H_2S merupakan presentase banyaknya gas H_2S yang dapat dihilangkan, dengan cara menghitung gas H_2S yang lolos melewati membran. Berdasarkan hasil yang diperoleh, membran PTFE mampu meloloskan gas H_2S sebesar 88.14% pada laju gas sebesar 14.71 mL/menit dan pada variasi laju alir SAOB membran PTFE mampu meloloskan gas H_2S sebesar 89.98% dengan laju alir SAOB sebesar 0.30 mL/menit

PRAKATA

Alhamdulillah atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Permeasi Gas H₂S menggunakan Membran PTFE (*Politetrafluoroethylene*)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Asnawati, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dwi Indarti, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, kasih sayang serta doa dan membimbing dengan penuh kesabaran dalam penulisan skripsi ini;
2. Dr. Anak Agung Istri Ratnadewi, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama mejadi mahasiswa;
3. Kepala Laboratorium Kimia Analitik dan Kimia Fisik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
4. Bapak dan ibu dosen Jurusan Kimia FMIPA UNEJ yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan selama proses perkuliahan;

Akhirnya penulis berharap, semoga setiap kalimat yang ada dalam skripsi ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan.

Jember, 3 Mei 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMBUNG	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
HALAMAN PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Hidrogen Sulfida	4
2.2 Membran	5
2.2.1 Kinerja membran	6
2.2.2 Permeasi gas	8
2.3 Membran PTFE (Politetrafluoroetilena)	10
2.4 SAOB (<i>Sulfide Anhidride Oxidant Buffer</i>)	11
2.5 Spektrofotometer UV-Vis	12
2.6 pH meter	13
BAB 3. METODELOGI PENELITIAN	16
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	16
3.2 Alat dan Bahan	16
3.2.1 Alat	16
3.2.2 Bahan	16
3.3 Diagram Alir Penelitian	17
3.4 Prosedur Penelitian	18
3.4.1 Preparasi pembuatan larutan	18
3.4.2 Standarisasi larutan standart S^{2-} 1000 ppm	19
3.4.3 Pembuatan Kurva Kalibrasi	19
3.4.4 Pembuatan gas H_2S	20
3.4.5 Kalibrasi voltase <i>output mass flow</i>	20
3.4.6 Kalibrasi <i>mass flow</i> dengan larutan sabun	21
3.4.7 Kalibrasi pompa peristaltik	21
3.4.8 Penentuan konsentrasi awal gas H_2S	21

3.4.9 Optimasi proses permeasi gas H ₂ S	22
3.4.10 Permeasi gas H ₂ S dengan optimasi laju alir larutan SAOB	23
3.4.11 Proses analisis gas H ₂ S	23
3.4.12 Analisis fluks dan koefisien permeabilitas	24
3.4.13 Analisis Persen penghilangan gas H ₂ S	25
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Desain Alat Permeasi Gas H₂S	26
4.2 Kinerja Membran PTFE dalam Proses Permeasi Gas H₂S dengan Variasi Laju Alir Gas	32
4.2.1 Fluks membran PTFE (<i>Politetrafluoroethylene</i>)	35
4.2.2 Koefisien permeabilitas	36
4.2.3 Persen penghilangan gas H ₂ S	38
4.3 Kinerja Membran PTFE dalam Proses Permeasi Gas H₂S dengan Variasi Laju Alir SAOB	39
4.3.1 Fluks membran PTFE (<i>Politetrafluoroethylene</i>)	40
4.3.2 Persen penghilangan gas H ₂ S	41
BAB 5. PENUTUP	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	47

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Sistem alir <i>Dead-end</i> (a) dan <i>Cross flow</i> (b)	6
2.2 Struktur membran PTFE	10
2.3 Komponen-komponen penyusun pH meter	14
3.1 Proses permeasi gas H ₂ S	24
4.1 Rangkaian alat permeasi gas	26
4.2 MFC SEC-4400	27
4.3 Kurva kalibrasi voltase Mass Flow	29
4.4 Sel permeasi	30
4.5 Reaksi pembentukan kompleks Metilen biru	31
4.6 Hasil <i>scanning</i> panjang gelombang maksimum larutan standar S ²⁻ 1000 ppm	32
4.7 Hasil optimasi laju alir gas H ₂ S dengan laju alir larutan SAOB 0.30 mL/menit	33
4.8 Interaksi gas H ₂ S dengan permukaan membran PTFE	34
4.9 Kurva pengaruh laju alir gas H ₂ S terhadap Fluks dengan laju alir larutan SAOB 0.30 mL/menit	35
4.10 Kurva hasil pengaruh tekanan terhadap fluks	36
4.11 Pengaruh laju alir gas H ₂ S terhadap Persen Penghilangan gas H ₂ S dengan laju alir larutan SAOB 0.30 mL/menit	38
4.12 Kurva Optimasi laju alir larutan penangkap SAOB dengan laju alir gas H ₂ S 14.19 mL/menit	39
4.13 Pengaruh kecepatan larutan SAOB terhadap fluks dengan laju alir gas H ₂ S 14.19 mL/menit	41
4.14 Pengaruh kecepatan larutan SAOB terhadap Persen Penghilangan dengan laju alir gas H ₂ S 14.19 mL/menit	42

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 3.1 Pembuatan Larutan HCl 15 %.....	47
Lampiran 3.2 Pembuatan Larutan NaOH 10 M.....	47
Lampiran 3.3 Pembuatan Larutan Induk S ²⁻ 1000 ppm.....	47
Lampiran 3.4 Pembuatan larutan KIO ₃ 2140 ppm	48
Lampiran 3.5 Standarisasi larutan standart S ²⁻ 1000 ppm dengan larutan KIO ₃ 2140 ppm	48
Lampiran 3.6 Pembuatan larutan standart S ²⁻ 100 ppm dari larutan standart S ²⁻ 1000 ppm yang telah di standarisasi	48
Lampiran 3.7 Pembuatan larutan standart S ²⁻ untuk pembuatan kurva Kalibrasi	49
Lampiran 3.8 Pembuatan gas H ₂ S	49
Lampiran 3.9 Kalibrasi <i>Mass Flow</i> dengan larutan sabun	50
Lampiran 3.10 Kalibrasi <i>Voltase Mass Flow</i>	51
Lampiran 3.11 Perhitungan kecepatan dan tekanan berdasarkan <i>mass flow</i>	52
Lampiran 3.12 Kalibrasi pompa peristaltik	53
Lampiran 3.13 Penentuan panjang gelombang maksimum	54
Lampiran 3.14 Penentuan kurva kalibrasi larutan standart S ²⁻ 1000 ppm.	55
Lampiran 4.1 Optimasi kecepatan gas H ₂ S	56
Lampiran 4.2 Penentuan fluks membran <i>Politetrafluoroethylene</i> (PTFE).....	58
Lampiran 4.3 Penentuan koefisien permeabilitas (Lp)	60
Lampiran 4.4 Penentuan konsentrasi gas H ₂ S awal (tanpa membran) ...	61
Lampiran 4.5 Penentuan konsentrasi gas H ₂ S pada Permeat	62
Lampiran 4.6 Penentuan Persen Penghilangan gas H ₂ S	62
Lampiran 4.7 Optimasi kecepatan larutan SAOB	63

Lampiran 4.8	Penentuan Fluks membran <i>Politetrafluoroethylene</i> (PTFE).....	65
Lampiran 4.9	Penentuan Persen Penghilangan gas H ₂ S.....	67



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gas H₂S merupakan gas yang bersifat toksik. Gas H₂S dapat berasal dari biogas dan gas alam yang merupakan sumber bahan bakar. Menurut Rahayu (2014), biogas tersusun dari 50-75 % CH₄, 24-40% CO₂ dan ± 2 % H₂S, sedangkan pada gas alam terdiri dari beberapa senyawa hidrokarbon seperti CH₄ (83.029 %), N₂ (0.52 %), CH₂ (11.48 %), CO₂ (4.97 %) dan H₂S (0.0008%). Gas H₂S dapat menyebabkan kerusakan pada pipa dan alat kompresor karena sifatnya yang korosif, menimbulkan hujan asam yang dapat merusak lingkungan dan dapat mengganggu kesehatan manusia (Faisol, 2013).

Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk menghilangkan keberadaan gas H₂S, salah satunya yaitu menggunakan aplikasi membran. Membran yang biasanya digunakan untuk proses permeasi gas H₂S yaitu membran yang bersifat hidrofobik. Membran-membran yang bersifat hidrofobik yaitu diantaranya membran PVDF (*Poly-Vinylidene Difluoride*), PTFE (*Poly-Tetrafluoroethylene*), PP (Polipropilen) dan PE (Polietilen) (Ardiyanto, 2016). Berdasarkan keempat membran tersebut, membran PTFE memiliki keunggulan dibandingkan yang lain. Membran PTFE merupakan membran hidrofobik yang bersifat sangat stabil dalam proses permeasi gas. Keunggulan lain dari membran PTFE dalam permeasi gas H₂S yaitu bersifat inert, sehingga dengan begitu membran PTFE akan mampu melewatkan gas H₂S tanpa adanya reaksi kimia yang terjadi (Redondo *et al.*, 2017). Berdasarkan Redondo *et al* (2017) menyatakan bahwa membran PTFE lebih efektif dalam permeasi gas H₂S, HCN dan NH₃ dibandingkan menggunakan membran PVDF. Membran PVDF dilaporkan bahwa hanya sebagian efisien dalam permeasi gas H₂S, N₂, HCOOH dan CH₃COOH. Berdasarkan keunggulan-keunggulan membran PTFE tersebut, maka dalam penelitian ini digunakan membran PTFE untuk permeasi gas H₂S.

Permeasi gas H₂S menggunakan membran PTFE ini dilakukan dengan menggunakan sistem *cross flow* dengan larutan SAOB sebagai larutan penangkap gas H₂S untuk mencegah berubahnya S²⁻ menjadi HS⁻ ataupun H₂S (Redondo *et*

al., 2017). Ada banyak faktor yang dapat mempengaruhi hasil permeasi gas menggunakan membran. Beberapa faktor tersebut antara lain, laju alir gas H₂S, laju alir larutan penangkap SAOB, waktu permeasi dan pengaruh suhu (Mulder, 1996). Dua dari beberapa faktor yang mempengaruhi permeasi gas tersebut digunakan untuk analisis dalam penelitian ini, yaitu faktor laju alir gas H₂S dan laju alir larutan penangkap SAOB. Dua faktor tersebut sangat mempengaruhi hasil permeasi gas H₂S. Hal ini karena besarnya laju alir gas H₂S yang diumpankan melewati membran, dan besarnya laju alir larutan penangkap SAOB akan mempengaruhi banyaknya gas H₂S yang akan terpermeasi ke dalam membran (Redondo *et al.*, 2017). Menurut Mulder (1996), prinsip permeasi didasarkan pada perbedaan konsentrasi antara umpan dan permeat, sehingga akan terjadi perpindahan massa dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi yang lebih rendah. Berdasarkan pernyataan tersebut dapat diasumsikan bahwa semakin cepat laju gas H₂S yang di alirkan dan semakin lambat laju alir larutan SAOB maka kemungkinan terjadinya permeasi akan semakin besar. Pergerakan larutan SAOB yang lambat akan memungkinkan semakin banyaknya gas H₂S yang tertangkap oleh larutan SAOB.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas, diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh laju alir gas H₂S terhadap permeasi gas H₂S menggunakan membran PTFE?
2. Bagaimana pengaruh laju alir larutan penangkap SAOB terhadap permeasi gas H₂S dan persen penghilangan gas H₂S menggunakan membran PTFE ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, diperoleh tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh laju alir gas H₂S terhadap permeasi gas H₂S menggunakan membran PTFE

2. Mengetahui pengaruh laju alir larutan penangkap SAOB terhadap permeasi gas H_2S dan persen penghilangan gas H_2S menggunakan membran PTFE

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Membran yang digunakan merupakan membran PTFE komersial
2. Larutan penangkap yang digunakan adalah larutan SAOB
3. Suhu yang digunakan merupakan suhu ruang
4. Waktu permeasi yang digunakan selama 10 menit
5. Sumber gas H_2S diperoleh dari reaksi FeS dan HCl 15% yang disimpan dalam botol bervolume 2 L dengan tekanan gas sebesar 1.3 bar
6. Analisis kadar gas H_2S menggunakan spektrofotometer *visible*

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari penelitian ini yaitu:

1. Memberikan informasi mengenai proses permeasi gas H_2S menggunakan membran PTFE.
2. Diperoleh metode permeasi gas H_2S yang mudah serta bersifat ramah lingkungan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hidrogen Sulfida (H₂S)

Hidrogen Sulfida (H₂S) merupakan senyawa yang berifat toksik dengan wujudnya berupa gas tidak berwarna, pada konsentrasi yang rendah gas H₂S memiliki bau busuk dan berat dari gas H₂S lebih berat dari udara (Wandira, 2016). Keberadaan gas H₂S dalam gas alam dapat menyebabkan banyak kerugian, seperti kerusakan pada pipa dan kerusakan pada alat kompresor. Menurut pernyataan Faisol (2013), kerusakan tersebut terjadi karena gas H₂S yang bersifat korosif dan merupakan zat pengotor pada gas alam serta merupakan zat racun dalam pembuatan amoniak. Keberadaan gas H₂S diudara dengan konsentrasi 0.002 ppm sudah dapat diketahui atau tercium, sedangkan adanya gas H₂S diudara dengan konsentrasi > 20 ppm dapat menyebabkan kematian. Selain itu, keberadaan gas H₂S juga dapat menyebabkan timbulnya hujan asam yang dapat merusak lingkungan serta dapat mengganggu kesehatan manusia, sehingga dengan alasan tersebut keberadaan gas H₂S di udara harus dihilangkan (Mahdi *et al.*, 2011).

Berikut adalah sifat-sifat kimia dan fisika yang dimiliki oleh H₂S :

Berat molekul	: 34.08 gram/mol
Warna	: tidak berwarna
Fase	: gas
Titik didih	: -60.3 °C
Titik leleh	: -86 °C
Temperatur kritis	: 100.4 °C
Tekanan uap	: 1880 kPa
Tekanan kritis	: 8940 kPa
Kelarutan (dalam air)	: 3980 mg/L

(Praxair, 2016).

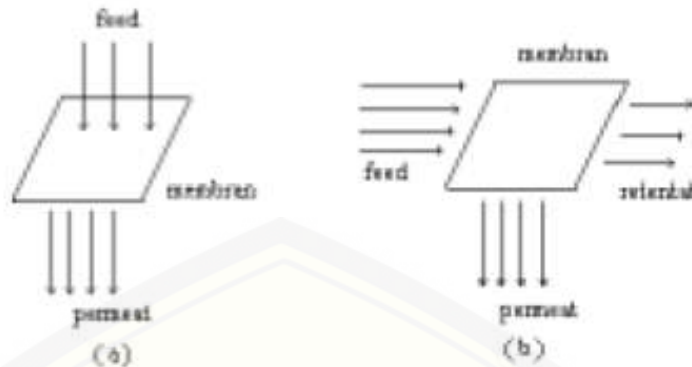
Manusia dapat mengetahui adanya gas H₂S pada konsentrasi sebesar 0,0005 ppm sampai konsentrasi 0,3 ppm. Gas H₂S lepas bebas dari sumbernya baik biogas maupun gas alam ke udara bebas dan menyebar ke udara lapisan bawah. Gas H₂S bersifat lebih berat dari udara yang menyebabkan gas ini berada pada

lapisan bawah. Gas H₂S ini dapat bertahan di udara selama ±18 jam-3 hari, pada kondisi tersebut gas H₂S dapat teroksidasi menjadi gas SO₂ (Sianipar, 2009). Gas H₂S yang teroksidasi menjadi SO₂ dan SO₃ inilah yang dapat bereaksi membentuk asam sulfat ketika bertemu dengan air di udara, yang nantinya dapat menimbulkan hujan asam yang dapat merusak lingkungan baik biotik maupun abiotik (Chiang, 1987).

2.2 Membran

Membran merupakan materi penyekat atau pemisah yang dapat digunakan untuk memisahkan suatu campuran baik campuran homogen maupun campuran heterogen yang bersifat selektif. Prinsip kerja dari membran yaitu memisahkan partikel berdasarkan ukurannya, baik berupa cairan, padatan maupun gas dengan adanya tekanan yang sengaja diberikan, sehingga terjadi perpindahan zat melalui membran (Mulder, 1996). Penggunaan membran dalam proses pemisahan campuran memiliki banyak kelebihan yaitu diantaranya konsumsi energi yang rendah, sistem operasi yang sederhana dan mudah, serta emisi karbon yang rendah (Mahdi *et al.*, 2011). Kelebihan lain penggunaan membran dalam proses pemisahan gas yaitu dapat menghilangkan gas CO₂, H₂S, dan uap air secara simultan, perawatannya mudah, tidak mudah meledak (Sutanto, 2016).

Sistem alir pada aplikasi membran ada dua jenis yaitu sistem alir *Dead-end* dan sistem alir *Cross flow*. Sistem alir *Dead-end* merupakan sistem alir dengan posisi aliran tegak lurus, sehingga terbentuk sudut 0° antara aliran umpan dengan pori membran. Sistem alir *Cross flow* merupakan sistem alir dengan posisi aliran sejajar dengan permukaan membran, sehingga terbentuk sudut 90° antara aliran umpan dengan pori membran. Umpan yang berhasil melewati membran disebut sebagai permeat sedangkan umpan yang tertahan atau tidak lolos melewati membran disebut sebagai retentat (Rintoko, 2012). Sistem alir *Cross flow* dalam aplikasi membran lebih dipilih dibandingkan penggunaan sistem alir *Dead-end*, hal ini karena pada penggunaan sistem alir *Dead-end*, membran akan lebih cepat rusak dibandingkan penggunaan sistem alir *Cross flow*. Sistem alir *Dead-end* dan *Cross flow* ditunjukkan pada gambar 2.1.

Gambar 2.1 Sistem alir *Dead-end* (a) dan *Cross flow* (b)

2.2.1 Kinerja membran

Proses pemisahan menggunakan membran didasarkan pada 4 jenis gaya dorong yaitu gradien tekanan (ΔP), gradien konsentrasi (ΔC), gradien temperatur (ΔT) dan gradien potensial listrik (ΔE).

1. Gradien tekanan (ΔP)

Proses permeasi berdasarkan perbedaan tekanan (ΔP). Prinsip permeasi ini didasarkan pada perbedaan tekanan antara umpan dan permeat, yang biasanya digunakan pada proses mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi, dan reverse osmosis. Kinerja membran tersebut dapat dilihat dari nilai fluks (J) dan rejeksi (R) yang diperoleh. Nilai fluks (J) dan rejeksi (R) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$J_v = \frac{V}{A \cdot t} \quad (2.1)$$

$$R = 1 - \frac{C_p}{C_f} \quad (2.2)$$

Keterangan :

- J_v = volume fluks (liter/m².s)
- V = volume permeat (liter)
- A = luas permukaan membran (m²)
- t = waktu (s)
- R = rejeksi / retensi (span = 0–1)
- C_p = konsentrasi permeat
- C_f = konsentrasi umpan

Nilai fluks dihitung berdasarkan besarnya laju alir umpan yang terdistribusi dalam setiap luas permukaan membran. Nilai fluks semakin besar apabila laju alir permeat semakin besar sedangkan luas permukaan membran semakin kecil. Nilai rejeksi dihitung berdasarkan perbandingan antara konsentrasi permeat dan retentat yang berhasil lolos melewati membran (Mulder, 1996). Nilai fluks juga dapat dinyatakan dalam bentuk fluks massa ($\text{kg/m}^2 \cdot \text{jam}$). Nilai fluks massa (J_m) dapat dihitung menggunakan persamaan 2.3.

$$J_m = \frac{m}{A \times t} \quad (2.3)$$

Keterangan :

- J_m = fluks massa ($\text{kg/m}^2 \cdot \text{jam}$)
- m = massa permeat (kg)
- A = luas permukaan membran (m^2)
- t = waktu (jam)

2. Gradien Konsentrasi (ΔC)

Proses permeasi berdasarkan perbedaan konsentrasi (ΔC). Prinsip permeasi ini didasarkan pada perbedaan konsentrasi antara umpan dan permeat, sehingga dengan adanya perbedaan konsentrasi akan terjadi perpindahan massa dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi yang lebih rendah, yang biasanya digunakan pada proses pervaporasi, permeasi gas, permeasi uap, dialisis, dan dialisis-difusi. Kinerja membran tersebut dapat dilihat dari nilai fluks (J) dan rejeksi (R) yang diperoleh.

$$J_v = \frac{Q_p}{A_m} \quad (2.4)$$

$$\alpha_{A/B} = \frac{(P/L)_A}{(P/L)_B} \quad (2.5)$$

$$(P/L) = \frac{Q_p}{A_m \cdot \Delta P} = \frac{Q_p}{n \pi D l \Delta P} \quad (2.6)$$

Keterangan :

- J_v = volume fluks ($\text{L/m}^2 \text{ s}$)
- Q_p = laju alir permeat (L/s)

- A_m = luas permukaan membran (m^2)
 $\alpha_{A/B}$ = selektivitas zat A terhadap zat B
(P/L) = *permeance* ($1 \text{ GPU} = 1 \times 10.6 \text{ cm}^3 \text{ (STP)}/(\text{cm}^2 \text{ s cmHg})$)
 ΔP = beda tekanan (cmHg)
 n = jumlah fiber dalam modul
 l = panjang *hollow fiber* (m atau cm)
 D = diameter *hollow fiber* (m atau cm)

(Mulder, 1996).

3. Gradien Temperatur (ΔT)

Proses permeasi yang berdasarkan pada perbedaan temperatur (ΔT). Prinsip permeasi berdasarkan perbedaan temperatur biasanya digunakan pada penggunaan thermo-osmosis dan distilasi membran. Kinerja membran tersebut dapat dilihat dari nilai fluks (J) dan selektivitas (α) (Mulder, 1996).

4. Gradien Potensial Listrik (ΔE)

Proses permeasi yang berdasarkan pada perbedaan potensial listrik (ΔE). Prinsip permeasi berdasarkan perbedaan potensial listrik biasanya digunakan pada penggunaan elektrodialisis, elektroosmosis, dan membran-elektrolisis. Kinerja membran tersebut dapat dilihat dari nilai fluks (J) dan selektivitas (α) (Mulder, 1996).

2.2.2 Permeasi gas

Jenis membran yang dapat digunakan dalam proses permeasi gas yaitu dapat berupa membran pori ataupun membran non-pori. Penggunaan membran non-pori berfungsi sebagai batas atau sekat antara fasa gas dan fasa cair, sedangkan pada penggunaan membran pori, terjadi proses selektif dan perpindahan partikel gas dari fasa gas ke fasa cairan yang kondisinya terkontrol. Penggunaan membran pori dapat menyebabkan transfer perpindahan massa dari gas ke cairan menjadi kecil, hal ini karena tahanan dari membran tersebut. Akibatnya, membran pori lebih disukai pada aplikasi membran kontaktor (Sutanto, 2016).

1. Permeasi gas pada membran berpori

Mekanisme perpindahan yang terjadi pada permeasi gas di sepanjang membran berpori, antara lain :

a. *Viscous flow*

Mekanisme perpindahan *Viscous flow* merupakan perpindahan gas atau permeasi gas yang terjadi berdasarkan pada ukuran pori membran.

b. *Knudsen diffusion*

Mekanisme perpindahan *knudsen diffusion* sama dengan mekanisme perpindahan *viscous flow*. Mekanisme *knudsen diffusion* biasanya digunakan dalam proses pemisahan gas. Menurut Pabby dkk. (2009), *knudsen diffusion* terjadi pada aplikasi pemisahan gas menggunakan membran anorganik *microporous* atau di sepanjang pori kecil dalam dense polymer membran. Aliran *Knudsen* terjadi apabila aliran gas melalui pori kecil kemudian terjadi tumbukan antara dinding pori dan molekul gas yang menyebabkan terjadinya aliran laminar (Mulder, 1996).

c. *Slip flow*

Mekanisme *Slip flow* merupakan mekanisme *intermediate* antara mekanisme *viscous flow* dan *knudsen diffusion*.

d. *Sieving action*

Mekanisme pemisahan gas dengan *sieving action* berdasarkan pada perbedaan ukuran molekul gas 3–5°A .

e. *Surface diffusion*

Mekanisme *surface diffusion* disebabkan oleh absorpsi atau adsorpsi gas ke dalam permukaan membran, gas yang terabsorpsi atau teradsorpsi akan terdifusi di sepanjang pori membran. *Surface diffusion* biasanya digunakan dalam proses pemisahan gas. Proses pemisahan gas dengan *surface diffusion* bergantung pada sifat kimia gas dan permukaan membran.

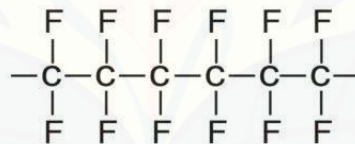
2. Permeasi gas pada membran tidak berpori

Mekanisme permeasi gas pada membran tidak berpori yaitu menggunakan mekanisme *solution-diffusion*. Mekanisme permeasi gas tersebut bergantung pada perbedaan permeabilitas gas di sepanjang membran yang akan dijadikan umpan.

Tingkat permeabilitas tergantung pada sifat fisika gas yang akan dipisahkan dan kestabilan polimer (Pabby dkk, 2009).

2.3 Membran PTFE (Politetrafloroetilena)

Membran PTFE (politetrafloroetilena) merupakan polimer termoplastik yang memiliki wujud berupa padatan yang berwarna putih dengan massa jenis pada suhu ruang sebesar 2.2 gram/cc. Membran PTFE memiliki titik didih sebesar 327°C, namun akan terdegradasi pada suhu 260°C (Rintoko, 2012). Membran PTFE merupakan membran yang bersifat non polar atau hidrofobik, sehingga membran PTFE ini mampu memisahkan campuran yang bersifat polar atau hidrofilik tanpa adanya reaksi yang terjadi. Membran PTFE merupakan membran dengan ukuran pori bekisar antara 0.2 µm–10.0 µm, sehingga membran PTFE dapat digolongkan sebagai membran mikrofiltrasi. Membran PTFE memiliki stabilitas termal yang tinggi, bersifat inert, tegangan permukaan yang kecil serta memiliki koefisien gesekan yang kecil yaitu 0.05 sampai 1.0 (Rintoko, 2012).



Gambar 2.2 Struktur membran PTFE

Membran PTFE atau sering juga disebut sebagai teflon banyak dimanfaatkan untuk alat-alat masak. Bahan ini bersifat tahan terhadap suhu yang tinggi dan bersifat anti lengket (Rintoko, 2012). Membran PTFE memiliki struktur berupa rantai karbon panjang yang dikelilingi atom fluor yang ditunjukkan pada gambar 2.2. Ikatan yang terjadi antara atom karbon dan fluor merupakan ikatan yang sangat kuat, sehingga membran PTFE mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

- a. Membran PTFE bersifat tahan terhadap bahan kimia seperti *ozone*, *acetid acid*, *sulfuric acid*, *chlorine*, *ammonia* dan *hydrochloric acid*.
- b. Membran PTFE bersifat tahan terhadap radiasi sinar Ultra Violet

- c. Membran PTFE mempunyai performa yang baik terhadap suhu yang ekstrim seperti tahan pada suhu -240 °C sampai 260 °C

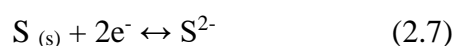
(Rintoko, 2012).

2.4 SAOB (*Sulfide Anhidride Oxidant Buffer*)

“Larutan SAOB (*Sulfide Anhydride Oxidant Buffer*) merupakan larutan golongan antioksidan yang terbuat dari sodium hidroksida (80 gram/L), disodium EDTA (67 gram/L) dan asam askorbat (35 gram/L). Antioksidan merupakan suatu molekul yang dapat memperlambat atau mencegah proses oksidasi molekul lain. Antioksidan juga dapat melindungi dari bahaya radikal bebas oksigen.” (ASTM, 1987).

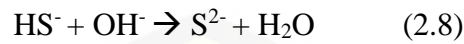
Antioksidan merupakan molekul yang mampu memperlambat atau mencegah proses oksidasi molekul lain. Antioksidan selain sebagai senyawa yang dapat memperlambat oksidasi di dalam bahan juga dapat melindungi bahan dari bahaya radikal bebas oksigen. Antioksidan terdiri dari dua yaitu antioksidan alam dan antioksidan sintetik. Antioksidan alam terdapat dalam turunan fenol, kuomarin, hidroksi sinamat, tokoferol, difenol (asam klorogenat, kurkumin), flavonoid (lutelin, quersetin, rhamnetin, metilquersetin), kathekin, nonfenol, asam askorbat. Antioksidan sintetik antara lain butilhidroksianisol, butilhidroksitoluen, propil galat, etoksiqun. SAOB (*Sulfide Anhydride Oxidant Buffer*) adalah antioksidan yang terbuat dari sodium hidroksida (80 g/l), disodium EDTA (67 g/l), dan asam askorbat (35 g/l). SAOB merupakan antioksidan yang berfungsi untuk mempertahankan ion S^{2-} agar tidak terbentuk HS^- atau H_2S kembali. SAOB sebagai garam berfungsi sebagai anti oksidan untuk mencegah oksidasi sulfida. SAOB juga dapat menstabilkan pH larutan karena fungsinya sebagai buffer (ASTM, 1987).

Asam askorbat dalam larutan SAOB berfungsi untuk mencegah terjadinya oksidasi sulfida oleh udara, dengan kondisi tersebut sulfida dapat dipertahankan dalam bentuk S^{2-} . Persamaan reaksi yang terjadi dapat dilihat pada persamaan 2.7.



Sifat NaOH yang bersifat basa dalam larutan SAOB juga ikut berperan penting dalam mempertahankan sulfida dalam bentuk S^{2-} yaitu dengan cara

mencegah terbentuknya S^{2-} menjadi HS^- , hal ini disebabkan oleh sifat gas H_2S yang bersifat asam akan menyebabkan gas H_2S akan stabil dalam suasana asam, sedangkan pada suasana basa gas H_2S akan berubah menjadi bentuk S^{2-} . Persamaan reaksi yang terjadi dapat dilihat pada persamaan 2.8.



(Schenk and Ebink, 1985).

2.5 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis merupakan alat yang digunakan untuk mengukur serapan yang dihasilkan dari suatu sampel sebagai fungsi dari panjang gelombang pada daerah UV-Vis (Khopkar, 1990). Berdasarkan hukum Lambert-Beer yang menyatakan bahwa daerah serapan berbanding lurus dengan ketebalan dan konsentrasi, sehingga semakin besar daerah serapannya maka semakin besar konsentrasi dan ketebalannya. Berikut persamaan hukum Lambert-Beer:

$$A = a \cdot b \cdot C \text{ (gram / liter)} \quad (2.9)$$

$$A = \varepsilon \cdot b \cdot C \text{ (mol / liter)} \quad (2.10)$$

Keterangan :

A = serapan

a = absorptivitas ($g^{-1} \text{ cm}^{-1}$)

b = ketebalan (cm)

C = konsentrasi ($g \text{ L}^{-1}$)

ε = absorptivitas molar ($M^{-1} \text{ cm}^{-1}$)

Spektrofotometer UV-Vis terdiri dari beberapa bagian penyusun yaitu sebagai berikut:

1. Sumber cahaya

Sumber cahaya yang digunakan pada Spektrofotometer UV-Vis ada dua jenis yaitu berasal dari lampu Deuterium (HD) dan lampu Tungsten (*walfram*). Lampu Deuterium (HD) pada Spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk daerah serapan pada panjang gelombang bekisar 180–400 nm (UV) dan lampu Tungsten (*walfram*) untuk daerah serapan pada panjang gelombang 400–800 nm (visibel).

2. Monokromator

Monokromator pada Spektrofotometer UV–Vis berupa prisma, grating, celah optis dan filter. Monokromator berfungsi sebagai pemecah cahaya polikromatis menjadi cahaya monokromatis dengan panjang gelombang tertentu.

3. Kuvet

Kuvet merupakan wadah sampel yang akan dianalisis menggunakan Spektrofotometer UV–Vis. Kuvet yang baik merupakan kuvet yang tidak berwarna, bagian permukaan kuvet sejajar, tidak ikut bereaksi dengan sampel, tidak rapuh, serta memiliki bentuk yang sederhana. Kuvet yang akan digunakan dipilih berdasarkan daerah serapan sampel yang akan dianalisis. Analisis pada daerah Uv menggunakan kuvet berbahan *fused* silika atau kuarsa, sedangkan analisis pada daerah visible menggunakan kuvet berbahan gelas, silika atau plastik. Pemilihan kuvet ini dilakukan dengan tujuan untuk melewatkan panjang gelombang yang diinginkan.

4. Detektor

Detektor merupakan alat yang dapat mengubah energi radiasi yang mengenainya menjadi signal listrik, sehingga dapat diperoleh besaran yang dapat diukur.

5. Amplifier

Amplifier merupakan alat yang berfungsi sebagai penguat signal yang dihasilkan oleh detektor

6. Recorder

Recorder merupakan alat yang berfungsi sebagai pencatat. Hasil yang diperoleh dapat berupa gambar, angka ataupun kurva

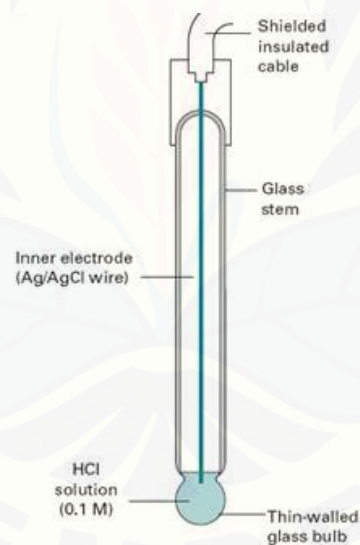
(Day dan Underwood, 1981 ; Khopkar,1990 ; Rohman, 2007).

2.6 pH meter

pH merupakan derajat keasaman yang dijadikan sebagai tolak ukur untuk mengetahui tingkat keasaman ataupun kebasaan suatu larutan. Larutan dikatakan asam apabila memiliki pH kurang dari 7 dan larutan dikatakan basa apabila

memiliki pH lebih dari 7 (Azmi dkk, 2016). Tingkat keasaman suatu larutan dapat diketahui dengan cara sederhana menggunakan kertas lakmus, namun dalam penggunaannya tidak dapat diketahui secara pasti nilai pH suatu larutan. Kertas lakmus hanya dapat mengindikasikan suatu larutan bersifat basa atau bersifat asam. Besarnya pH dari sebuah larutan dapat diukur menggunakan pH meter.

pH meter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur derajat keasaman suatu larutan mulai dari pH 0 sampai pH 14. pH meter tersusun dari 2 buah elektroda yaitu elektroda kaca dan elektroda referensi (Azmi dkk, 2016). Prinsip kerja dari pH meter yaitu dengan cara memanfaatkan adanya beda potensial dari elektroda yang ada pada sensor dengan ion elektron khususnya ion H^+ pada larutan yang diukur, kemudian akan dikonversi menjadi bentuk digital dan ditampilkan pada layar (Pambudi dkk, 2014).



Gambar 2.3 Komponen-komponen penyusun pH meter

Gambar 2.3 merupakan gambar komponen-komponen penyusun pH meter, terlihat pada gambar bahwa pada bagian ujung elektrode kaca merupakan lapisan kaca yang memiliki ketebalan sebesar 0.1 mm yang memiliki bentuk bulat (bulb). Bulb tersebut dihubungkan dengan silinder kaca yang bersifat non konduktor atau plastik memanjang. Silinder kaca tersebut diisi dengan larutan HCl (0,1 M). Sebuah kawat elektroda panjang yang berbahan dasar perak terendam larutan HCl,

yang pada bagian permukaannya akan terbentuk senyawa setimbang yaitu berupa AgCl. Elektroda Ag/AgCl memiliki nilai potensial stabil, disebabkan konstannya jumlah dari larutan HCl yang terdapat pada sistem tersebut. Bagian permukaan bulb kaca tersebut yang merupakan inti dari sensor pH yang memiliki kemampuan untuk bertukar ion positif (H^+) dengan larutan terukur (Azmi dkk, 2016).

pH meter dalam penelitian ini digunakan untuk mengukur pH larutan SAOB. pH larutan SAOB di ukur untuk memastikan larutan SAOB memiliki pH sekitar 14, hal ini disebabkan besarnya pH larutan SAOB dapat mempengaruhi kemampuan larutan SAOB untuk mempertahankan sulfida dalam bentuk S^{2-} dan tidak kembali dalam bentuk H_2S . Gas H_2S merupakan gas yang bersifat asam sehingga dalam suasana asam gas H_2S akan stabil, sedangkan pada suasana basa gas H_2S akan berubah menjadi bentuk S^{2-} .

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik dan Kimia Fisik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember pada bulan Juli 2017 sampai Maret 2018.

3.2 Alat dan Bahan

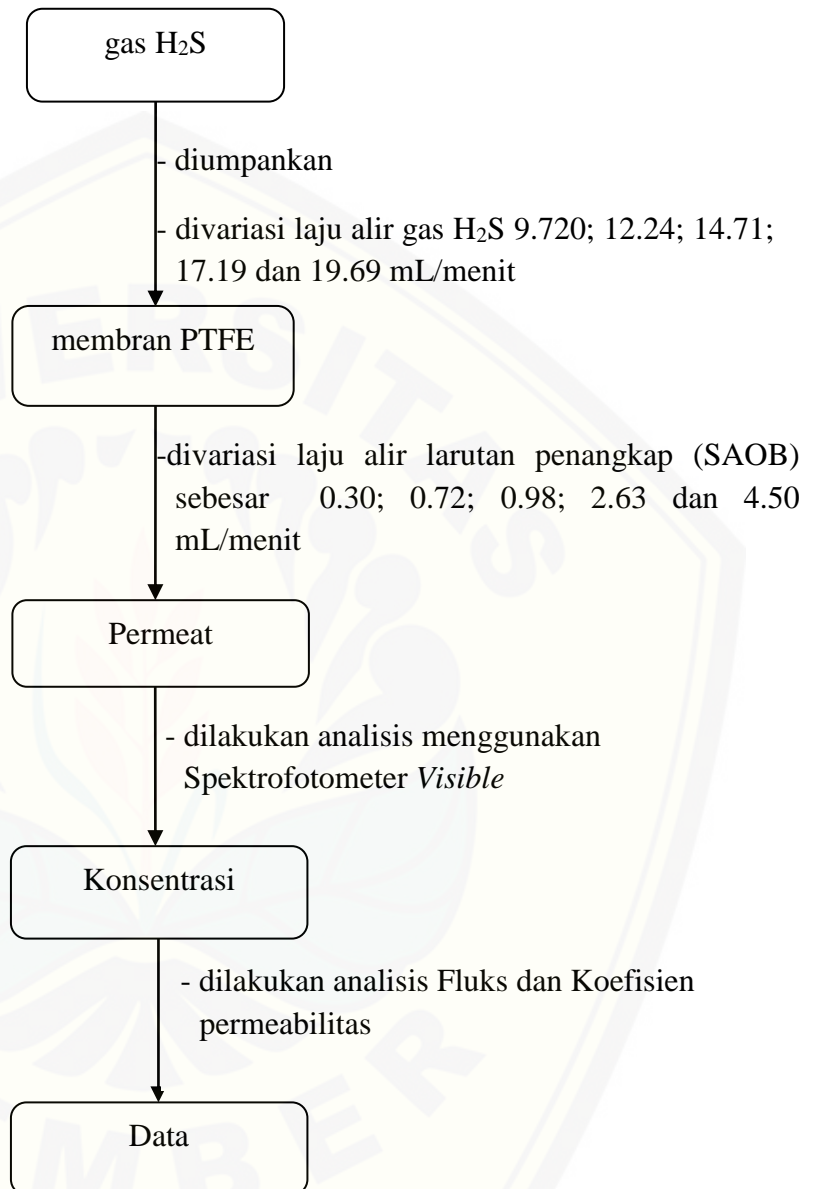
3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : spektrofotometer UV-Vis (model 752), media akrilik ukuran 11x11 cm tebal 1 cm, botol penyimpanan gas 2 L, gelas beaker 50 mL; 100 mL; 250 mL, labu ukur 50 mL; 100 mL, gelas ukur 10 mL; 50 mL, pipet *mohr* 10 mL, pipet volume 1 mL dan 5 mL, pipet tetes, corong gelas, spatula, *ball* pipet, gelas arloji, pengaduk, botol semprot, kaki tiga, selang, *mass flow controller* SEC-4400 (STEC), *power supply* \pm 15 Volt dan \pm 24 Volt (S-120-24), LabJack (UE9-Pro), Volt meter, pH meter (EUTECH), kuvet (GB-T26791), program *LabView*, manometer 1 bar dan pompa peristaltik.

3.2.2 Bahan

Bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain: FeS 90% (*Merck*), HCl pa 37% (*Merck*), gas N₂ 99.99%, membran PTFE (*Poly-Tetrafluoroethylene*) komersial dengan ukuran pori 0.22 μ m (Millipore FGLP 29325), NaOH 95% (*Merck*), asam askorbat 99% (*Merck*), Na₂EDTA 99% (*Merck*), H₂SO₄ 97%, KIO₃ (*Merck*), KI 99.5% (*Merck*), FeCl₃.6H₂O 99% (*Merck*), Na₂S.9H₂O 99% (*Merck*), tepung kanji, larutan *N,N-Dimethyl-1,4-Phenylene Diamonium Diklorida* 99% (*Merck*), dan akuades.

3.3 Diagram Alir Penelitian



3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Preparasi pembuatan larutan

a. Pembuatan larutan SAOB (*Sulfide Anhidride Oxidant Buffer*)

Larutan SAOB (*Sulfide Anhidride Oxidant Buffer*) dibuat dengan cara melarutkan campuran asam askorbat sebanyak 3.5 gram dan 6.7 gram Na_2EDTA ke dalam 60 mL akuades kemudian diaduk sampai semua larut, ditambahkan dengan 20 ml NaOH 10 M. Larutan tersebut kemudian diencerkan menggunakan labu ukur 100 mL hingga tanda batas. pH larutan SAOB (*Sulfide Anhidride Oxidant Buffer*) diukur menggunakan pH meter (Redondo *et al.*, 2017).

b. Pembuatan larutan standart S^{2-} 1000 ppm

Larutan standar S^{2-} 1000 ppm dibuat dengan cara melarutkan $\text{Na}_2\text{S}\cdot 9\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 0.75 gram ke dalam labu ukur 100 mL kemudian diencerkan sampai tanda batas.

c. Pembuatan larutan KIO_3 2140 ppm

Larutan KIO_3 dibuat dengan cara melarutkan kristal KIO_3 sebanyak 0.214 gram ke dalam labu ukur 100 mL kemudian diencerkan sampai tanda batas.

d. Pembuatan larutan KI 5%

Larutan KI 5% dibuat dengan cara melarutkan kristal KI sebanyak 5 gram ke dalam labu ukur 100 mL kemudian diencerkan sampai tanda batas.

e. Pembuatan larutan amilum 1%

Larutan amilum 1% dibuat dengan cara melarutkan tepung kanji sebanyak 1 gram dalam 100 mL akuades. Campuran dipanaskan sampai mendidih kemudian didinginkan dan disaring.

f. Pembuatan larutan induk pereaksi asam sulfat-amina

Larutan induk pereaksi asam sulfat-amina dibuat dengan cara mencampurkan 2 mL akuades yang diambil menggunakan pipet mohr 5 mL dengan 5 mL H_2SO_4 pa menggunakan pipet volume 5 mL . Pencampuran akuades dengan H_2SO_4 pa dilakukan dalam penangas es, kemudian ditambahkan dengan 2.7 gram *N,N-Dimethyl-1,4-Phenylen Diamonium Diklorida* dan kemudian diencerkan dalam labu ukur 10 mL (simpan dalam botol gelap) (Badan Standart Nasional, 2009).

g. Pembuatan larutan H_2SO_4 (1+1)

Larutan H_2SO_4 (1+1) dibuat dengan cara melarutkan H_2SO_4 sebanyak 5 mL menggunakan pipet volume 5 mL ke dalam 5 mL akuades yang dilakukan dalam gelas beaker (Badan Standart Nasional, 2009).

h. Pembuatan larutan pereaksi asam sulfat-amina

Larutan pereaksi asam sulfat-amina dibuat dengan cara melarutkan 0.2 mL larutan induk asam sulfat amina ke dalam 7.8 mL H_2SO_4 (1+1) yang dilakukan dalam gelas beaker 25 mL (Badan Standart Nasional, 2009).

i. Pembuatan larutan FeCl_3 2.5 ppm

Larutan FeCl_3 dibuat dengan cara melarutkan padatan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 20 gram dalam 8 mL akuades (Badan Standart Nasional, 2009).

3.4.2 Standarisasi larutan standar S^{2-} 1000 ppm

Larutan KIO_3 diambil sebanyak 10 mL ke dalam Erlenmeyer dan tambahkan dengan 5 mL KI 5% dan 5 mL H_2SO_4 1M. Larutan KIO_3 tersebut kemudian dititrasi dengan larutan standar S^{2-} sampai terbentuk warna kuning dan tambahkan dengan indikator amilum 1% sebanyak 10 tetes sehingga terbentuk warna biru dan lanjutkan titrasi kembali sampai warna biru tersebut hilang, yang merupakan kondisi titik akhir titrasi.

3.4.3 Pembuatan Kurva Kalibrasi

Kurva kalibrasi dibuat dengan cara mengambil larutan standar S^{2-} 1000 ppm sebanyak 5 mL menggunakan pipet volume 5 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL dan diencerkan hingga tanda batas, sehingga diperoleh larutan standar S^{2-} konsentrasi 100 ppm. Larutan standar S^{2-} 100 ppm dibuat variasi konsentrasi sebesar 0.04; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5; 0.6; 0.7; 0.8 ppm dengan mengambil masing-masing sebanyak 0.02; 0.05; 0.1; 0.15; 0.2; 0.25; 0.3; 0.35 dan 0.4 mL menggunakan pipet mohr 1 mL dan masing-masing dimasukkan dalam labu ukur 50 mL kemudian diencerkan hingga tanda batas. Penggunaan konsentrasi tersebut dipilih karena pada range konsentrasi tersebut sampel gas H_2S masuk ke dalam range kurva kalibrasi. Larutan tersebut kemudian ditambahkan 0.5 mL larutan

pereaksi asam sulfat-amina dan 3 tetes larutan FeCl_3 kemudian dibolak-balik sekali kemudian didiamkan selama 5 menit. Larutan blanko dibuat dengan mencampurkan akuades 10 mL dengan 0.5 larutan pereaksi asam sulfat-amina dan 3 tetes larutan FeCl_3 (Badan Standart Nasional, 2009). *Scanning* dilakukan terlebih dahulu untuk penentuan panjang gelombang maksimum. *Scanning* dilakukan menggunakan larutan kompleks S^{2-} 0,4 ppm pada range panjang gelombang 600 sampai 800 nm. Absorbansi larutan kompleks S^{2-} konsentrasi 0.04; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5; 0.6; 0.7; 0.8 ppm diukur pada panjang gelombang maksimumnya dan dibuat kurva kalibrasinya dengan sumbu x yang menyatakan konsentrasi larutan kompleks S^{2-} dan sumbu y menyatakan absorbansi. Berdasarkan kurva kalibrasi yang dihasilkan akan diperoleh persamaan regresi linear dengan persamaan $y = mx + c$.

3.4.4 Pembuatan gas H_2S

FeS sebanyak 5 gram dimasukkan dalam botol bervolume 2 L dengan tekanan gas sebesar 1.3 bar yang dilengkapi dengan tutup botol yang terhubung dengan selang, kemudian ditambahkan dengan HCl 15% sebanyak 50 mL. Tutup segera untuk mencegah gas H_2S lolos keluar dari botol. Gas yang dihasilkan kemudian langsung dialirkan ke dalam sel permeasi dengan menggunakan selang yang dikontrol dengan *mass flow control* untuk permeasi gas. Kecepatan gas H_2S yang dialirkan ke dalam sel permeasi diatur menggunakan *mass flow control*. Tekanan gas H_2S yang dialirkan ditentukan berdasarkan spesifikasi *mass flow control* yang tersedia.

3.4.5 Kalibrasi voltase *output mass flow*

Kalibrasi voltase *output mass flow* dilakukan dengan cara menghubungkan *mass flow* dengan konektor power supply ± 15 Volt, kemudian hubungkan *mass flow* dengan LabJack. LabJack tersebut kemudian dihubungkan dengan komputer untuk mengatur voltase input *mass flow* menggunakan aplikasi LabView. Voltase yang diberikan mulai dari 1; 1.25; 1.5; 1.75 dan 2 Volt. Voltase *output mass flow* yang dihasilkan diukur menggunakan volt meter dengan cara mengukur voltase

pada bagian *pinout* nomor 1 yang merupakan Set 0-5 Volt dan *pinout* nomor 2 dan 3 yang merupakan *power common output* 0-5 Volt. Voltase output yang terukur oleh volt meter kemudian dicatat dan dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan untuk masing-masing voltase.

3.4.6 Kalibrasi *mass flow* dengan larutan sabun

Kalibrasi *mass flow* dilakukan dengan cara mengisi buret dengan larutan sabun sebanyak 1 ml, kemudian hubungkan selang pada ujung buret yang terhubung dengan *mass flow*. Selang yang terhubung dengan *mass flow* dihubungkan lagi dengan balon udara. Gas H₂S kemudian dialirkan selama 1 menit dengan kecepatan gas sebesar 9.720; 12.24; 14.71; 17.19 dan 19.69 mL/menit yang dikontrol dengan *mass flow*. Volume yang naik diukur waktunya menggunakan *stopwatch*. Perlakuan tersebut diulangi sebanyak 3 kali pengulangan.

3.4.7 Kalibrasi pompa peristaltik

Kalibrasi pompa peristaltik dilakukan dengan cara mengalirkan akuades ke dalam gelas ukur 10 mL sampai volume akuades sebanyak 1 mL dengan laju alir yang dikontrol dengan pompa peristaltik dan diukur waktu menggunakan *stopwatch*. Kalibrasi pompa peristaltik dilakukan dengan variasi kecepatan ke-1; 2; 3; 4 dan 5. Kecepatan yang diperoleh kemudian digunakan untuk mengalirkan SAOB ke dalam sel permeasi.

3.4.8 Penentuan konsentrasi awal gas H₂S

Penentuan konsentrasi awal gas H₂S ini dilakukan dengan cara mengalirkan gas H₂S dalam botol yang merupakan hasil reaksi FeS dengan HCl menggunakan selang yang dikontrol dengan *mass flow* pada voltase sebesar 1; 1.25; 1.5; 1.75 dan 2 Volt ke dalam 6 mL larutan SAOB secara langsung tanpa melewati membran dalam gelas ukur 10 mL selama 10 menit. Selang gas H₂S harus dipastikan tercelup dalam larutan SAOB, untuk mencegah gas H₂S lolos ke udara. Gas H₂S yang digunakan dibuat untuk setiap pengulangan permeasi. Setiap satu

kali pengulangan permeasi, gas H_2S digunakan untuk 5 variasi laju alir gas. Masing-masing variasi laju alir gas dialirkan selama 10 menit. Permeat yang diperoleh diambil sebanyak 0.5 mL dan dimasukkan dalam labu ukur 10 mL kemudian encerkan sampai tanda batas. Permeat ditambahkan dengan 0.5 mL larutan pereaksi asam sulfat-amina dan 3 tetes $FeCl_3$. yang akan membentuk kompleks metilen biru. Larutan kompleks metilen biru kemudian diencerkan dengan cara mengambil sebanyak 1 mL dan dimasukkan dalam labu ukur 50 mL, encerkan sampai tanda batas sehingga total pengenceran menjadi 1000 kali. Larutan blanko yang digunakan sama dengan larutan blanko pada pembuatan kurva kalibrasi. Larutan diambil sebanyak 5 mL yang kemudian dimasukkan dalam kuvet dan dianalisis menggunakan spektrofotometer visibel pada panjang gelombang maksimum. Absorbansi yang diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung konsentrasi gas yang tertangkap oleh larutan SAOB. Konsentrasi yang diperoleh kemudian dikonversi menjadi massa gas H_2S awal yang tertangkap oleh larutan SAOB.

3.4.9 Optimasi proses permeasi gas H_2S

Gas H_2S dialirkan ke dalam sel permeasi yang telah berisi membran PTFE. Selang yang akan digunakan dilakukan *pretreatment* terlebih dahulu dengan mengalirkan gas N_2 ke dalam selang untuk mengusir adanya gas-gas lain di dalam selang. Gas H_2S dari botol dialirkan ke dalam sel permeasi dengan menggunakan selang yang dikontrol dengan *mass flow control* dengan variasi laju alir gas H_2S sebesar 9.720; 12.24; 14.71; 17.19 dan 19.69 mL/menit. Gas H_2S yang digunakan dibuat untuk setiap pengulangan permeasi. Setiap satu kali pembuatan gas H_2S digunakan untuk 5 variasi laju alir gas untuk satu kali pengulangan. Masing-masing variasi laju alir gas dialirkan selama 10 menit. Gas H_2S yang lolos melewati membran kemudian ditangkap oleh larutan SAOB, dengan kondisi laju alir larutan SAOB dibuat konstan yaitu sebesar 0.30 mL/menit. Percobaan tersebut dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk masing-masing kecepatan gas dengan tiga kali produksi gas H_2S . Gas H_2S yang digunakan merupakan gas hasil reaksi antara FeS dengan HCl , sehingga banyaknya gas yang

dihasilkan dan tekanan yang dihasilkan tidak dapat dipastikan akan tetap setelah beberapa menit dialirkan. Larutan SAOB dialirkan dengan bantuan pompa peristaltik ke dalam sel permeasi sebagai larutan penangkap gas H_2S yang lolos melewati membran. Larutan SAOB yang sudah mengikat gas H_2S yang lolos melewati membran disebut sebagai permeat. Permeat yang diperoleh kemudian ditampung menggunakan gelas ukur 10 mL.

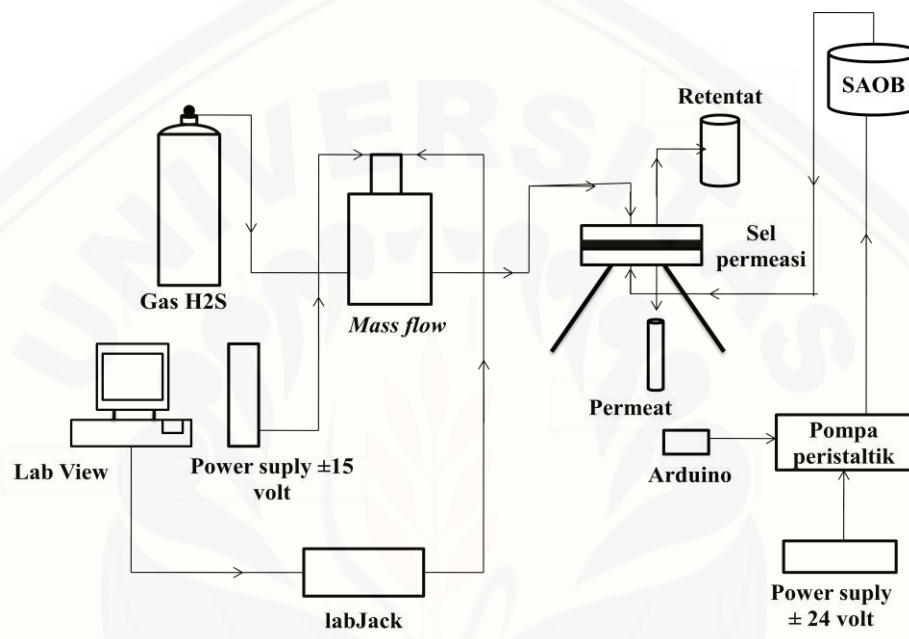
3.4.10 Permeasi gas H_2S dengan optimasi laju alir larutan penangkap SAOB (*Sulfide Anhidride Oxidant Buffer*)

Gas H_2S dari botol dialirkan ke dalam sel permeasi dengan menggunakan selang yang dikontrol dengan *mass flow control* dengan laju alir gas H_2S optimum dan variasi laju alir larutan SAOB sebesar 0.30; 0.72; 0.98; 2.63 dan 4.5 mL/menit. Gas H_2S yang digunakan dibuat untuk setiap pengulangan permeasi. Setiap satu kali pengulangan permeasi, gas H_2S digunakan untuk 5 variasi laju alir SAOB. Masing-masing variasi laju alir SAOB, gas dialirkan selama 10 menit. Larutan SAOB dialirkan dengan bantuan pompa peristaltik ke dalam sel permeasi sebagai larutan penangkap gas H_2S yang lolos dari membran (Gambar 3.1). Permeat yang diperoleh kemudian ditampung menggunakan gelas ukur 10 mL. Percobaan dilakukan dengan tiga kali pengulangan. Rangkaian alat yang digunakan dalam permeasi gas H_2S dapat dilihat pada Gambar 3.1.

3.4.11 Proses analisis gas H_2S

Permeat yang diperoleh diencerkan sebanyak 20 kali dengan cara mengambil sebanyak 0.5 mL dan dimasukkan dalam labu ukur 10 mL, kemudian encerkan sampai tanda batas. Permeat yang telah diencerkan kemudian diambil sebanyak 10 mL menggunakan pipet volume 10 mL ke dalam botol vial 25 mL, kemudian tambahkan dengan 0.5 mL larutan pereaksi asam sulfat-amina dan 3 tetes $FeCl_3$ sebagai reagen yang akan membentuk kompleks metilen biru. Kompleks metilen biru kemudian diencerkan sebanyak 25 kali dengan cara mengambil sebanyak 1 mL dan dimasukkan dalam labu ukur 25 mL, diencerkan sampai tanda batas sehingga total pengenceran menjadi 500 kali. Larutan

kemudian dimasukkan dalam kuvet dan dianalisis menggunakan spektrofotometer visibel pada panjang gelombang maksimum. Larutan blanko yang digunakan sama dengan larutan blanko pada pembuatan kurva kalibrasi. Konsentrasi gas H_2S pada larutan penangkap SAOB dapat ditentukan dari perhitungan persamaan linier dari kurva kalibrasi yang diperoleh dan dari konsentrasi tersebut dapat ditentukan fluks massa gas H_2S .



Gambar 3.1 Proses permeasi gas H_2S

3.4.12 Analisis fluks dan koefisien permeabilitas

Analisis fluks dan koefisien permeabilitas ini dilakukan untuk mengetahui kinerja membran dalam permeasi gas H_2S menggunakan membran PTFE. Analisis ini dilakukan dengan cara menghitung besarnya fluks menggunakan persamaan 2.3. Fluks yang digunakan merupakan fluks massa dari gas H_2S yang lolos melewati membran. Massa gas H_2S yang lolos melewati membran diperoleh dari konsentrasi gas H_2S dalam permeat yang kemudian dikonversi ke dalam bentuk massa. Penentuan fluks massa dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan untuk masing-masing kecepatan baik untuk variasi laju gas maupun variasi laju SAOB. Nilai koefisien permeabilitas diperoleh dari nilai *slope* yang dihasilkan dari pengeplotan antara fluks massa dengan tekanan. Nilai koefisien permeabilitas

ditentukan dari tingkat kelinieran kurva hasil pengeplotan antara fluks massa dengan tekanan. Kurva yang dihasilkan apabila tidak linier, maka kurva tersebut dipecah mengikuti tingkat kelinieran. Penentuan koefisien permeabilitas dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan.

3.4.13 Analisis Persen Penghilangan gas H₂S

Persen penghilangan gas H₂S digunakan untuk menentukan besarnya presentase banyaknya gas H₂S yang dapat dihilangkan, dengan cara menghitung gas H₂S yang lolos melewati membran. Analisis Persen penghilangan gas H₂S ini dilakukan dengan cara membandingkan massa gas H₂S dalam permeat dengan massa gas H₂S awal dikalikan 100%. Massa gas H₂S dalam permeat diperoleh dari gas H₂S yang lolos melewati membran yang tertangkap oleh larutan SAOB, sedangkan massa gas H₂S awal diperoleh dari gas H₂S yang tertangkap langsung oleh larutan SAOB tanpa melewati membran. Massa gas H₂S diperoleh dari hasil konversi konsentrasi gas H₂S dalam permeat ke dalam bentuk massa, dengan cara mengkalikan konsentrasi gas H₂S dalam permeat dengan volume permeat. Persen penghilangan hasil permeasi dapat dihitung menggunakan persamaan 3.1.

$$\% \text{ Penghilangan} = \left(\frac{\text{Massa gas H}_2\text{S permeat}}{\text{Massa gas H}_2\text{S awal}} \right) \times 100\% \quad (3.1)$$

Keterangan:

Massa awal gas H₂S = massa gas H₂S tanpa melewati membran
Massa permeat = massa gas H₂S yang melewati membran

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian permeasi gas H₂S menggunakan membran PTFE adalah sebagai berikut :

1. Pengaruh laju alir gas H₂S terhadap permeasi menggunakan membran PTFE yaitu semakin besar kecepatan gas H₂S maka permeasi gas cenderung semakin meningkat dengan besar Persen penghilangan gas optimum sebesar 88.14% pada kecepatan larutan gas H₂S sebesar 14.71 mL/menit..
2. Pengaruh laju alir larutan penangkap SAOB terhadap permeasi gas H₂S menggunakan membran PTFE yaitu semakin rendah kecepatan larutan SAOB maka gas H₂S yang tertangkap akan semakin meningkat dengan besar Persen penghilangan gas optimum sebesar 89.98 % pada kecepatan larutan SAOB sebesar 0.30 mL/menit.

5.2 Saran

Hal terpenting yang perlu diperhatikan dalam proses permeasi gas adalah mencegah terjadinya kebocoran, yaitu dengan cara memastikan kondisi membran dalam keadaan baik (tidak terlipat atau rusak) dan botol gas H₂S harus dipastikan dalam kondisi rapat. *Mass flow* yang akan digunakan seharusnya dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan gas H₂S.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2002. AOAC International methods committee guidelines for validation of qualitative and quantitative food microbiological official methods of analysis. *Journal AOAC International*. 85: 1–5.
- Ardiyanto, Ilham. 2016 . Kontaktor Membran Cair-Gas Untuk Pemisahan Gas CO₂. *Skripsi*. Bandung : Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung.
- ASTM. 1983. *Standard Test Method for Water Vapor Transmission Rate of Material (E96)*. *Annual Book of ASTM Standards*: Philadelphia. American Society for Testing and Material.
- Azmi dkk, 2016. Sistem Penghitung pH Air pada Tambak Ikan Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Ilmiah Sains dan Komputer*. 15(2): 101-108.
- Badan Standar Nasional. 2009. *Cara Uji Sulfida dengan Biru Metilen Secara Spektrofotometri*. Jakarta: Badan Standart Nasional.
- Day, R.A. dan Underwood, A.L. 1981. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi 4*. Jakarta: Erlangga.
- Ermer, J., dan Miller, J. H. 2005. *Method Validation in Pharmaceutical Analysis*. Germany: The Federal Republic of Germany.
- Faisol, A., dan Thomas. 2013. Adsorpsi H₂S pada Gas Alam Menggunakan Membran Keramik Dengan Metode Titrasi Iodometri. *Jurnal Teknik Kimia*. 19(4): 22-28.
- Khopkar, S. M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI Press.
- Mahdi, P.C. Houman, S. Mohammad, S. Takeshi, M., dan Shahram, T. 2011. Removal of Hydrogen Sulfide From Methane Using Commercial Polyphenylene Oxide and Cardo-type Polyimide Hollow Fiber Membranes. *Korean Journal Chemistry Engineering*. 28(3): 902-913.

- Mulder, M. 1996. *Basic Prinsiple of Membran Technology*, 2nd edition. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.
- Mulyati dkk. 2017. Karakteristik Membran Asimetris *Polietersufone* (Pes) dengan Pelarut *Dimetil Formamide* dan *N-Metil-2-Pyrolidone*. *Biopropal Industri* 8(1):55-62.
- Nury dkk. 2015. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum dan pH Optimum dalam Pembuatn Tes Kit Sianida Berdasarkan Pembentukan Hidrantin. *Kimia Student Journal*. 1(1):711-717.
- Pabby dkk. 2009. *Handbook of Membrane Separations Chemical, Pharmaceutical, Food, and Biotechnological Applications*. New York : CRC Press Taylor and Francis Group.
- Pambudi dkk. 2014. Identifikasi Daging Segar dan Busuk Menggunakan Sensor Warna RGB dan pH Meter Digital. *Jurnal Teknologi Technoscientia*. 7(1):46-53.
- Praxair. 2016. Hydrogen Sulfide. Material Measurement Laboratory. <http://www.amp.generalair.com>. [Diakses 18 April 2017].
- Redondo, R., Vinicius, CM., Mireia, B., Javier, L., dan David, G. 2017. On-line Monitoring of Gas-Phase Bioreactors for Biogas Treatment: Hydrogen Sulfideand Sulfide Analysis by Automated Flow Systems. *Anal Bioanal Chem*. 391: 789-798.
- Rintoko, A. 2012. Kajian Filtrasi Air Limbah Sungai Ciliwung Menggunakan Membran Selulosa Asetat dan Teflon. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Riyanto. 2014. *Validasi dan Verifikasi Metode Uji Sesuai dengan ISO/iec 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi Edisi 1*. Yogyakarta: Deepublish.
- Rohman, Abdul. 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Pustaka Pelajar: Yogyakarta.

Sianipar, Reinhard. 2009. Analisis Paparan Hidrogen Sulfida pada Masyarakat Sekitar TPA Sampah Terjun Kecamatan Medan Marelan. Tesis. Medan: Universitas Sumatera utara.

Sutanto, Kevin. 2016 . Teknologi Membran dalam Pengolahan Gas Alam. *Skripsi*. Bandung : Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung.

Wade, L.G. 2010. *Organic Chemistry Seventh Edition*. United States of America: Person Prentice Hall.

Wang. 1993. *Baffled Membrane Modules Made With Hollow Fiber Fabric*. *Journal Of Membrane Science*. 85(3): 265-278.

Wandira, Ayu. 2016. Analisis Penanganan Konsentrasi Hidrogen Sulfida Dalam Minyak Bumi Lapangan Tiaka Kabupaten Morowali Utara Provinsi Sulawesi Tengah. *Skripsi*. Jakarta: Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Muslim Indonesia.

Wenten dkk. 2010. *Pengantar Teknologi Membran*. Bandung: Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung.

LAMPIRAN

3.1 Pembuatan Larutan HCl 15 %

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$37 \% \times 101,3 \text{ mL} = M_2 \times 250 \text{ mL}$$

$$M_2 = \frac{37 \% \times 101,3 \text{ mL}}{250 \text{ mL}}$$

$$M_2 = 14,9 \%$$

3.2 Pembuatan Larutan NaOH 10 M

$$n = \frac{\text{massa}}{M_r}$$

$$n = \frac{40,011 \text{ gram}}{40 \text{ g/mol}} = 1,00 \text{ mol}$$

$$M = \frac{n}{V}$$

$$M = \frac{1,00 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}}$$

$$M = 10 \text{ M}$$

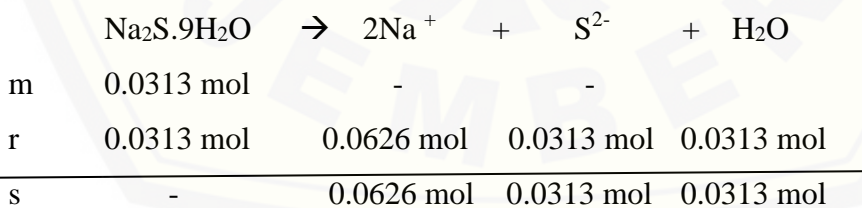
3.3 Pembuatan Larutan Induk S²⁻ 1000 ppm

$$1000 \text{ ppm} = 1000 \text{ mg/L}$$

$$1000 \text{ mg/L} = \frac{1,000 \text{ gram}}{L}$$

$$\text{massa S}^{2-} = 1,000 \text{ gram}$$

$$\text{mol} = \frac{\text{massa}}{M_r S} = \frac{1,000 \text{ gram}}{32 \text{ g/mol}} = 0,0313 \text{ mol}$$



$$\text{massa Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O} = \text{mol Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O} \times M_r \text{ Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$$

$$= 0,0313 \text{ mol} \times 240,1 \text{ g/mol}$$

$$= 7,515 \text{ gram}$$

3.4 Pembuatan larutan KIO_3 2140 ppm

$$\text{ppm} = \frac{0.2142 \text{ gram}}{0.1 \text{ L}} = \frac{214.2 \text{ mg}}{0.1 \text{ L}} = 2142 \text{ ppm}$$

3.5 Standarisasi larutan standart S^{2-} 1000 ppm dengan KIO_3 2140 ppm

Ulangan	V KIO_3	V larutan standart S^{2-}	Konsentrasi larutan standart S^{2-} (ppm)
1	10	21.5	996.3
2	10	21.6	991.7
3	10	21.5	996.3
Rata-rata			994.8

Contoh:

- Perhitungan pada ulangan 1:

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$2142 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL} = M_2 \times 21.5 \text{ mL}$$

$$M_2 = \frac{2142 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}}{21.5 \text{ mL}}$$

$$M_2 = \frac{21420 \text{ ppm}}{21.5 \text{ mL}}$$

$$M_2 = 996.3 \text{ ppm}$$

3.6 Pembuatan larutan standart S^{2-} 100 ppm dari larutan standart S^{2-} 1000 ppm yang telah di standarisasi

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$994.8 \text{ ppm} \times V_1 = 100 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}}{994.8 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = \frac{5000 \text{ mL}}{994.8}$$

$$V_1 = 5.026 \text{ mL}$$

$$V_1 = 5 \text{ mL}$$

3.7 Pembuatan larutan standart S²⁻ untuk pembuatan kurva kalibrasi

Konsentrasi larutan standart S ²⁻ (ppm)	Volume larutan standart S ²⁻ 100 ppm (mL)
0.04	0.02
0.10	0.05
0.20	0.10
0.30	0.15
0.40	0.20
0.50	0.25
0.60	0.30
0.70	0.35
0.80	0.40

Contoh:

Perhitungan pada konsentrasi larutan standart S²⁻ 0.40 ppm:

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 0.40 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{0.40 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = \frac{20 \text{ mL}}{100}$$

$$V_1 = 0.20 \text{ mL}$$

3.8 Pembuatan gas H₂S

- massa FeS = 5.009 gram
- ρ_{HCl} = 1.19 g/cm³
- Mr HCl = 36.5 g/mol
- V HCl 14.9 % = 0.05 L
- V botol gas H₂S = 2 L

$$\text{mol FeS} = \frac{\text{massa}}{\text{Mr FeS}} = \frac{5.009 \text{ gram}}{88 \text{ g/mol}} = 0.057 \text{ mol}$$

$$M_{\text{HCl } 14.9 \%} = \frac{(10 \times \% \times \rho)}{\text{Mr}}$$

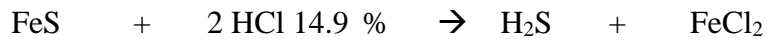
$$M_{\text{HCl } 14.9 \%} = \frac{(10 \times 14.9 \% \times 1.19 \text{ g/cm}^3)}{36.5 \text{ g/mol}}$$

$$M_{\text{HCl } 14.9 \%} = 4.86 \text{ M}$$

$$M_{\text{HCl } 14.9\%} = \frac{\text{mol}}{V_{\text{HCl } 14.9\%}}$$

$$\text{mol} = M_{\text{HCl } 14.9\%} \times V$$

$$= 4.86 \text{ M} \times 0.05 \text{ L} = 0.243 \text{ mol}$$



m	0.057 mol	0.243 mol	-	
r	0.057 mol	0.114 mol	0.057 mol	0.057 mol
s	-	0.129 mol	0.057 mol	0.057 mol

$$\text{mol} = \frac{\text{massa}}{Mr_{\text{H}_2\text{S}}}$$

$$\text{massa H}_2\text{S} = \text{mol} \times Mr_{\text{H}_2\text{S}}$$

$$= 0.057 \text{ mol} \times 34.08 \text{ g/mol}$$

$$= 1.943 \text{ gram}$$

$$[\text{gas H}_2\text{S}] = \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{1943 \text{ mg}}{2 \text{ L}} = 973.5 \text{ ppm}$$

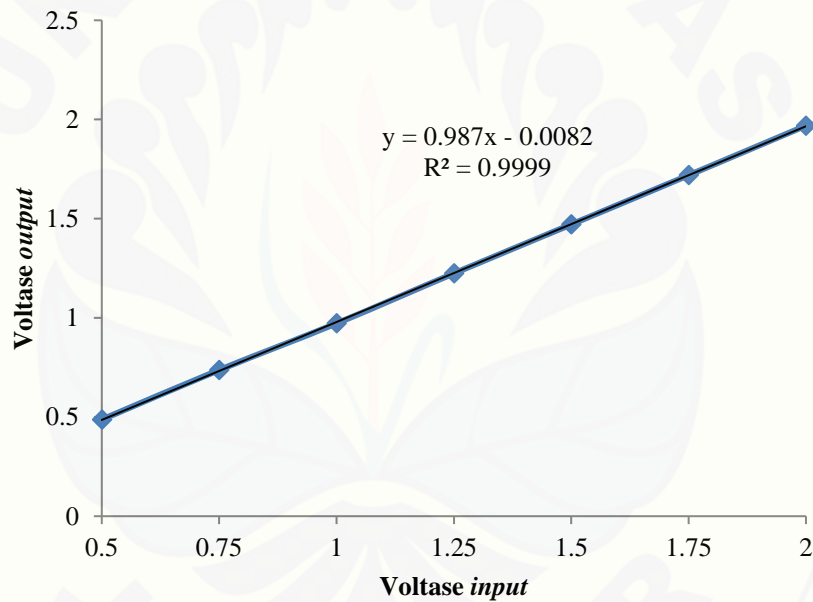
3.9 Kalibrasi *mass flow* dengan larutan sabun

Voltage input (Volt)	Kecepatan gas (mL/menit)			Rata-rata	SD
	1	2	3		
0.50	5.100	5.200	5.200	5.167	0.058
0.75	7.600	7.500	7.500	7.500	0.058
1.00	10.10	10.00	10.00	10.03	0.058
1.25	12.50	12.60	12.50	12.53	0.058
1.50	15.00	15.10	15.20	15.10	0.100
1.75	17.50	17.50	17.60	17.53	0.058
2.00	20.30	20.00	20.10	20.13	0.153

3.10 Kalibrasi Voltase *Mass Flow*

Kalibrasi voltase dilakukan untuk mengetahui keakuratan *mass flow*

Voltase <i>input</i> (Volt)	Voltase terukur (Volt)			Rata-Rata	SD
	1	2	3		
0.500	0.487	0.487	0.487	0.487	0.0000
0.750	0.737	0.737	0.737	0.737	0.0000
1.000	0.972	0.972	0.972	0.972	0.0000
1.250	1.224	1.224	1.224	1.224	0.0000
1.500	1.471	1.471	1.471	1.471	0.0000
1.750	1.719	1.719	1.719	1.719	0.0000
2.000	1.969	1.969	1.969	1.969	0.0000



3.1 Kurva kalibrasi voltase *Mass Flow*

3.11 Perhitungan kecepatan dan tekanan berdasarkan *mass flow*

Mass flow yang digunakan memiliki spesifikasi kecepatan maksimum sebesar 50.00 mL/menit dan tekanan maksimum sebesar 3.00 bar.

Voltase maksimum alat (volt)	Voltase <i>input</i> (Volt)	Voltase terukur (volt)	Kecepatan maksimum alat (mL/menit)	Kecepatan gas H ₂ S sebelum terukur (mL/menit)	Kecepatan gas H ₂ S terukur (mL/menit)	P maksimum alat (bar)	P gas sebelum terukur (bar)	P gas terukur (bar)
5.000	0.500	0.487	50.00	5.000	4.870	3.00	0.300	0.292
5.000	0.750	0.737	50.00	7.500	7.370	3.00	0.450	0.442
5.000	1.000	0.972	50.00	10.00	9.720	3.00	0.600	0.583
5.000	1.250	1.224	50.00	12.50	12.24	3.00	0.750	0.734
5.000	1.500	1.471	50.00	15.00	14.71	3.00	0.900	0.883
5.000	1.750	1.719	50.00	17.50	17.19	3.00	1.050	1.031
5.000	2.000	1.969	50.00	20.00	19.69	3.00	1.200	1.181

Contoh:

- Perhitungan kecepatan gas H₂S sebelum terukur pada voltase sebesar 0.500 Volt :

$$\begin{aligned} \frac{5.000 \text{ Volt}}{50.00 \text{ mL/menit}} &= \frac{0.500 \text{ Volt}}{x} \\ x &= \frac{50.00 \frac{\text{mL}}{\text{menit}} \times 0.500 \text{ Volt}}{5.000 \text{ Volt}} \\ x &= 5.000 \text{ mL/menit} \end{aligned}$$

- Perhitungan kecepatan gas H₂S terukur pada voltase sebesar 0.500 Volt :

$$\frac{5.000 \text{ Volt}}{50.00 \text{ mL/menit}} = \frac{0.487 \text{ Volt}}{x}$$

$$x = \frac{50.00 \frac{\text{mL}}{\text{menit}} \times 0.487 \text{ Volt}}{5.000 \text{ Volt}}$$

$$x = 4.870 \text{ mL/menit}$$

- Perhitungan tekanan gas sebelum terukur pada voltase sebesar 0.500 Volt :

$$\frac{50.0 \text{ mL/menit}}{3.00 \text{ bar}} = \frac{5.000 \text{ mL/menit}}{x}$$

$$x = \frac{5.000 \frac{\text{mL}}{\text{menit}} \times 3.00 \text{ bar}}{50.00 \text{ mL/menit}}$$

$$x = 0.300 \text{ bar}$$

- Perhitungan tekanan gas terukur pada voltase sebesar 0.500 Volt :

$$\frac{50.0 \text{ mL/menit}}{3.00 \text{ bar}} = \frac{4.870 \text{ mL/menit}}{x}$$

$$x = \frac{4.870 \frac{\text{mL}}{\text{menit}} \times 3.00 \text{ bar}}{50.00 \text{ mL/menit}}$$

$$x = 0.292 \text{ bar}$$

3.12 Kalibrasi pompa peristaltik

Kecepatan ke-	V.SAOB (mL)	t (menit)			Rata-rata	Kecepatan SAOB (mL/menit)	SD
		1	2	3			
1	1	3.50	3.30	3.30	3.37	0.30	0.1155
2	1	1.38	1.38	1.39	1.38	0.72	0.0058
3	1	1.02	1.03	1.02	1.02	0.98	0.0058
4	1	0.38	0.38	0.39	0.39	2.63	0.0058
5	1	0.22	0.22	0.23	0.22	4.50	0.0058

Contoh:

- Perhitungan pada kecepatan ke-1 :

$$\frac{1 \text{ mL}}{3.37 \text{ menit}} = 0.30 \text{ mL/menit}$$

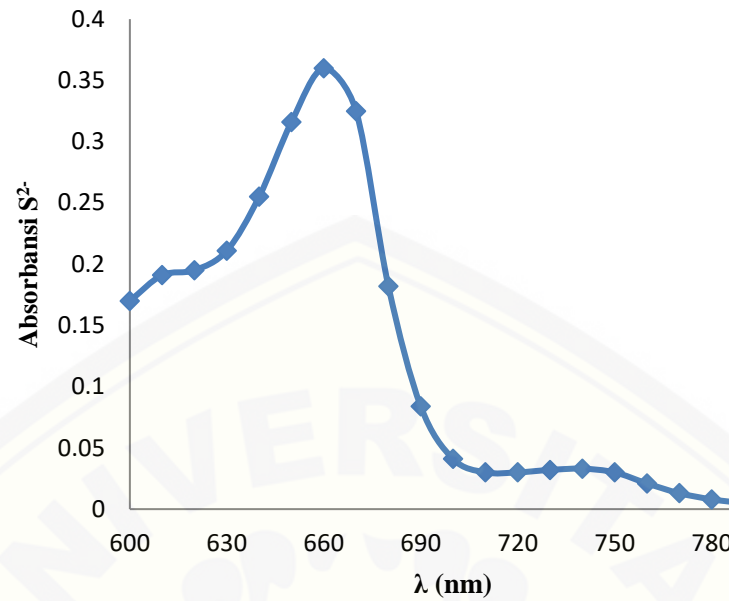
3.13 Penentuan panjang gelombang maksimum

a. *Scanning* panjang gelombang maksimum interval 10

λ (nm)	A larutan standar S ²⁻				SD
	1	2	3	Rata-rata	
600	0.170	0.170	0.170	0.170	0.00000
610	0.191	0.192	0.191	0.191	0.00058
620	0.196	0.195	0.195	0.195	0.00058
630	0.211	0.211	0.211	0.211	0.00000
640	0.255	0.255	0.256	0.255	0.00058
650	0.316	0.316	0.315	0.316	0.00058
660	0.360	0.360	0.360	0.360	0.00000
670	0.325	0.324	0.325	0.325	0.00058
680	0.182	0.183	0.182	0.182	0.00058
690	0.084	0.083	0.084	0.084	0.00058
700	0.040	0.041	0.041	0.041	0.00058
710	0.030	0.030	0.030	0.030	0.00000
720	0.031	0.030	0.030	0.030	0.00058
730	0.032	0.031	0.032	0.032	0.00058
740	0.033	0.032	0.033	0.033	0.00058
750	0.030	0.030	0.030	0.030	0.00000
760	0.022	0.021	0.021	0.021	0.00058
770	0.013	0.013	0.014	0.013	0.00058
780	0.008	0.008	0.007	0.008	0.00058
790	0.005	0.005	0.004	0.005	0.00058
800	0.003	0.004	0.004	0.004	0.00058

b. *Scanning* panjang gelombang maksimum interval 2

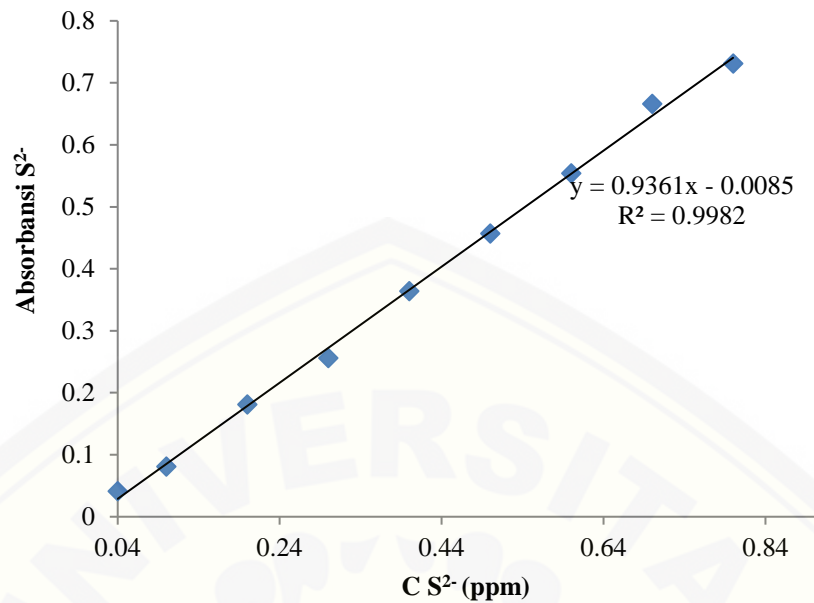
λ (nm)	A larutan standar S ²⁻				SD
	1	2	3	Rata-rata	
660	0.360	0.361	0.360	0.360	0.00058
662	0.362	0.362	0.362	0.362	0.00000
664	0.364	0.365	0.364	0.364	0.00058
666	0.354	0.354	0.354	0.354	0.00000
668	0.344	0.345	0.345	0.345	0.00058
670	0.325	0.324	0.325	0.325	0.00058
672	0.325	0.324	0.325	0.325	0.00058



Gambar 3.2 Hasil *scanning* panjang gelombang maksimum larutan standar S²⁻ 1000 ppm pada konsentrasi 0.40 ppm

3.14 Penentuan kurva kalibrasi larutan standart S²⁻ 1000 ppm

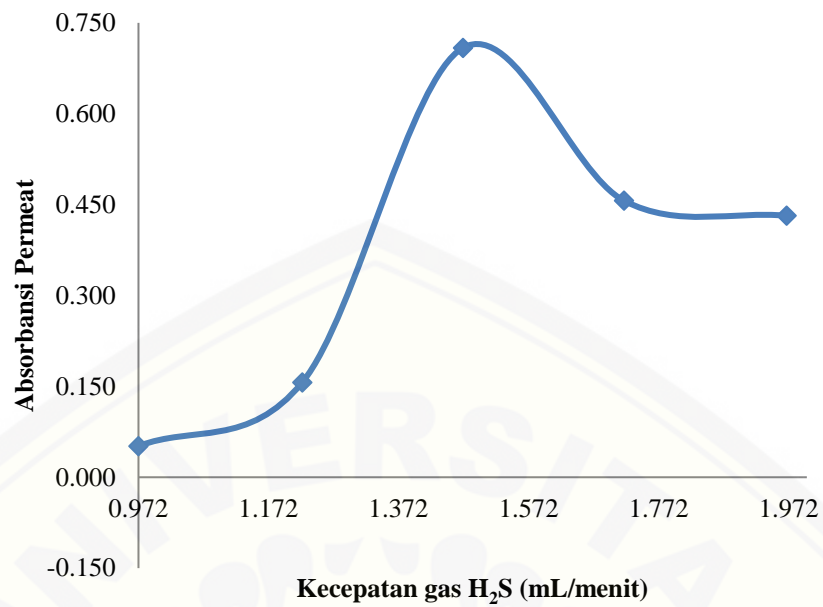
Konsentrasi (ppm)	A standart S ²⁻			Rata-rata	SD
	1	2	3		
0.04	0.041	0.040	0.041	0.041	0.00058
0.10	0.081	0.080	0.081	0.081	0.00058
0.20	0.181	0.181	0.182	0.181	0.00058
0.30	0.256	0.256	0.256	0.256	0.00000
0.40	0.364	0.364	0.365	0.364	0.00608
0.50	0.456	0.457	0.457	0.457	0.00058
0.60	0.554	0.554	0.555	0.554	0.00058
0.70	0.666	0.667	0.666	0.666	0.00058
0.80	0.730	0.731	0.731	0.731	0.00058



Gambar 3.3 Kurva kalibrasi larutan standart S²⁻ 1000 ppm

4.1 Optimasi kecepatan gas H₂S

Kecepatan (mL/menit)	Voltase (Volt)	Absorbansi Permeat			Rata-rata	SD
		1	2	3		
4.870	0.487	-0.030	-0.032	-0.030	-0.031	0.00115
7.370	0.737	-0.012	-0.012	-0.013	-0.012	0.00058
9.720	0.972	0.051	0.051	0.052	0.051	0.00058
12.24	1.224	0.157	0.157	0.156	0.157	0.00058
14.71	1.471	0.709	0.708	0.709	0.709	0.00058
17.19	1.719	0.457	0.456	0.456	0.456	0.00058
19.69	1.969	0.432	0.432	0.431	0.432	0.00058



Gambar 4.1 Kurva optimasi laju alir gas H₂S dengan laju alir larutan SAOB 0.30 mL/menit

4.2 Penentuan fluks membran *Politetrafluoroethylene* (PTFE)

-Panjang uliran = 63 cm

-Lebar uliran = 0.003 cm

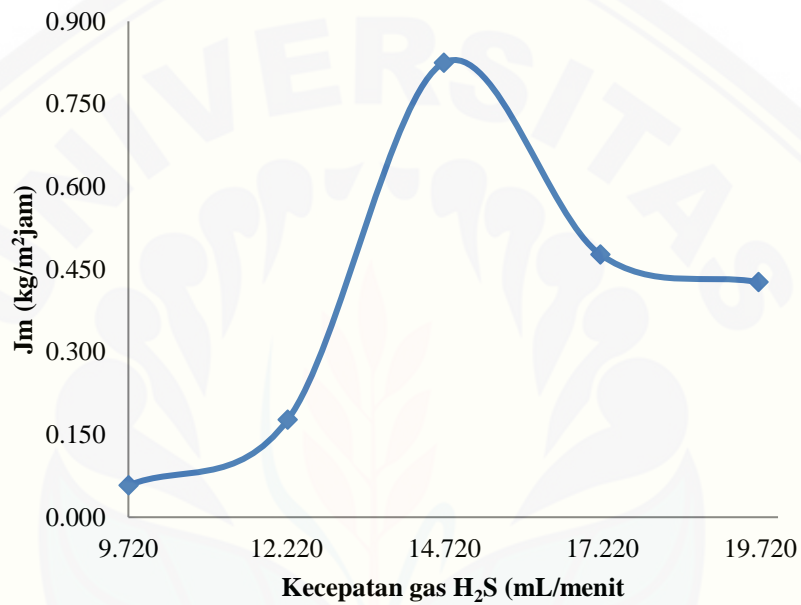
-Luas = $p \times l = 63 \text{ cm} \times 0.003 \text{ cm}$
 $= 0.189 \text{ cm}^2 \times 10^{-4} \text{ m}^2$
 $= 1.89 \times 10^{-5} \text{ m}^2$

Ulangan	Kecepatan (mL/menit)	P (bar)	A permeat	[H ₂ S] (ppm)	fp	[H ₂ S] x fp (ppm)	V. permeat (L)	massa H ₂ S (10 ⁻⁶) (kg)	A membran (10 ⁻⁵)(m ²)	t (jam)	J _m (kg/m ² .jam)
1	9.720	0.583	0.051	0.063	500	31.52	0.0058	0.183	1.89	0.167	0.058
	12.24	0.734	0.157	0.176	500	88.14	0.0064	0.564	1.89	0.167	0.179
	14.71	0.883	0.709	0.766	500	383.0	0.0068	2.604	1.89	0.167	0.825
	17.19	1.031	0.457	0.497	500	248.4	0.0060	1.490	1.89	0.167	0.472
	19.69	1.181	0.432	0.470	500	235.0	0.0056	1.316	1.89	0.167	0.417
2	9.720	0.583	0.051	0.063	500	31.52	0.0058	0.183	1.89	0.167	0.058
	12.24	0.734	0.157	0.176	500	88.14	0.0062	0.546	1.89	0.167	0.173
	14.71	0.883	0.708	0.765	500	382.5	0.0068	2.601	1.89	0.167	0.824
	17.19	1.031	0.456	0.496	500	247.9	0.0060	1.487	1.89	0.167	0.471
	19.69	1.181	0.432	0.470	500	235.0	0.0058	1.363	1.89	0.167	0.432
3	9.720	0.583	0.052	0.064	500	32.05	0.0056	0.179	1.89	0.167	0.057
	12.24	0.734	0.156	0.175	500	87.61	0.0064	0.561	1.89	0.167	0.178
	14.71	0.883	0.709	0.766	500	383.0	0.0068	2.604	1.89	0.167	0.825
	17.19	1.031	0.456	0.496	500	247.9	0.0062	1.537	1.89	0.167	0.487
	19.69	1.181	0.431	0.469	500	234.5	0.0058	1.360	1.89	0.167	0.431

Contoh:

-Perhitungan pada ulangan 1 kecepatan 9.720 mL/menit :

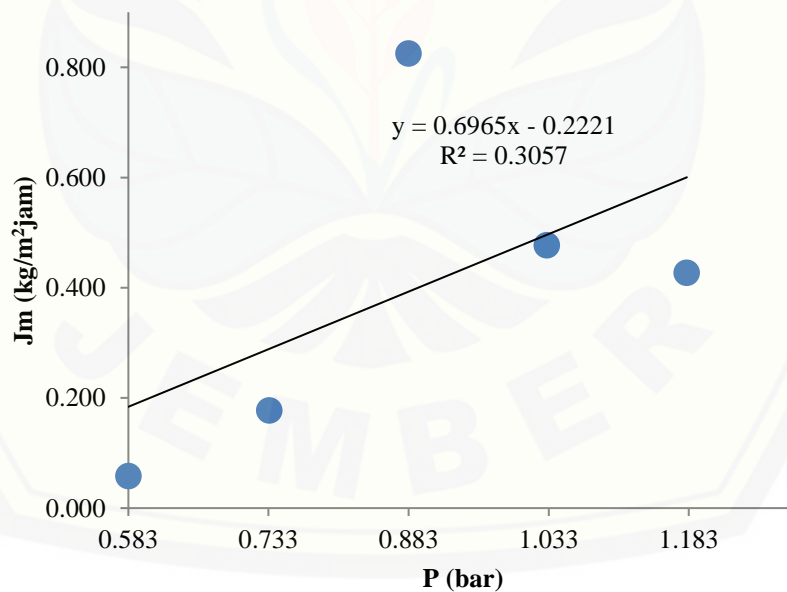
$$\begin{aligned} J_m &= \frac{\text{massa}}{A \times t} \\ &= \frac{0.183 \cdot 10^{-6}}{0.189 \cdot 10^{-5} \text{m}^2 \times 0.167 \text{ jam}} \\ &= 0.058 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{jam} \end{aligned}$$



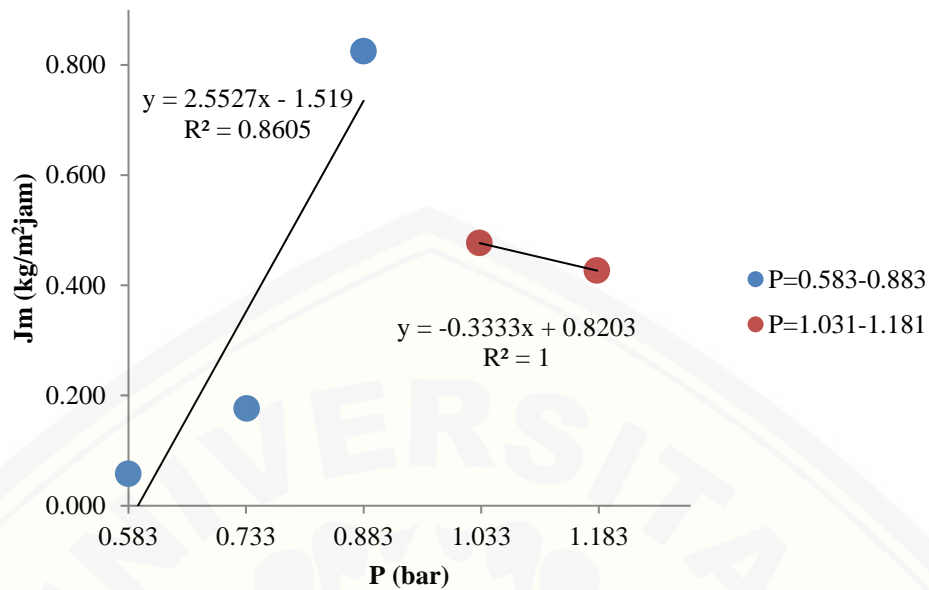
Gambar 4.2 Kurva pengaruh laju alir gas H_2S terhadap Fluks dengan laju alir larutan SAOB 0.30 mL/menit

4.3 Penentuan koefisien permeabilitas (L_p)

Ulangan	Kecepatan (mL/menit)	P (bar)	J_m (kg/m ² .jam)	L_p (kg/m ² .jam.bar)
1	9.720	0.583	0.058	2.552
	12.24	0.734	0.179	
	14.71	0.883	0.825	
	17.19	1.031	0.472	
	19.69	1.181	0.417	
2	9.720	0.583	0.058	2.549
	12.24	0.734	0.173	
	14.71	0.883	0.824	
	17.19	1.031	0.471	
	19.69	1.181	0.432	
3	9.720	0.583	0.057	2.556
	12.24	0.734	0.178	
	14.71	0.883	0.825	
	17.19	1.031	0.487	
	19.69	1.181	0.431	



Gambar 4.3 Pengaruh tekanan gas H₂S terhadap fluks rata-rata



Gambar 4.4 Pemecahan dua kurva pada range tekanan 0.583-1.181 bar

4.4 Penentuan konsentrasi gas H₂S awal (tanpa membran)

Voltase (Volt)	Kecepatan gas (mL/menit)	P gas terukur (bar)	Absorbansi rata-rata	[H ₂ S] rata-rata	fp	[H ₂ S] _{awal} rata-rata (ppm)
0.972	9.720	0.583	0.201	0.223	1000	223.3
1.224	12.24	0.734	0.314	0.344	1000	344.0
1.471	14.71	0.883	0.453	0.493	1000	492.5
1.719	17.19	1.031	0.540	0.585	1000	585.5
1.969	19.69	1.181	0.623	0.674	1000	674.1

Contoh :

-Perhitungan pada voltase sebesar 0.972 Volt:

$$y = 0.936x - 0.008$$

$$0.201 = 0.936x - 0.008$$

$$x = \frac{0.201 + 0.008}{0.936}$$

$$x = \frac{0.209}{0.936}$$

$$x = 0.2233 \times fp$$

$$x = 0.2233 \times 1000$$

$$x = 223.3 \text{ ppm}$$

4.5 Penentuan konsentrasi gas H₂S pada Permeat

Voltase (Volt)	Kecepatan (mL/menit)	P (bar)	A Permeat	[H ₂ S]	fp	[H ₂ S] _{permeat} (ppm)
0.972	9.720	0.583	0.051	0.063	500	31.50
1.224	12.24	0.734	0.157	0.176	500	88.15
1.471	14.71	0.883	0.709	0.766	500	383.0
1.719	17.19	1.031	0.456	0.496	500	247.8
1.969	19.69	1.181	0.432	0.470	500	235.1

Contoh :

-Perhitungan konsentrasi gas H₂S pada voltase sebesar 0.972 Volt:

$$y = 0.936x - 0.008$$

$$0.051 = 0.936x - 0.008$$

$$x = \frac{0.051 + 0.008}{0.936}$$

$$x = \frac{0.059}{0.936}$$

$$x = 0.0630 \times fp$$

$$x = 0.2233 \times 500$$

$$x = 31.50 \text{ ppm}$$

4.6 Penentuan % Penghilangan gas H₂S

Kecepatan (mL/menit)	V awal gas H ₂ S (L)	V permeat (L)	[H ₂ S] awal (ppm)	massa awal gas H ₂ S (g)	[H ₂ S] permeat (ppm)	massa gas H ₂ S permeat (g)	% Penghilangan
9.720	0.0060	0.0057	223.3	0.0013	31.50	0.0002	13.48
12.24	0.0060	0.0063	344.0	0.0021	88.15	0.0006	27.05
14.71	0.0060	0.0068	492.5	0.0030	383.0	0.0026	88.14
17.19	0.0060	0.0061	585.5	0.0035	247.8	0.0015	42.79
19.69	0.0060	0.0057	674.1	0.0040	235.1	0.0013	33.33

Contoh :

-Perhitungan pada kecepatan 9.720 mL/menit :

Massa gas H₂S awal

$$223.3 \text{ ppm} = \frac{223.3 \text{ mg}}{L} \times 0.0060 \text{ L}$$

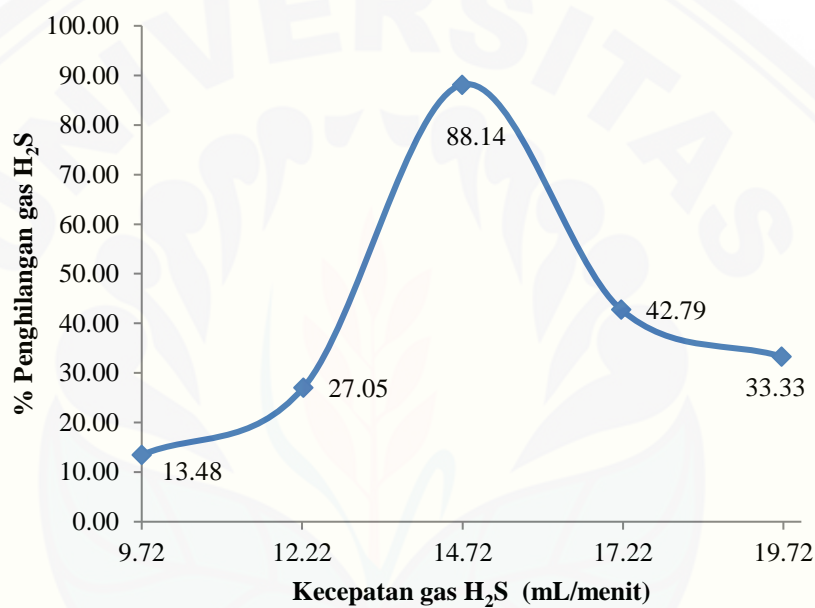
$$= 1.339 \text{ mg}$$

$$= 0.0013 \text{ g}$$

Massa gas H₂S permeat

$$\begin{aligned}
 31.50 \text{ ppm} &= \frac{31.50 \text{ mg}}{\text{L}} \times 0.0057 \text{ L} \\
 &= 0.1795 \text{ mg} \\
 &= 0.0002 \text{ g}
 \end{aligned}$$

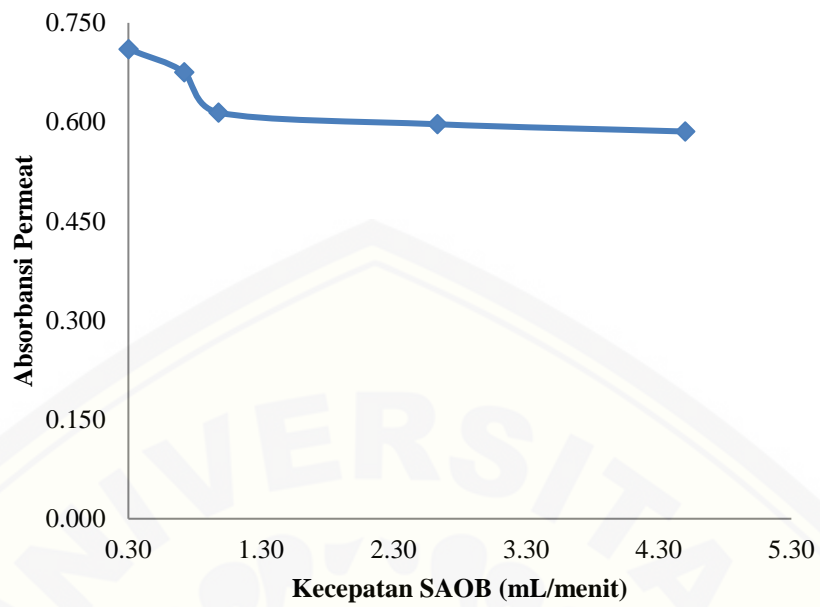
$$\begin{aligned}
 \% \text{ Penghilangan gas H}_2\text{S} &= \frac{\text{massa gas H}_2\text{S permeat}}{\text{massa gas H}_2\text{S awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{0.0002 \text{ g}}{0.0013 \text{ g}} \times 100\% \\
 &= 13.48 \%
 \end{aligned}$$



Gambar 4.5 Pengaruh laju alir gas H₂S terhadap persen penghilangan gas H₂S dengan laju alir larutan SAOB 0.30 mL/menit

4.7 Optimasi kecepatan larutan SAOB

Kecepatan mL/menit	Absorbansi Permeat			Rata-rata	SD
	1	2	3		
0.30	0.711	0.710	0.710	0.710	0.00058
0.72	0.676	0.675	0.675	0.675	0.00058
0.98	0.615	0.614	0.614	0.614	0.00058
2.63	0.597	0.597	0.596	0.596	0.00058
4.50	0.585	0.586	0.586	0.586	0.00058



Gambar 4.6 Kurva optimasi kecepatan larutan SAOB terhadap absorbansi

4.8 Penentuan Fluks membran *Politetrafluoroethylene* (PTFE)

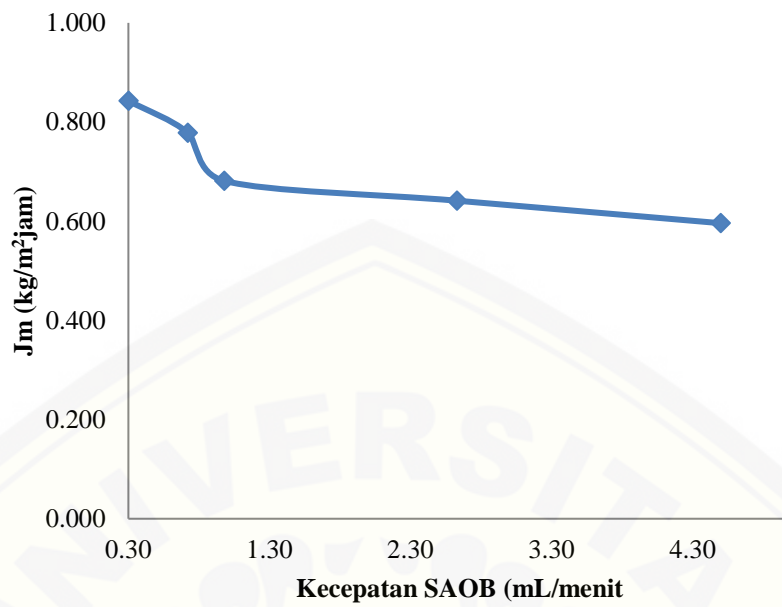
Ulangan	Kecepatan SAOB (mL/menit)	P (bar)	A Permeat	[H ₂ S] (ppm)	fp	[H ₂ S] x fp (ppm)	V.Permeat (L)	massa H ₂ S (10 ⁻⁶) (kg)	A membran (10 ⁻⁵) (m ²)	t (jam)	J _m (kg/m ² .jam)
1	0.30	0.883	0.711	0.768	500	384.1	0.0070	2.689	1.89	0.167	0.852
	0.72	0.883	0.676	0.731	500	365.4	0.0068	2.485	1.89	0.167	0.787
	0.98	0.883	0.615	0.666	500	332.8	0.0064	2.130	1.89	0.167	0.675
	2.63	0.883	0.597	0.646	500	323.2	0.0062	2.004	1.89	0.167	0.635
	4.50	0.883	0.585	0.634	500	316.8	0.0058	1.837	1.89	0.167	0.582
2	0.30	0.883	0.710	0.767	500	383.5	0.0070	2.685	1.89	0.167	0.851
	0.72	0.883	0.675	0.730	500	364.9	0.0068	2.481	1.89	0.167	0.786
	0.98	0.883	0.614	0.665	500	332.3	0.0066	2.193	1.89	0.167	0.695
	2.63	0.883	0.597	0.646	500	323.2	0.0064	2.068	1.89	0.167	0.655
	4.50	0.883	0.586	0.635	500	317.3	0.0060	1.904	1.89	0.167	0.603
3	0.30	0.883	0.710	0.767	500	383.5	0.0068	2.608	1.89	0.167	0.826
	0.72	0.883	0.675	0.730	500	364.9	0.0066	2.408	1.89	0.167	0.763
	0.98	0.883	0.614	0.665	500	332.3	0.0064	2.126	1.89	0.167	0.674
	2.63	0.883	0.596	0.645	500	322.6	0.0062	2.000	1.89	0.167	0.634
	4.50	0.883	0.586	0.635	500	317.3	0.0060	1.904	1.89	0.167	0.603

Contoh :

-Perhitungan pada ulangan 1 kecepatan 0.30 mL/menit :

$$J_m = \frac{\text{massa}}{A \times t} = \frac{2.689 \times 10^{-6} \text{ kg}}{1.89 \text{ m}^2 \cdot 10^{-5} \times 0.167 \text{ jam}}$$

$$= 0.852 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{jam}$$



Gambar 4.7 Pengaruh kecepatan larutan SAOB terhadap fluks

4.9 Penentuan % Penghilangan gas H₂S

Kecepatan Gas (mL/menit)	Kecepatan SAOB (mL/menit)	P (bar)	V awal gas H ₂ S (L)	V permeat (L)	[H ₂ S] awal (ppm)	A Permeat	[H ₂ S]	fp	[H ₂ S] x fp (ppm)	massa gas H ₂ S awal (g)	massa gas H ₂ S permeat (g)	% Penghilangan
14.71	0.30	0.883	0.0060	0.0057	492.5	0.710	0.767	500	383.5	0.0030	0.0027	89.98
14.71	0.72	0.883	0.0060	0.0063	492.5	0.675	0.729	500	364.8	0.0030	0.0025	83.12
14.71	0.98	0.883	0.0060	0.0068	492.5	0.614	0.665	500	332.3	0.0030	0.0021	72.72
14.71	2.63	0.883	0.0060	0.0061	492.5	0.596	0.645	500	323.2	0.0030	0.0020	68.54
14.71	4.50	0.883	0.0060	0.0057	492.5	0.586	0.635	500	317.3	0.0030	0.0019	63.71

Contoh :

- Perhitungan konsentrasi gas H₂S pada Kecepatan SAOB sebesar 0.30 mL/ menit:

$$y = 0.936x - 0.008$$

$$0.710 = 0.936x - 0.008$$

$$x = \frac{0.710 + 0.008}{0.936}$$

$$x = \frac{0.718}{0.936}$$

$$x = 0.767 \times fp$$

$$x = 0.767 \times 500$$

$$x = 383.5 \text{ ppm}$$

Contoh :

- Perhitungan % Penghilangan gas H₂S pada kecepatan 0.30 mL/menit :

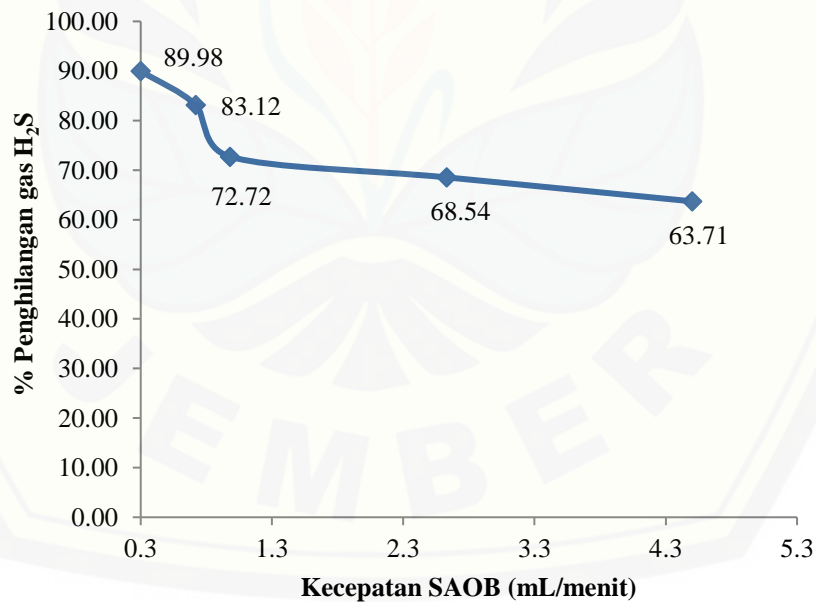
Massa gas H₂S awal

$$\begin{aligned} 492.5 \text{ ppm} &= \frac{492.5 \text{ mg}}{L} \times 0.0060 \text{ L} \\ &= 2.995 \text{ mg} \\ &= 0.003 \text{ g} \end{aligned}$$

Massa gas H₂S permeat

$$\begin{aligned} 383.5 \text{ ppm} &= \frac{383.5 \text{ mg}}{L} \times 0.0069 \text{ L} \\ &= 2.659 \text{ mg} \\ &= 0.0027 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Penghilangan gas H}_2\text{S} &= \frac{\text{massa gas H}_2\text{S permeat}}{\text{massa gas H}_2\text{S awal}} \times 100\% \\ &= \frac{0.0027 \text{ g}}{0.0030 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 89.98 \% \end{aligned}$$



Gambar 4.8 Pengaruh kecepatan larutan SAOB terhadap persen penghilangan