



**EFEKTIVITAS PEMISAHAN GAS H₂S DENGAN ADANYA
GAS METANA MENGGUNAKAN MEMBRAN
PTFE (*POLY TETRAFLUOROETHYLENE*) DAN
PVDF (*POLYVINYLIDENE FLUORIDE*)**

SKRIPSI

Oleh
Lilis Indah Rahmawati
NIM 131810301057

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



**EFEKTIVITAS PEMISAHAN GAS H₂S DENGAN ADANYA
GAS METANA MENGGUNAKAN MEMBRAN
PTFE (*POLY TETRAFLUOROETHYLENE*) DAN
PVDF (*POLYVINYLIDENE FLUORIDE*)**

SKRIPSI

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

Oleh
Lilis Indah Rahmawati
NIM 131810301057

**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. Ibunda Siti Aisyah dan Nurul Hamidah serta Ayahanda Daim dan Zaenuddin Hasyim yang senantiasa sabar dan ikhlas memberikan doa, cinta, kasih sayang, nasehat, teladan serta pengorbanan yang tiada henti selama ini;
3. Segenap keluarga besar dan saudara-saudara, Kakek Hasyim Mukhlis (Alm) dan Mat Nur (Alm), Nenek Musini dan Mu'irah (Alm), Kakak-kakak tercinta Anwarul Mustofa (Alm), Siti Sa'adatul Ukhrowiyyah, Riyanto Sungkono dan Nanang Fauzi serta Bibi Siti Khofsoh atas doa, dukungan, nasehat dan motivasi selama ini;
4. Bapak/Ibu guru TK Fatmawati, MI Miftahul Huda II, MTsN Sambirejo, SMAN 1 Bangorejo, Bapak/Ibu dosen jurusan Kimia, teknisi jurusan Kimia, dan segenap karyawan FMIPA Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, teladan, mendidik dan membimbing dengan penuh kesabaran dan keiklasan;
5. kawan-kawan Kimia 2013 (TITANIUM), keluarga besar jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember, keluarga besar KKN 45 Nogosari Lumajang, seta keluarga besar Ikatan Mahasiswa Banyuwangi (IMABA) terimakasih atas semangat, bantuan, saran dan kenangan indah yang telah diberikan;
6. sahabat seperjuangan Syifa Fauziyyah, Nursiah, Arum Meta M.S., Alifah Mustafidah, Diah Ayu N.S., Dyah Vira P., Dewi Noviratri, Inayatul Mukarromah, Pricilia Citra, Deys Sya'fatul M., Amizatul Liana A., Maya Esti A., Amalia Danis Salsabilla, Dana Iswara P., Ardi Budianto, Moh Ihsan F., dan Ahmad Suhardiman, terima kasih atas doa, motivasi, keceriaan dan kebersamaan selama ini;
7. semua pihak yang telah berkontribusi namun tidak dapat disebutkan satu persatu.

MOTO

“Allah menghendaki kemudahan bagimu, dan tidak menghendaki kesulitan bagimu” (terjemahan Surat *Al-Baqarah*: 185 *)

“Allah akan mengangkat (derajat) orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat” (terjemahan Surat *Al-Mujadalah*: 11 *)

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain. Dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap” (terjemahan Surat *Al-Insyirah*: 6-8 *)

*) Departemen Agama Republik Indonesia. 2008. *Al-Quran dan Terjemahannya*. Bandung: Cv. Diponegoro.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lilis Indah Rahmawati

NIM : 131810301057

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Efektivitas Pemisahan Gas H₂S Dengan Adanya Gas Metana Menggunakan Membran PTFE (*Poly Tetrafluoroethylene*) Dan PVDF (*Polyvinylidene Fluoride*)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali apabila dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan merupakan 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 yang berlaku jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 09 Mei 2018

Yang menyatakan,

Lilis Indah Rahmawati

NIM 131810301057

SKRIPSI

**EFEKTIVITAS PEMISAHAN GAS H₂S DENGAN ADANYA
GAS METANA MENGGUNAKAN MEMBRAN
PTFE (*POLY TETRAFLUOROETHYLENE*) DAN
PVDF (*POLYVINYLIDENE FLUORIDE*)**

Oleh
Lilis Indah Rahmawati
NIM 131810301057

Pembimbing

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

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Efektivitas Pemisahan Gas H₂S Dengan Adanya Gas Metana Menggunakan Membran PTFE (*Poly Tetrafluoroethylene*) Dan PVDF (*Polyvinylidene Fluoride*)” karya Lilis Indah Rahmawati telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : **KAMIS 07 JUN 2018**

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

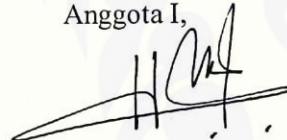
Tim Penguji

Ketua,



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

Anggota I,



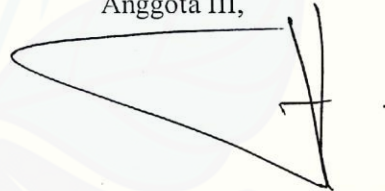
Asnawati, S.Si.,M.Si.
NIP. 196808141999032001

Anggota II,



Tri Mulyono, S.Si., M.Si
NIP. 196810021998021001

Anggota III,



Suwardiyanto, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 197501191998021001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,



Suwardiyanto, Ph.D.
NIP. 196102041987111001

RINGKASAN

Efektivitas Pemisahan Gas H₂S Dengan Adanya Gas Metana Menggunakan Membran PTFE (*Poly Tetrafluoroethylene*) Dan PVDF (*Polyvinylidene Fluoride*); Lilis Indah Rahmawati, 131810301057; 2018: 51 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Gas H₂S merupakan gas yang keberadaannya paling sedikit dalam gas alam yaitu sebesar 0,0008%, namun banyak kerugian yang dapat ditimbulkan oleh gas H₂S dalam kondisi murni maupun ketika bercampur dengan gas lain, seperti ketika bercampur dengan gas metana. Gas H₂S merupakan gas yang bersifat korosif dan beracun, sehingga keberadaannya menimbulkan banyak kerugian. Gas H₂S yang menimbulkan banyak kerugian maka perlu dipisahkan dengan inovasi baru yaitu menggunakan membran. Membran merupakan lapisan tipis selektif dan semipermeabel yang berada diantara dua fasa yaitu fasa umpan dan fasa permeat. Membran PTFE (*Polytetrafluoroethylene*) dan membran PVDF (*Polyvinylidene Fluoride*) merupakan membran yang bersifat non polar dan hidrofobik, sehingga dengan adanya gas H₂S yang bersifat polar membran PVDF dan PTFE bisa digunakan untuk memisahkan gas H₂S.

Uji efektivitas pemisahan gas H₂S dengan adanya gas Metana dilakukan dengan menggunakan Membran PTFE dan PVDF sebagai media pemisah dalam proses permeasi. Membran PTFE dan PVDF yang bersifat non polar akan dapat terjadi tumbukan antar partikel gas H₂S yang bersifat polar dengan dinding pori membran yang bersifat non polar. Sifat yang berlawanan menyebabkan tidak akan terjadi interaksi ikatan satu sama lain, sehingga permeasi gas dapat terjadi. Proses pemisahan dilakukan dalam sel pemisahan yang terbuat dari media akrilik dengan sistem aliran *cross flow*. Proses permeasi gas H₂S dilakukan dengan bantuan alat berupa *flow regulator* yang digunakan untuk mengatur kecepatan aliran gas H₂S dan CH₄ yang masuk melewati membran. Permeat akan tertangkap oleh larutan SAOB yang berfungsi untuk mengubah gas H₂S yang lolos melewati membran menjadi spesi S²⁻ dan mencegah adanya reaksi oksidasi dari S²⁻ menjadi HS⁻ atau

terbentuk menjadi gas H_2S kembali. Permeat tersebut kemudian direaksikan dengan reagen *N,N-Dimethyl-1,4-Phenylene Diamine* dan $FeCl_3$ sehingga terjadi perubahan warna dari orange menjadi biru yaitu senyawa metilen biru.

Hasil yang diperoleh menyatakan bahwa senyawa sulfida menyerap pada panjang gelombang maksimum 664 nm dengan warna kompleks berwarna biru. Gas H_2S dapat dipisahkan dari campurannya menggunakan membran PTFE (*Polytetrafluoroethylene*) dan membran PVDF (*Polyvinylidene Fluoride*). Kinerja dari membran dilihat dari nilai fluks dan koefisien permeabilitas. Besarnya fluks menunjukkan bahwa kinerja membran baik sedangkan nilai fluks yang rendah menunjukkan kinerja membran yang tidak baik. Nilai fluks massa gas H_2S pada membran PTFE terbesar yaitu $0,239 \text{ kg/m}^2\text{jam}$ yang diperoleh dari proses permeasi ke 3. Nilai fluks massa gas H_2S pada membran PVDF terbesar yaitu $1,001 \text{ kg/m}^2\text{jam}$ yang diperoleh dari proses permeasi pertama. Parameter selain fluks yaitu koefisien permeabilitas yang merupakan suatu nilai *slope* dari kurva plot antara tekanan terhadap fluks. Nilai koefisien permeabilitas pada membran PTFE sebesar $1,804 \text{ kg/m}^2\text{jam bar}$ dan nilai koefisien permeabilitas sebesar $5,810 \text{ kg/m}^2\text{jam bar}$ pada membran PVDF.

Membran PVDF lebih efektif dalam proses pemisahan gas H_2S dibandingkan dengan membran PTFE. Efektivitas membran PTFE dan membran PVDF dapat dilihat dari persen penghilangan Gas H_2S diperoleh dengan cara membandingkan massa gas H_2S yang lolos melewati membran dengan massa gas H_2S yang langsung ditangkap dengan larutan SAOB tanpa melewati membran yang disebut sebagai konsentrasi awal kemudian dikalikan 100%. Membran PTFE dan membran PVDF dikatakan efektif dalam proses permeasi gas H_2S jika memiliki % penghilangan gas H_2S yang lebih besar. Membran PVDF dapat meloloskan gas H_2S paling optimal dalam bentuk % penghilangan sebesar 75,89%, sedangkan membran PTFE dapat meloloskan gas H_2S paling optimal dalam bentuk % penghilangan sebesar 44,12%.

PRAKATA

Puji syukur atas segala rahmat dan hidayah yang dilimpahkan Allah SWT, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Efektivitas Pemisahan Gas H₂S Dengan Adanya Gas Metana Menggunakan Membran PTFE (*Poly Tetrafluoroethylene*) Dan PVDF (*Polyvinylidene Fluoride*)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan pengarahan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Drs. Sujito, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Kepala Laboratorium Kimia Analitik dan Laboratorium Kimia Fisik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
4. Dwi Indarti, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Utama dan Asnawati, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah membimbing, meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam penulisan skripsi ini;
5. Tri Mulyono, S.Si., M.Si selaku Dosen Penguji I dan Suwardiyanto, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktu untuk menguji serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
6. Yeni Maulidah Muflihah, S.Si., M.Si dan Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Akademik;
7. segenap dosen pengajar Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember.

Penulis berharap semoga setiap kalimat yang telah tertulis dalam skripsi ini dapat bermanfaat sebagai ilmu pengetahuan bagi pembaca.

Jember, 2018

Penulis

DAFTAR ISI

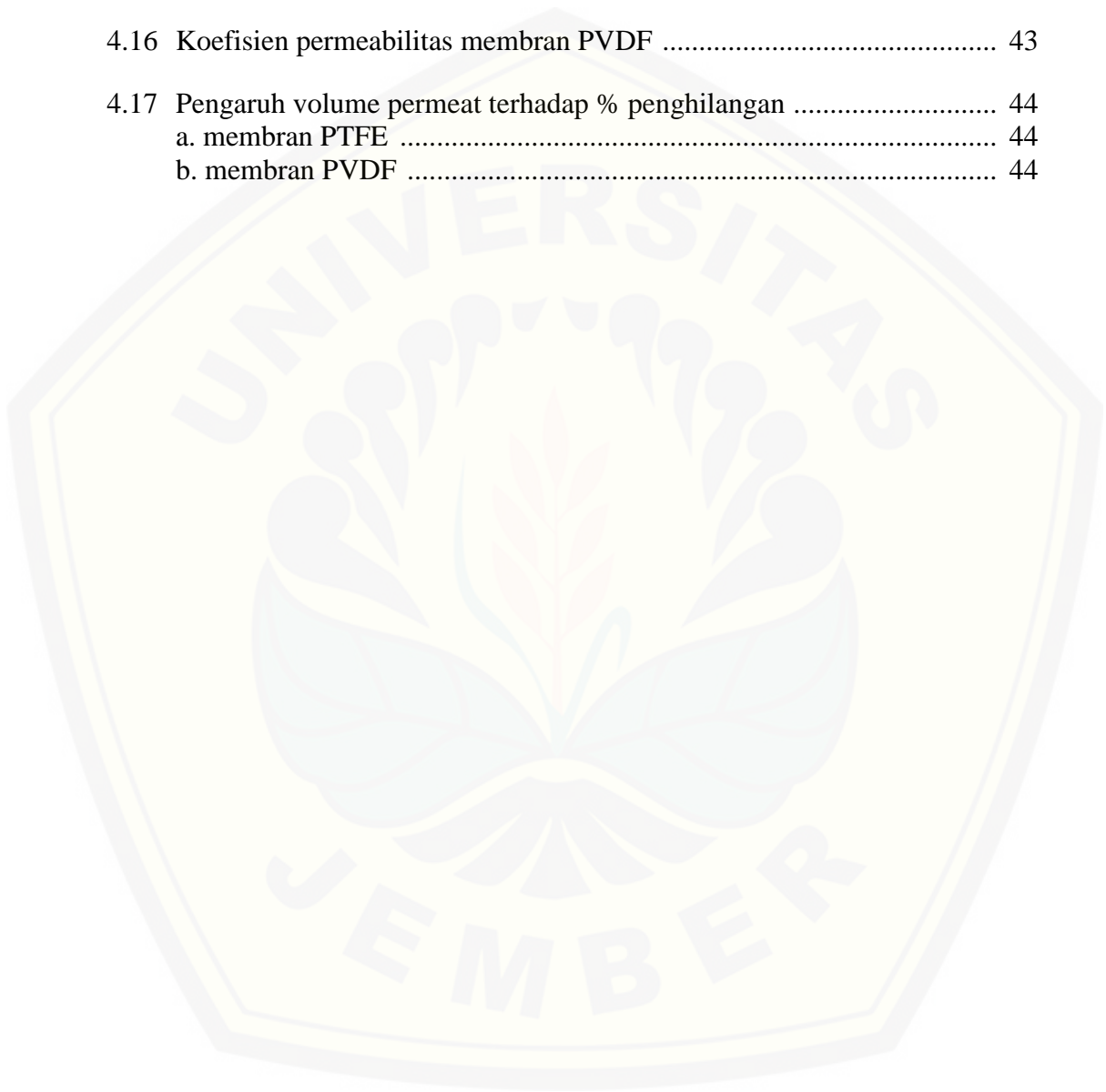
	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Hidrogen Sulfida (H₂S)	5
2.2 Gas Metana (CH₄)	7
2.3 Membran	9
2.3.1 Membran PTFE (<i>Politetrafluoroetilena</i>)	14
2.3.2 Membran PVDF (<i>Polyvinylidene Fluoride</i>)	15
2.4 Larutan SAOB (<i>Sulfide Anhydride Oxidant Buffer</i>)	16
2.5 Spektrofotometri Visibel	17
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	21
3.2 Alat dan Bahan	21
3.2.1 Alat	21
3.2.2 Bahan	21
3.3 Diagram Alir Penelitian	22
3.4 Prosedur Penelitian	23
3.4.1 Preparasi Pembuatan Larutan	23
a. Pembuatan larutan SAOB (<i>Sulfide Anhydride Oxidant Buffer</i>)	23
b. Pembuatan larutan standart S ²⁻ 1000 ppm	23
c. Pembuatan larutan KIO ₃ 0,01N	23
d. Pembuatan larutan KI 5%	23
e. Pembuatan larutan amilum 1%	23
f. Pembuatan larutan induk pereaksi asam sulfat-amina .	23
g. Pembuatan larutan H ₂ SO ₄ (1+1)	24

h. Pembuatan larutan pereaksi asam sulfat-amina	24
i. Pembuatan larutan FeCl_3 9,25 M	24
3.4.2 Standarisasi Larutan Standar S^{2-}	24
3.4.3 Pembuatan gas H_2S	24
3.4.4 Pembuatan Kurva Kalibrasi	25
3.4.5 Penentuan konsentrasi awal gas H_2S	25
3.4.6 Preparasi campuran gas H_2S dan CH_4	26
3.4.7 Pemisahan gas H_2S pada Campuran gas CH_4	27
3.4.8 Proses Analisis Gas H_2S	27
3.5 Metode Analisis Data	28
3.5.1 Analisis Fluks dan Koefisien Permeabilitas	28
3.5.2 Persen penghilangan gas H_2S	28
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Proses Permeasi Gas H_2S dalam Campuran Gas CH_4	30
4.2 Kinerja Membran PTFE (<i>Polytetrafluoroethylene</i>) dalam Permeasi Gas H_2S dengan Adanya Campuran Gas CH_4	36
4.2.1 Fluks Massa gas H_2S Membran PTFE	37
4.2.2 Koefisien Permeabilitas Membran PTFE	38
4.3 Kinerja Membran PVDF (<i>Polytetrafluoroethylene</i>) dalam Permeasi Gas H_2S dengan Adanya Campuran Gas CH_4	40
4.3.1 Fluks Massa gas H_2S Membran PVDF	41
4.3.2 Koefisien Permeabilitas Membran PVDF	42
4.4 Efektivitas membran PTFE (<i>Politetrafluoroetilena</i>) dan membran PVDF (<i>Polyvinylidene Fluoride</i>) dalam proses pemisahan gas H_2S dalam Campuran gas CH_4	44
BAB 5. PENUTUP	46
5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	52

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Reaksi pembentukan metilen biru dari sulfida dengan reagen <i>N,N</i> -dimethyl- <i>p</i> -phenylenediamine dan Fe (III)	7
2.2 Reaksi sulfida dengan reagen nitroprusida	7
2.3 Skema proses pemisahan membran	9
2.4 Sistem alir membran (a) <i>dead end</i> (b) <i>cross flow</i>	10
2.5 Struktur membran PTFE	15
2.6 Struktur polimerisasi membran PVDF	16
2.7 Skematik instrumen spektrofotometri Uv-Vis	18
3.1 Diagram alir penelitian	22
3.2 Rangkaian alat pencampuran Gas H ₂ S dan gas CH ₄	27
4.1 a. Reaksi pembentukan gas H ₂ S	30
b. Reaksi pembentukan gas CH ₄	30
4.2 (a) Ketebalan sel permeasi (b) Diameter sel permeasi	31
4.3 Rangkaian alat pemisahan	32
4.4 Persamaan reaksi metilen biru	33
4.5 Reaksi Permukaan membran PTFE dengan gas H ₂ S	34
4.6 Reaksi Permukaan membran PVDF dengan gas H ₂ S	34
4.7 Kurva <i>scanning</i> panjang gelombang maksimum larutan standar S ²⁻ pada konsentrasi 0.4 ppm	35
4.8 Perubahan warna hasil konsentrasi awal gas H ₂ S	35
4.9 Perubahan membran PTFE sebelum dan setelah proses permeasi	36
4.10 Kurva absorbansi permeat membran PTFE	37
4.11 Pengaruh volume permeat terhadap fluks massa gas H ₂ S membran PTFE	38
4.12 Koefisien permeabilitas membran PTFE	39

4.13	Kurva absorbansi permeat membran PVDF	40
4.14	Perubahan membran PVDF sebelum dan setelah proses permeasi	41
4.15	Pengaruh volume permeasi terhadap fluks massa gas H ₂ S membran PVDF	42
4.16	Koefisien permeabilitas membran PVDF	43
4.17	Pengaruh volume permeat terhadap % penghilangan	44
	a. membran PTFE	44
	b. membran PVDF	44



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 3.1 Pembuatan Larutan HCl 15 %	52
Lampiran 3.2 Pembuatan Larutan NaOH 10 M	52
Lampiran 3.3 Pembuatan Larutan Induk S ²⁻ 1000 ppm	52
Lampiran 3.4 Pembuatan larutan KIO ₃ 2140 ppm	53
Lampiran 3.5 Standarisasi larutan standart S ²⁻ 1000 ppm dengan KIO ₃ 2140 ppm	53
Lampiran 3.6 Pembuatan gas H ₂ S	54
Lampiran 3.7 Pembuatan larutan standart S ²⁻ 100 ppm dari larutan larutan standart S ²⁻ yang telah di standarisasi	55
Lampiran 3.8 Pembuatan larutan standart S ²⁻ untuk pembuatan kurva kalibrasi	55
Lampiran 3.9 Penentuan panjang gelombang maksimum	56
a. <i>Scanning</i> panjang gelombang maksimum interval 10	56
b. <i>Scanning</i> panjang gelombang maksimum interval 2	56
Lampiran 3.10 Penentuan kurva kalibrasi larutan standart S ²⁻ 1000 ppm	57
Lampiran 3.11 Penentuan konsentrasi awal gas H ₂ S	58
Lampiran 4.1 Penentuan Absorbansi Permeat Membran PTFE (<i>Polytetrafluoroethylene</i>)	58
Lampiran 4.2 Penentuan Fluks Massa Gas H ₂ S embran PTFE	60
Lampiran 4.3 Penentuan Koefisien Permeabilitas Membran PTFE	61
Lampiran 4.4 Penentuan % Penghilangan Gas H ₂ S Membran PTFE	63
Lampiran 4.5 Penentuan Absorbansi Permeat Membran PVDF (<i>Polytetrafluoroethylene</i>)	65
Lampiran 4.6 Penentuan Fluks Massa Gas H ₂ S Membran PVDF	66
Lampiran 4.7 Penentuan Koefisien Permeabilitas Membran PVDF	67
Lampiran 4.8 Penentuan % Penghilangan Gas H ₂ S Membran PVDF	69

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gas alam merupakan sumber energi berupa bahan bakar fosil berbentuk gas dengan komposisi terbesar adalah gas metana. Gas alam terdiri dari senyawa-senyawa hidrokarbon dalam bentuk gas seperti CH₄ (83,029 %), C₂H₂ (11,48 %), CO₂ (4,97 %), N₂ (0,52 %) dan H₂S (0,0008%) (Faisol, 2013). Gas H₂S merupakan gas yang keberadaannya paling sedikit dalam gas alam, namun banyak kerugian yang dapat ditimbulkan oleh gas H₂S dalam kondisi murni maupun ketika bercampur dengan gas lain, seperti ketika bercampur dengan gas metana (Faisol, 2013). Gas H₂S merupakan gas yang bersifat korosif dan beracun, sehingga keberadaannya menimbulkan banyak kerugian (Bahlake *et al.*, 2015).

Keberadaan gas H₂S dalam gas alam dapat dikurangi dengan berbagai metode pemisahan yang telah dilakukan, diantaranya yaitu metode pemisahan H₂S dengan teknik biofilter yaitu menggunakan bahan pengisi kompos dan arang aktif, akan tetapi metode ini memiliki kelemahan, yakni waktu yang dibutuhkan dalam pemisahannya cukup lama dan perlu pengontrolan pH yang tepat untuk kelangsungan hidup bakterinya, sehingga dinilai kurang efektif dalam prosesnya (Yani dkk, 2009). Metode lain yang digunakan yaitu metode absorpsi dan proses Claus (Sergey *et al.*, 2014). Kelemahan dari metode ini diantaranya membutuhkan energi yang cukup tinggi, menggunakan reagen yang mahal, dan menggunakan katalis yang membutuhkan perlakuan khusus, sehingga metode ini dinilai kurang efektif terhadap waktu.

Pemisahan gas H₂S menggunakan metode membran merupakan metode terbaru yang lebih sederhana. Membran yang digunakan dalam pemisahan gas H₂S dalam penelitian ini yaitu membran PTFE (*Polytetrafluoroethylene*) dan membran PVDF (*Polyvinylidene Fluoride*). Proses pemisahan gas berbasis membran memanfaatkan perbedaan tekanan parsial antara umpan dan permeat yang menjadi gaya dorong dalam proses pemisahan gas. Membran sebagai penghalang antara dua fasa yang bersifat selektif akan memungkinkan suatu

komponen atau fasa tertentu menembus lebih cepat dibandingkan dengan fasa lainnya atas pengaruh dari *driving force* (Wenten, 2012). Gas H₂S akan berdifusi melewati membran dan terpisah dari campurannya karena selektifitas membran PVDF dan PTFE yang dimiliki (Arezou *et al.*, 2016).

Membran PTFE (*Polytetrafluoroethylene*) dan membran PVDF (*Polyvinylidene Fluoride*) merupakan membran yang bersifat non polar dan hidrofobik, sehingga dengan adanya gas H₂S yang bersifat polar membran PTFE dan PVDF bisa digunakan untuk memisahkan gas H₂S (Liu *et al.*, 2014). Membran PTFE dan PVDF yang dapat digunakan dalam pemisahan gas H₂S adalah membran yang memiliki ukuran pori sebesar 0,22 μm–10,0 μm (Wenzhong, 2012). Membran PTFE dan PVDF ini memiliki struktur yang asimetris dan mempunyai pori yang rapat pada permukaan membran dengan lapisan pendukung yang akan memberikan kekuatan mekanik yang baik sehingga akan tahan terhadap adanya perbedaan konsentrasi yang terjadi pada umpan yang diberikan pada membran (Baker, 2004).

Proses pemisahan gas H₂S dari campurannya dengan menggunakan membran, membran yang digunakan harus memiliki resistensi yang tinggi terhadap oksidasi, bersifat inert, memiliki stabilitas termal yang tinggi, memiliki resistensi kimia yang baik, serta memiliki koefisien gesekan kecil, sehingga membran PVDF dan PTFE akan selektif terhadap pemisahan gas H₂S (Liu *et al.*, 2014). Selain itu membran PTFE dan membran PVDF ini merupakan jenis membran yang tetap stabil ketika digunakan untuk pemisahan komponen kimia yang bersifat korosif dan senyawa organik yang bersifat asam dan oksidan (Redondo *et al.*, 2017). Gas H₂S yang sangat korosif akan cocok dengan membran PTFE dan PVDF untuk pemisahan gas H₂S tersebut (Liu *et al.*, 2014).

Pendeteksian gas H₂S melewati membran dilakukan dengan adanya larutan penangkap SAOB (*Sulfide Anhydride Oxidant Buffer*) yang akan dapat mempertahankan S²⁻ yang terlewatkan oleh membran. Penambahan reagen *N,N*,dimetil-*p*-venilendiamin dan larutan FeCl₃ yaitu untuk membentuk kompleks berwarna biru ketika bereaksi dengan senyawa sulfida, yang membuktikan adanya S²⁻ hasil pemisahan gas H₂S sehingga dapat dianalisis dengan spektrofotometri

visibel. Efektivitas membran dapat dilihat dari kemampuannya dalam melewatkan S^{2-} yang dihasilkan, efektivitas yang baik berarti hasil yang tertangkap lebih besar dari pada hasil yang terbuang (Redondo *et al.*, 2017).

Berdasarkan latar belakang tersebut dilakukan penelitian efektivitas terhadap pemisahan gas H_2S dalam campuran gas CH_4 (metana) dengan menggunakan membran PTFE (*Politetrafloroetilena*) dan membran PVDF (*Polyvinylidene Fluoride*) untuk diketahui kemampuan gas H_2S berdifusi melewati membran.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan di atas, diperoleh rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kemampuan membran PTFE (*Politetrafloroetilena*) dalam memisahkan gas H_2S dengan adanya gas CH_4 ?
2. Bagaimana kemampuan membran PVDF (*Polyvinylidene Fluoride*) dalam memisahkan gas H_2S dengan adanya gas CH_4 ?
3. Bagaimana efektivitas membran PTFE (*Politetrafloroetilena*) dan membran PVDF (*Polyvinylidene Fluoride*) dalam proses pemisahan gas H_2S dengan adanya gas CH_4 ?

1.3 Tujuan Penelitian

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

1. Mempelajari kemampuan membran PTFE (*Politetrafloroetilena*) dalam memisahkan gas H_2S dengan adanya gas CH_4 .
2. Mengetahui kemampuan membran PVDF (*Polyvinylidene Fluoride*) dalam memisahkan gas H_2S dengan adanya gas CH_4 .
3. Mengetahui efektivitas membran PTFE (*Politetrafloroetilena*) dan membran PVDF (*Polyvinylidene Fluoride*) dalam proses pemisahan gas H_2S dengan adanya gas CH_4 .

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Gas H_2S yang digunakan dicampur dengan gas CH_4 .
2. Larutan penangkap H_2S yang digunakan adalah larutan SAOB (*Sulfide Anhydride Oxidant Buffer*).
3. Analisis kadar H_2S hasil pemisahan menggunakan spektrofotometer visibel.
4. Parameter kinerja membran dilihat dari nilai fluks massa dan koefisien permeabilitas membran PTFE dan membran PVDF.
5. Efektivitas membran PTFE dan membran PVDF dilihat dari persen penghilangan gas H_2S dari massa permeal yang dihasilkan dari proses pemisahan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah :

1. Dapat memberikan pengembangan baru terhadap teknologi pemisahan menggunakan membran PTFE (*Politetrafloroetilena*) dan membran PVDF (*Polyvinylidene Fluoride*) dalam peningkatan kualitas pemisahan gas H_2S dengan adanya gas CH_4 .
2. Dapat mengetahui efektivitas kedua membran dalam penentuan kadar gas H_2S pada spektrofotometer visibel yang tertangkap dalam larutan penangkap SAOB yang spesifik terhadap gas H_2S .

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hidrogen Sulfida (H₂S)

Hidrogen sulfida (H₂S) merupakan suatu gas yang tidak berwarna, bersifat toksik, mudah terbakar dan memiliki karakteristik bau telur busuk yang sudah tercium pada konsentrasi rendah 0,0005 ppm. Nama kimia hidrogen sulfida ini adalah dihidrogen sulfida dan dikenal juga dengan sebutan gas rawa atau asam sulfida (Soemirat, 2004). Gas hidrogen sulfida berdampak sangat buruk bagi kesehatan, dan gas ini sangat cepat dapat diserap oleh paru-paru. Gas hidrogen sulfida pada konsentrasi rendah dapat menyebabkan iritasi mata, hidung atau kerongkongan, bahkan dapat menyebabkan kesulitan bernapas bagi penderita asma. Konsentrasi lebih tinggi dari 500 ppm dapat mengakibatkan hilangnya kesadaran dan kematian apabila tidak segera teratasi, hal ini disebabkan karena gas ini dapat melumpuhkan saluran pernapasan (Martin *et al.*, 2004).

Berikut merupakan sifat-sifat fisika dan kimia yang dimiliki oleh Hidrogen Sulfida :

Berat molekul	: 34,08 gram/mol
Fase	: gas
Titik didih	: -59,6 °C
Titik leleh	: -82,9 °C
Massa jenis	: 1,363 g dm ⁻³
Kelarutan (dalam air)	: 3980 mg/L
Temperatur kritis	: 100.4 °C
Tekanan uap	: 1880 kPa
Tekanan kritis	: 8940 kPa

(Perry, 1997).

Hidrogen sulfida (H₂S) dalam biogas dapat membentuk produk samping hasil pembakaran yang berupa gas buang beracun seperti sulfur dioksida (SO₂) yang menimbulkan pencemaran udara dalam lingkungan, serta dapat menimbulkan terjadinya hujan asam. Senyawa sulfur dari aliran proses telah

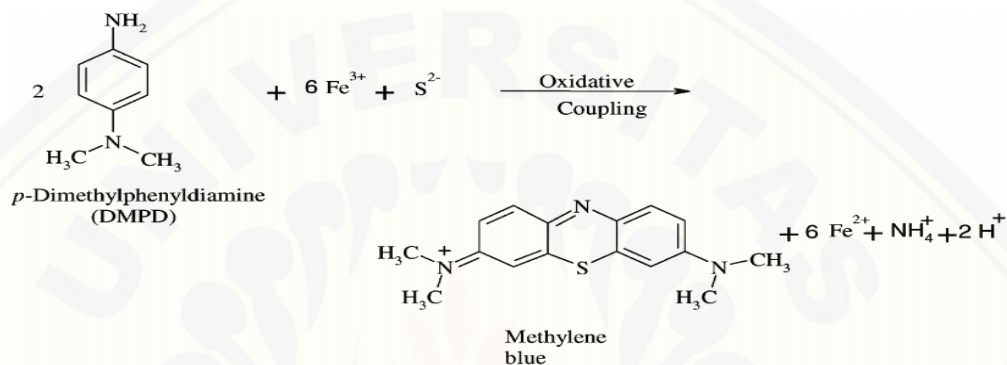
dilakukan banyak proses untuk penghilangannya, diantaranya proses oksidasi, adsorpsi selektif, ekstraksi, hydrotreating dan sebagainya. Proses-proses tersebut dilakukan guna untuk mengurangi dampak negatif dari senyawa sulfur dan salah satu turunannya berupa hidrogen sulfida (Moenir dan Yuliasni, 2011).

Keberadaan gas hidrogen sulfida dengan sifatnya yang bersifat sangat asam dan toksik, gas ini dalam udara dapat menyebabkan timbulnya hujan asam yang akan merusak lingkungan dan akan mengganggu kesehatan manusia. Hidrogen sulfida yang bersifat sangat korosif terhadap metal dan dapat menghitamkan beberapa material, sehingga sering ditemukan gas ini dapat menyebabkan kebocoran pada saluran pipa dan kompresor. Gas hidrogen sulfida memiliki berat molekul yang lebih besar dari udara, sehingga keberadaan gas ini sering terkumpul di udara pada lapisan bagian bawah, dengan berbagai kerugian yang dapat di sebabkan adanya gas H_2S , maka gas ini harus di pisahkan atau dihilangkan keberadaannya diudara (Mahdi *et al.*, 2011).

Variasi bentuk sulfida dalam berbagai kondisi pH berbeda-beda. Sulfida pada keadaan pH asam berbentuk H_2S , pada keadaan pH netral berbentuk HS^- , dan pada keadaan pH basa berbentuk S^{2-} . Persenyawaan besi sulfida, mangan, zink dan logam-logam alkali dapat terurai dengan asam klorida encer yang akan di sertai pelepasan hidrogen sulfida. Persenyawaan timbal sulfida, kadmium, nikel, kobalt, timah (IV), dan stibium dapat terurai dengan asam klorida pekat (Svehla, 1985). Ion sulfida di dalam air pada keadaan pH asam dapat menghasilkan hidrogen sulfida (H_2S) yang akan bersifat toksik, meskipun keberadaannya hanya sedikit atau dalam konsentrasi yang rendah (10 ppm). Keadaan tersebut dapat menimbulkan gangguan bermacam-macam, seperti gangguan pernafasan ringan atau lanjut yaitu iritasi pada saluran pernafasan, radang, bahkan dapat menyebabkan hilangnya kesadaran (IPCS, 2004).

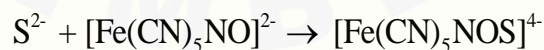
Analisis kuantitatif senyawa sulfida dapat dilakukan dengan reagen kromogenik, yaitu suatu reagen yang akan menghasilkan larutan berwarna ketika bereaksi dengan sulfida. Reagen yang dapat digunakan yaitu *N,N-dimethyl-p-phenylenediamine* dan larutan natrium nitroprusida. Reaksi antara sulfida dengan reagen-reagen tersebut dapat dijelaskan yaitu:

a. Sulfida yang bereaksi dengan reagen *N,N*-dimethyl-*p*-phenylenediamine dan FeCl_3 akan membentuk metilen biru. FeCl_3 mengoksidasi terlebih dahulu reagen *N,N*-dimethyl-*p*-phenylenediamine untuk membentuk senyawa intermediet, kemudian mereduksi senyawa intermediet tersebut untuk membentuk zat warna *phenothiazinium* metilen biru (Boltz dan Howell, 1978). Reaksi ini dapat dilihat pada gambar 2.1. Kompleks metilen biru tersebut dapat dideteksi dengan spektrofotometer *visible* (Silva, 2001).



Gambar 2.1 Reaksi pembentukan metiten biru dari sulfida dengan reagen *N,N*-dimethyl-*p*-phenylenediamine dan Fe(III) (Sumber: Yuan dan Kuriyama, 2000).

b. Sulfida yang bereaksi dengan reagen nitroprusida ($\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$) yang akan membentuk larutan berwarna ungu dengan adanya larutan-larutan alkali. Reagensia ini harus dijadikan basa terlebih dahulu dengan larutan natrium hidroksida atau amonia sehingga akan membentuk persenyawaan berwarna ungu, yang ditunjukkan pada gambar 2.2. Reagensia dibuat dengan melarutkan kristal natrium nitroprusida murni dalam akuades. Reagensia natrium nitroprusida dibuat dalam konsentrasi 1% (Svehla, 1985).



Gambar 2.2 Reaksi sulfida dengan reagen nitroprusida (Svehla, 1985).

2.2 Gas Metana (CH_4)

Gas metana merupakan gas yang tidak berbau dan tidak berwarna. Gas metana adalah golongan hidrokarbon yang paling sederhana dengan rumus kimia CH_4 . Gas metana mudah terbakar sehingga dapat menimbulkan ledakan dan

kebakaran pada *landfill* ketika berada di udara dengan konsentrasi 5-15 %. Gas metana merupakan komponen utama dari gas alam sebagai sumber bahan bakar utama. Metana merupakan salah satu gas penyebab efek rumah kaca di mana keberadaannya dalam atmosfer pertahun semakin meningkat. Keberadaan metana pada atmosfer pada tahun 1998 yang dinyatakan dalam fraksi mol adalah sebesar 1.745 nmol/mol, dan mengalami kenaikan yang tercatat pada tahun 2008 sebesar 1800 nmol/mol (NIST, 2010).

Berikut merupakan sifat-sifat fisika dan kimia yang dimiliki oleh gas metana (CH₄):

Berat molekul	: 16,04 gram/mol
Fase	: gas
Titik didih	: -161,5 °C
Titik leleh	: -182 °C
Massa jenis	: 655,6 µg/ cm ³
Kelarutan (dalam air)	: 35 mg/L
Temperatur kritis	: -82,7 °C
Tekanan kritis	: 4640 kPa

(Perry, 1997).

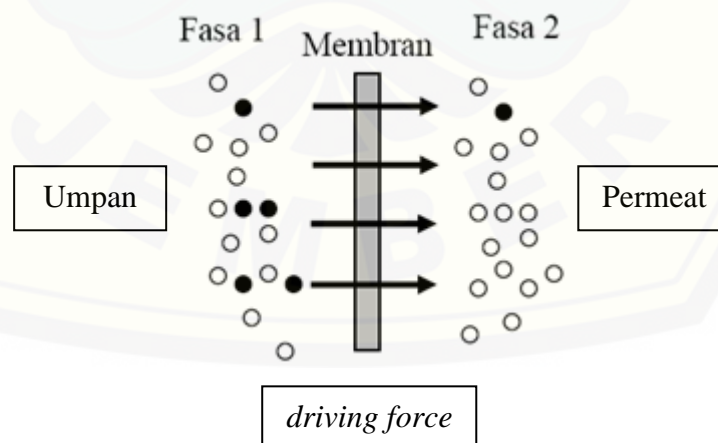
Keberadaan gas metana (CH₄) di atmosfer lebih rendah ketika dibandingkan dengan gas karbondioksida (CO₂) yaitu hanya sebesar 0,5% dari jumlah gas karbondioksida (CO₂), akan tetapi koefisien daya tangkap panas gas metana jauh lebih tinggi 25 kali gas karbondioksida, sehingga 15% pemanasan global disebabkan oleh keberadaan gas metana. Pemanasan global terjadi ketika adanya peningkatan jumlah emisi gas rumah kaca termasuk salah satunya gas metana. Metana yang bereaksi dengan ozon atmosfer bumi akan memproduksi karbondioksida dan air, sehingga efek rumah kaca dari metana yang dilepaskan ke udara relatif singkat. Namun, gas metana akan menipiskan lapisan ozon sebagai pelindung bumi yang akan memicu pemanasan global (Yunilas, 2010).

Menurut Etheridge *et al.* (1992) dalam Lilik (2001) menyebutkan bahwa laju pertumbuhan CH₄ di atmosfer setiap tahunnya 0,8 %. Laju pertumbuhan efek gas metana yang terus tidak ada penanggulangannya, maka akan menyebabkan

efek rumah kaca dari gas metana yang akan jauh lebih berbahaya dari CO₂. Tahun 1800 sampai 1985 telah terjadi kenaikan konsentrasi CH₄ di atmosfer lebih dari dua kali lipat. Kenaikan ini terjadi karena buruknya kualitas dan pengelolaan lingkungan di samping dari adanya sumber alami penghasil gas metana (Stauffer *et al*, 1985). Menurut Sutanto (2016) teknologi pemisahan CH₄ dari gas alam dengan gas lain yang baik digunakan saat ini adalah teknologi pemisahan menggunakan membran yang dinilai lebih efisien dan tepat guna.

2.3 Membran

Membran didefinisikan sebagai lapisan tipis selektif dan semipermeabel yang berada diantara dua fasa yaitu fasa umpan (*feed*) dan fasa permeat yang bersifat sebagai penghalang (*barrier*) terhadap suatu spesi tertentu, yang dapat memisahkan zat dengan ukuran yang berbeda serta membatasi transport dari berbagai spesi berdasarkan sifat fisik dan sifat kimianya. Fasa umpan yang biasa disebut sebagai konsentrat merupakan komponen yang tertahan dan tidak diloloskan oleh membran, sedangkan fasa permeat merupakan komponen yang dapat lolos melewati membran. Fasa permeat dapat lolos melewati membran ketika ukurannya lebih kecil dari ukuran pori membran (Mulder, 1996). Skema proses pemisahan membran secara umum digambarkan pada Gambar 2.3.

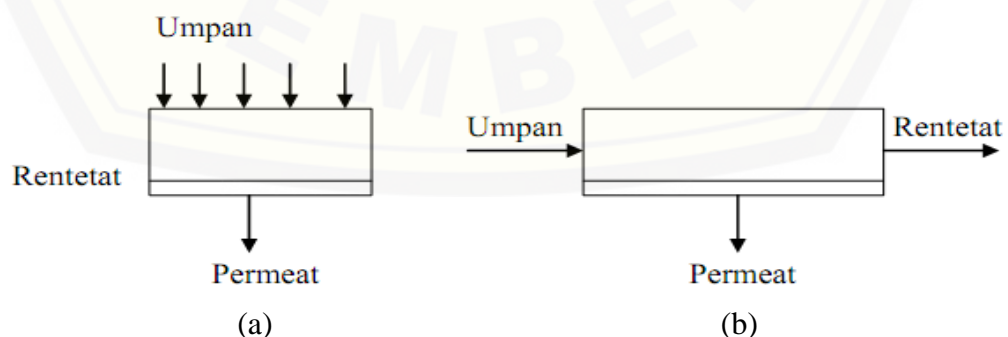


Gambar 2.3 Skema proses pemisahan membran (Sumber: Mulder, 1996).

Proses pemisahan membran yang digolongkan berdasarkan material membran dibedakan menjadi dua yaitu membran alami dan membran sintesis.

Membran alami merupakan membran yang terbentuk dengan sendirinya dan materialnya di peroleh didalam sel makhluk hidup. Sedangkan membran sintesis merupakan membran yang cara memperolehnya adalah hasil sintesis yang dalam pembuatannya disesuaikan dengan kebutuhan. Membran sintesis ada dua macam yaitu membran organik dan membran anorganik (Wenten, 2000). Membran sintesis yang umum digunakan yaitu golongan selulosa dan turunannya, contohnya selulosa asetat. Membran polisulfon, poliakrilonitril, polikarbonat, *polvinilidena fluorida* (PVDF), *Politetrafloroetilena* (PTFE) juga tergolong dalam membran sintesis (Cheryan, 1998).

Membran berdasarkan sistem alir pemisahannya dibagi ke dalam dua kelompok besar yaitu sistem alir *dead end* dan *cross flow* yang digambarkan dalam Gambar 2.4. Sistem alir *dead end* yaitu sistem aliran tegak lurus terhadap membran, yang akan membentuk sudut 0° antara umpan dengan pori membran. Kelemahan dari sistem laju alir *dead end* yaitu sistem alir ini cenderung mengakibatkan *fouling* yang sangat tinggi karena akan menyebabkan terbentuknya *cake* di permukaan membran pada sisi umpan. Aplikasi sistem alir yang selanjutnya adalah sistem laju alir *cross flow* yaitu sistem aliran sejajar dengan permukaan membran, yang akan membentuk sudut 90° . Sistem aliran ini lebih baik dari sistem *dead end* dalam hal meminimalisir pembentukan *fouling*, karena dalam sistem *cross flow* pembentukan *cake* terjadi sangat lambat, hal ini karena umpan akan tersapu oleh gaya geser yang disebabkan oleh adanya aliran *cross flow* umpan (Rintoko, 2012).



Gambar 2.4 Sistem alir membran (a) *dead end*, (b) *cross flow* (Rintoko, 2012).

Menurut Baker (2004), membran yang dibedakan berdasarkan ukuran porinya ada 4 jenis:

- a. *Reverse osmosis* yaitu membran yang memiliki diameter pori antara 0,0001 μm –0,001 μm .
- b. Ultrafiltrasi yaitu membran yang memiliki diameter pori antara 0,001 μm –0,1 μm .
- c. Mikrofiltrasi yaitu membran yang memiliki diameter pori antara 0,1 μm –10 μm .
- d. Konvensional filtrasi yaitu golongan membran penyaring pada umumnya yang memiliki diameter pori antara 10 μm –100 μm .

Proses pemisahan gas berbasis membran merupakan proses yang memanfaatkan perbedaan tekanan parsial antara umpan dan permeat yang menjadi gaya dorong dalam proses pemisahan gas. Perpindahan massa melalui membran terjadi ketika adanya suatu gaya penggerak (*driving force*) yang diberikan komponen pada umpan (Wenten, 2000). Membran sebagai penghalang antara dua fasa yang bersifat selektif akan memungkinkan suatu komponen atau fasa tertentu menembus lebih cepat dibandingkan dengan komponen atau fasa lainnya atas pengaruh dari gaya penggerak (*driving force*). Gaya penggerak ini dapat berupa perbedaan tekanan (ΔP), suhu (ΔT), konsentrasi (ΔC), maupun potensial listrik (ΔE) (Mulder, 1996).

Aplikasi penggunaan gaya penggerak perbedaan tekanan (ΔP) antara lain mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi, *reverse osmosis*. Aplikasi penggunaan gaya penggerak perbedaan konsentrasi (ΔC) antara lain pervaporasi, permeasi gas, permeasi uap, dialisis, dialisis – difusi. Aplikasi penggunaan gaya penggerak perbedaan temperatur (ΔT) penggunaan antara lain adalah thermo-osmosis, distilasi membran. Performance instalasi berupa fluks (J) dan selektivitas (α). Aplikasi penggunaan gaya penggerak potensial listrik (ΔE) penggunaannya antara lain adalah elektrodialisis, elektroosmosis, membran-elektrolisis. Kinerja (performance) instalasi berupa fluks (J) dan selektivitas (α) (Mulder, 1996).

Parameter utama yang menentukan kinerja membran, yaitu fluks massa, koefisien permeabilitas dan selektifitas.

1. Fluks massa

Fluks massa merupakan jumlah massa umpan yang diperoleh kembali pada proses pemisahan menggunakan membran dalam satuan waktu dan satuan luas permukaan membran. Fluks massa akan menentukan berapa banyak permeat yang dapat dihasilkan (kuantitas). Besaran fluks massa dinyatakan dengan satuan $\text{kg/m}^2\text{jam}$. Faktor-faktor yang mempengaruhi fluks yaitu tekanan, konsentrasi umpan, suhu, laju aliran dan turbulensi. Membran dapat dikatakan efektif dan efisien ketika membran tersebut memiliki fluks yang tinggi (Mulder, 1996). Penentuan kinerja besarnya fluks massa dapat dinyatakan dengan persamaan 2.1.

$$J_m = \frac{m}{A \times t} \quad (2.1)$$

Keterangan:

J_m = fluks ($\text{kg/m}^2\text{jam}$)

m = massa permeat (kg)

t = waktu perolehan permeat dengan volume tertentu (jam)

A = luas permukaan membran (m^2)

(Mulder, 1996).

2. Koefisien Permeabilitas Membran

Koefisien permeabilitas membran merupakan suatu nilai yang diperoleh dari hasil plot antara tekanan terhadap fluks massa yang berupa *slope* (kemiringan) dari kurva yang diperoleh. Pengukuran fluks massa dapat dilakukan dalam berbagai tekanan yang selanjutnya dibuat grafik dengan tekanan pada sumbu X dan nilai fluks massa sebagai sumbu Y. Penentuan koefisien permeabilitas membran dapat dinyatakan dengan persamaan 2.2.

$$J_m = L_p \cdot P \quad (2.2)$$

Keterangan:

J_m = fluks ($\text{kg/m}^2\text{jam}$)

L_p = koefisien permeabilitas ($\text{kg/m}^2\text{jam bar}$)

P = tekanan (bar)

(Mulder, 1996).

3. Selektifitas

Selektifitas membran berkaitan dengan kualitas membran yang mampu meloloskan satu jenis material dalam jumlah permeat yang di hasilkan. Selektifitas dapat ditentukan ketika ada dua material yang salah satunya akan dipisahkan. Perbandingan nilai permeabilitas permeat yang dihasilkan dimana dalam suatu volume permeat tersebut ada dua komponen. Penentuan selektifitas membran dalam melewati gas dapat ditentukan dengan membandingkan dari keberadaan kedua zat (Rautenbach, 1989).

Teknologi membran memiliki beberapa keunggulan yaitu proses pemisahannya berlangsung pada suhu kamar, dapat diatur sesuai dengan kebutuhan, sifat yang bervariasi dan dapat dilakukan secara berkelanjutan. Kelemahan dari teknologi membran yaitu pada fluks dan selektifitas yaitu adanya perbedaan yang berbanding terbalik antara keduanya. Fluks yang tinggi akan menyebabkan menurunnya selektifitas membran. Harapan dari proses membran adalah mempertinggi fluks dan selektifitas dari kinerja membran tersebut (Wenten, 2000).

Proses permeasi dengan menggunakan membran dapat terjadi akibat adanya perbedaan ukuran pori dan dapat juga terjadi struktur kimia antara umpan dengan sifat kimia membran yang digunakan dalam proses permeasi. Membran yang dapat menahan dengan spesi tertentu, akan tetapi dapat melewati spesi yang lainnya disebut sebagai membran semipermeabel. Fasa campuran akan dipisahkan disebut sebagai umpan, dan fasa hasil pemisahan disebut sebagai permeat (Wenten, 2000).

Pemisahan gas harus menggunakan membran yang memiliki ketahanan tekanan yang baik. Membran polimer dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu *glassy membrane* dan *rubbery membrane*. Membran yang sering digunakan dalam pemisahan gas yaitu jenis *glassy membrane* karena memiliki ketahanan baik terhadap tekanan (Rumuar, 1999 dalam Sutanto, 2016). Parameter utama dalam pemisahan gas yang menunjukkan tingkat performa dari membran ada dua yaitu faktor separasi dan faktor permeasi. Separasi membran didasarkan pada perbedaan berat dan molekul komponen melalui membran semi permeabel.

Membran berdasarkan jenis gradien tekanan sebagai gaya dorong dan permeabilitasnya dibagi menjadi beberapa jenis yaitu :

a. Mikrofiltrasi (MF)

Membran ini beroperasi dengan tekanan sekitar 0,1–2 bar dan permeabilitasnya lebih besar dari 50 L/m².jam.bar

b. Ultrafiltrasi (UF)

Membran ini beroperasi dengan tekanan berkisar 1–5 bar dan permeabilitasnya 10-50 L/m².jam.bar

c. Nanofiltrasi

Membran ini beroperasi dengan tekanan berkisar 5–20 bar dan permeabilitasnya lebih besar mencapai 1,4–12 L/m².jam.bar. Aplikasi dari membran nanofiltrasi adalah memisahkan garam-garam misalnya NaCl dan MgSO₄.

d. *Reverse Osmosis* (RO)

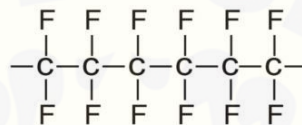
Membran ini beroperasi dengan tekanan berkisar 10–100 bar dan permeabilitasnya mencapai 0,005–1,4 L/m².jam.bar. Membran *Reverse Osmosis* (RO) umumnya memiliki struktur asimetrik dengan lapisan atas yang tipis dan padat. Tahanan ditentukan oleh lapisan atas yang rapat.

(Wenten, 2000).

2.3.1 Membran PTFE (*Politetrafluoroetilena*)

Membran PTFE (*Politetrafluoroetilena*) merupakan membran yang berwujud padatan berwarna putih yang tergolong membran sintesis yang bersifat non polar dan hidrofobik. Membran PTFE merupakan jenis polimer termoplastik dengan titik didih sebesar 327°C namun bisa terdegradasi pada suhu 260°C, memiliki densitas pada suhu ruang sebesar 2.2 gram/cc (Rintoko, 2012). Membran PTFE mampu memisahkan campuran yang bersifat polar atau hidrofilik tanpa adanya reaksi yang terjadi, selain itu membran PTFE merupakan membran yang memiliki stabilitas termal yang baik. Membran PTFE (*politetrafluoroetilena*) merupakan membran dengan ukuran pori berkisar antara 0.2 µm–10.0 µm, sehingga membran PTFE dapat digolongkan sebagai membran mikrofiltrasi (Wenzhong *et al.*, 2012).

Membran PTFE (*politetrafluoroetilena*) memiliki struktur berupa rantai karbon panjang yang dikelilingi atom fluor yang di tunjukkan pada Gambar 2.5. Ikatan yang terjadi antara atom karbon dan fluor merupakan ikatan yang sangat kuat, sehingga membran PTFE (*politetrafluoroetilena*) mempunyai keunggulan sifat- sifat diantaranya bersifat tahan terhadap bahan kimia seperti *ozone*, *acetid acid*, *sulfuric acid*, *chlorine*, *ammonia* dan *hydrochloric acid*. Membran PTFE bersifat tahan terhadap radiasi sinar Ultra Violet. Membran PTFE mempunyai performa yang baik terhadap suhu yaitu tahan pada suhu $-240\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai $260\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Liu *et al.*, 2014).



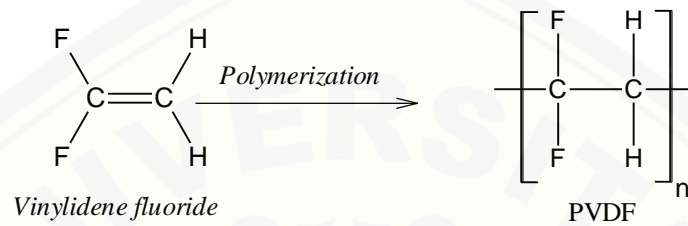
Gambar 2.5 Struktur membran PTFE (Sumber: Rintoko, 2012).

2.3.2 Membran PVDF (*Polyvinylidene Fluoride*)

Membran PVDF (*Polyvinylidene Fluoride*) merupakan membran bewujud padatan putih yang tergolong membran sintesis yang bersifat non polar dan hidrofobik, sehingga dengan adanya gas H_2S yang bersifat hidrofobik membran PVDF bisa digunakan untuk memisahkan gas H_2S tanpa adanya reaksi yang terjadi (Liu *et al.*, 2014). Membran PVDF merupakan membran polimer hasil sintesis dari monomer vinylidene flouride yang melalui suatu radikal bebas dengan proses polimerisasi. Membran PVDF bersifat fluoro polimer termoplastik dan non reaktif dengan rumus molekul $-(\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_2)_n-$. Membran PVDF memiliki titik leleh 177°C dengan densitas sebesar $1,78\text{ gr/cm}^3$. Membran PVDF banyak dimanfaatkan untuk menjaga integritas elektroda dan sebagai perantara hubungan *filler* dan zat aditif dalam pembuatan baterai ion lithium (Kang, 2014).

Membran PVDF merupakan salah satu golongan membran mikrofiltrasi yang memiliki ukuran pori sebesar $0,22\text{ }\mu\text{m}$ – $10,0\text{ }\mu\text{m}$ (Wenzhong, 2012). Membran yang tergolong membran mikrofiltrasi seperti membran PVDF (*Polyvinylidene Fluoride*) memiliki struktur yang asimetris. Membran PVDF memiliki sifat yang tetap stabil ketika digunakan untuk pemisahan komponen

kimia yang bersifat korosif dan senyawa organik yang bersifat asam dan oksidan (Liu *et al.*, 2014). Membran PVDF yang dapat melewatkan gas H_2S dari campuran berupa gas metana, gas H_2S akan berdifusi melewati membran dengan selektifitas membran yang dimiliki akan dapat memisahkan dengan campurannya (Arezou *et al.*, 2016). Gambar 2.6 menunjukkan struktur polimerisasi dari membran PVDF (*Polyvinylidene Fluoride*).



Gambar 2.6 Struktur polimerisasi membran PVDF (Sumber: Arezou *et al.*, 2016).

2.4 Larutan SAOB (*Sulfide Anhydride 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 dan melindungi 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. Sedangkan antioksidan sintetik antara lain butilhidroksianisol, butilhidroksitoluen, propil galat, etoksiqiuon (ASTM, 1987).

Larutan SAOB (*Sulfide Anhydride Oxidant Buffer*) merupakan larutan yang memiliki komposisi terdiri dari campuran larutan NaOH, asam askorbat dan Na_2EDTA . Larutan SAOB merupakan larutan buffer untuk mencegah oksidasi sulfida. Larutan SAOB memiliki pH berkisar 12-14 untuk mengubah semua H_2S dan HS^- terlarut menjadi sulfida (S^{2-}). Larutan SAOB dapat digunakan sebagai *carrier* dan penyesuai ion pada penelitian *monitoring* sulfida dan hidrogen sulfida dalam sistem alir terotomatisasi. Larutan SAOB merupakan larutan golongan

antioksidan alam yang berfungsi untuk mempertahankan ion S^{2-} yang terlewatkan oleh membran agar tidak terbentuk HS^- atau H_2S kembali. Penangkapan ion sulfida dalam larutan penangkap terhadap hasil pemisahan gas didasarkan pada potensialnya (Redondo *et al.*, 2017).

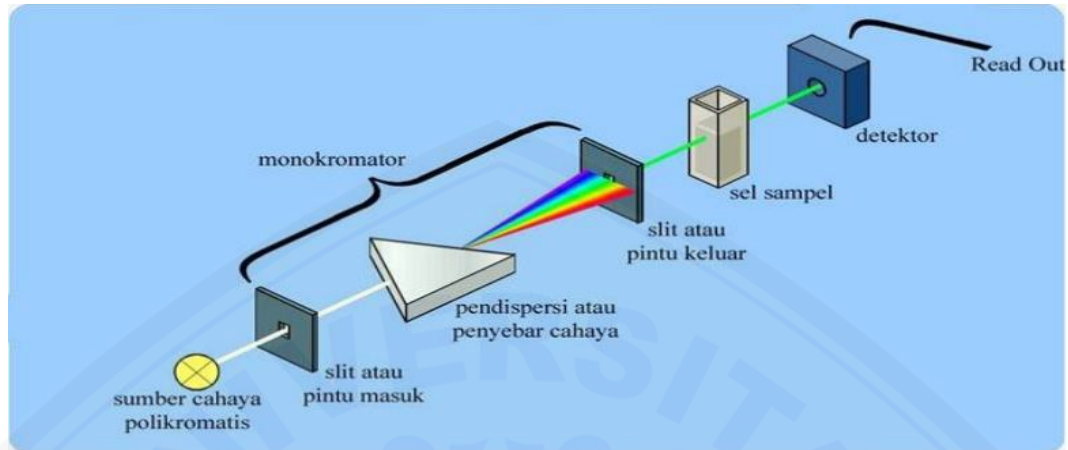
2.5 Spektrofotometri Visibel

Spektrofotometri merupakan suatu metode analisa yang didasarkan pada pengukuran serapan sinar monokromatis oleh suatu larutan berwarna yang akan terbaca pada panjang gelombang tertentu menggunakan monokromator prisma atau kisi difraksi dengan detektor *phototube* (Day dan Underwood, 2002). Alat yang digunakan dalam metode spektrofotometri adalah spektrofotometer, yaitu merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau diabsorpsi. Energi dapat terukur dalam spektrofotometer ketika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan atau diemisikan sebagai fungsi panjang gelombang. Spektrofotometer panjang gelombang dari sinar putih dapat langsung dideteksi dengan alat pengurai seperti prisma maupun celah optis (Gandjar dan Rohman, 2012).

Keuntungan menggunakan metode spektrofotometri salah satunya adalah metode yang memberikan cara yang sederhana untuk menetapkan nilai kuantitas dari suatu zat yang sangat kecil. Metode spektrofotometri juga memberikan hasil pengukuran yang cukup akurat, angka yang terbaca akan muncul dan tercatat oleh detektor yang akan dimunculkan dalam bentuk angka digital maupun grafik yang sudah di regresikan (Yahya, 2013). Instrumen spektrofotometri terdiri dari Sumber cahaya, monokromatis, sel sampel, detektor, *read out* yang digambarkan dalam Gambar 2.7.

Hal yang harus diperhatikan dalam menggunakan metode spektrofotometri yaitu saat pengenceran alat harus betul-betul bersih tanpa adanya zat pengotor, alat-alat yang digunakan harus steril, jumlah zat yang dipakai harus sesuai dengan yang telah ditentukan, sampel yang digunakan dalam spektrofotometri UV-Vis

harus jernih dan tidak keruh, dan sampel yang digunakan dalam spektrofotometri UV-Vis harus berwarna (Yahya, 2013).



Gambar 2.7 Skematik instrumen spektrofotometri Uv-Vis (Sumber: Yahya, 2013).

Instrumen spektrofotometri memiliki fungsi spesifik yaitu:

1. Sumber sinar polikromatis berfungsi sebagai sumber sinar polikromatis dengan berbagai macam rentang panjang gelombang.
2. Monokromator berfungsi sebagai penyeleksi panjang gelombang yaitu mengubah cahaya yang berasal dari sumber sinar polikromatis menjadi cahaya monokromatis dengan adanya pendispersi hanya satu jenis cahaya atau cahaya dengan panjang gelombang tunggal yang mengenai sel sampel.
3. Sel sampel berfungsi sebagai tempat meletakkan sampel dengan menggunakan kuvet sebagai tempat sampel. Kuvet biasanya terbuat dari kuarsa atau gelas, namun kuvet dari kuarsa yang terbuat dari silika memiliki kualitas yang lebih baik.
4. Detektor berfungsi menangkap cahaya yang diteruskan dari sampel dan mengubahnya menjadi arus listrik.
5. *Read out* merupakan suatu sistem baca yang menangkap besarnya sinyal listrik yang berasal dari detektor.

(Cairns, 2004).

Alat spektrofotometer terdiri dari spektrometer dan fotometer. Spektrometer merupakan penghasil sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu, sedangkan fotometer merupakan pengukur intensitas cahaya

yang ditransmisikan atau diabsorpsi (Khopkar, 2010). Alat yang digunakan untuk mengukur panjang gelombang dan intensitas sinar ultraviolet-visibel yang diserap oleh sampel disebut spektrofotometer ultraviolet-visibel. Sinar ultraviolet menyerap pada kisaran panjang gelombang 200-400 nm, sedangkan pada sinar visibel menyerap pada kisaran panjang gelombang 400-800 nm. Spektrofotometri sinar tampak memiliki warna yang spesifik terhadap panjang gelombangnya (Gandjar dan Rohman, 2012).

Metode spektrofotometri ini spesifik untuk warna komplementer dan warna yang diserap menurut kisaran panjang gelombangnya. Sinar putih yang dilewatkan melalui larutan berwarna maka radiasi dengan panjang gelombang tertentu akan diserap dengan selektif dan radiasi sinar yang lainnya akan diteruskan, misalkan suatu larutan berwarna merah akan menyerap radiasi maksimum pada daerah warna hijau. Warna-warna yang diserap dengan warna komplementernya menunjukkan selektivitasnya terhadap panjang gelombang tertentu. (Day dan Underwood, 2002).

Metode spektrofotometri UV dan sinar tampak berdasarkan pada hukum Lambert-Beer. Hukum Lambert-Beer merupakan hukum yang menyatakan jumlah radiasi dari sinar tampak ultraviolet dan cahaya lain yang ditransmisikan oleh suatu larutan, hukum ini yang menyatakan bahwa daerah serapan akan sebanding dengan ketebalan dan konsentrasi larutan, dengan kata lain semakin tinggi daerah serapannya maka semakin besar ketebalan dan konsentrasinya. Persamaan Hukum Lambert-Beer dapat dinyatakan dalam persamaan 2.3 dan persamaan 2.4.

$$A = a \cdot b \cdot C \text{ (gram / liter)} \quad (2.3)$$

$$A = \varepsilon \cdot b \cdot C \text{ (mol / liter)} \quad (2.4)$$

Keterangan :

A = serapan

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

b = ketebalan (cm)

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

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

(Khopkar, 2010).

Berdasarkan hukum Lambert-Beer, persamaan yang digunakan untuk menghitung banyaknya cahaya yang hamburkan ditunjukkan pada persamaan 2.5;

$$T = \frac{I_t}{I_0} \text{ atau } \%T = \frac{I_t}{I_0} \times 100 \% \quad (2.5)$$

dan absorbansi dinyatakan dengan persamaan 2.6;

$$A = -\log T = -\log \frac{I_t}{I_0} \quad (2.6)$$

Keterangan :

I_0 = intensitas cahaya masuk

I_t = intensitas sinar diteruskan

(Skoog *et al.*, 2012).

Analisis kuantitatif zat tunggal dalam metode spektrofotometri *visible* dilakukan dengan mengukur nilai absorbansi (A) pada panjang gelombang maksimum. Panjang gelombang maksimum ditentukan dikarenakan pada panjang gelombang tersebut terjadi perubahan absorbansi dalam setiap kadar yang paling besar, sehingga akan diperoleh kepekaan analisis yang maksimal. Hal lain karena pita serapan dalam kisaran panjang gelombang maksimum akan datar dan dengan pengukuran berulang yang akan memberikan kesalahan semimum mungkin untuk dapat memenuhi hukum Lambert-Beer (Mulja dan Suharman, 1995).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Analitik dan Laboratorium Kimia Fisik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Pelaksanaan penelitian pada bulan Juli 2017 sampai Januari 2018.

3.2 Alat dan Bahan

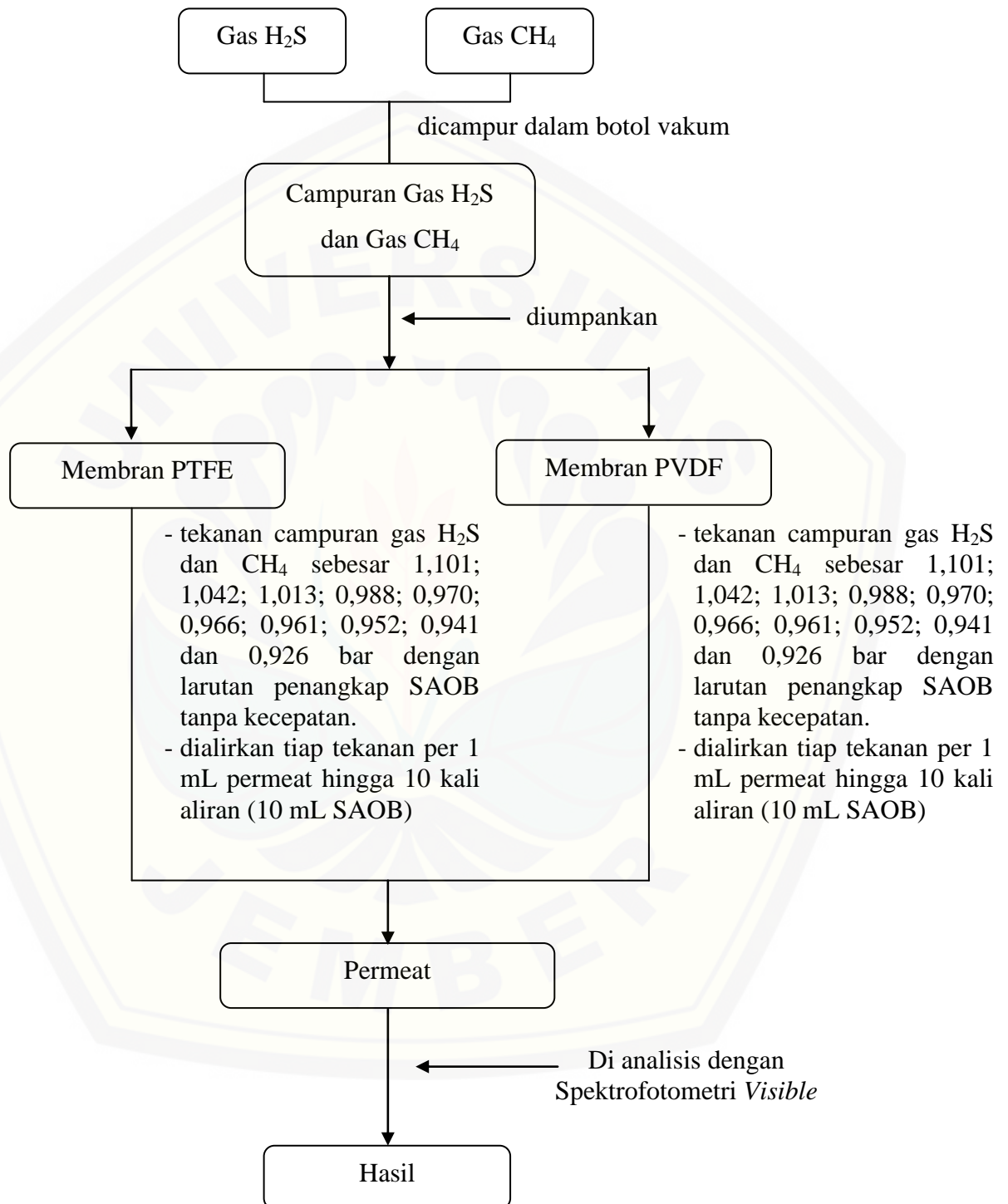
3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas beaker 50 mL; 100 mL; 250 mL, labu ukur 10 mL; 50 mL; 100 mL; 250 mL, gelas ukur 10 mL, pipet tetes, pipet volume 1 mL, pipet *mohr* 1 mL; 5 mL, corong gelas, spatula, ball pipet, gelas arloji, batang pengaduk, erlenmeyer 125 mL, botol semprot, media akrilik ukuran 11x11 cm tebal 1 cm, pH meter, spektrofotometer visible, botol gas H₂S, botol gas CH₄, selang, *flow regulator* dan *Gas Pressure sensor* vernier.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah membran PVDF (*polyvinylidene fluoride*) komersial (Millipore GVHP29325), membran PTFE (*Poly-Tetrafluoroethylene*) komersial (Millipore FGLP 29325), akuades, FeS 90% (sigma A.), HCl pa (E Merck; 37%), CH₃COOH (E Merck; 99,8%), kristal NaOH (E Merck; 95%), kristal KIO₃ (E Merck), asam askorbat (E Merck; 99%), kristal KI (E Merck; 99,9%), H₂SO₄ 3M (E Merck), Na₂S.9H₂O (E Merck; 99%), larutan sabun, larutan *N,N-Dimethyl-1,4-Phenylene Diamine* (E Merck), FeCl₃.6H₂O (E Merck; 99%), dan gas N₂.

3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir Penelitian

3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1 Preparasi Pembuatan Larutan

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

Larutan SAOB dibuat dengan melarutkan 8 gram NaOH dalam 20 mL akuades, 3,5 gram asam askorbat, dan 6,7 gram Na₂EDTA dalam 60 mL akuades kemudian diaduk sampai semua larut. Larutan dicampur dan diencerkan menggunakan labu ukur 100 mL hingga tanda batas. pH larutan SAOB (*Sulfide Anhydride Oxidant Buffer*) diukur menggunakan pH meter sampai nilai pH sekitar 14 yang akan mengubah semua spesies belerang menjadi S²⁻ (Redondo *et al.*, 2017).

b. Pembuatan larutan standart S²⁻ 1000 ppm

Larutan standart S²⁻ 1000 ppm dibuat dengan melarutkan 0,75 gram Na₂S.9H₂O menggunakan akuades dalam labu ukur 100 mL kemudian diencerkan sampai tanda batas.

c. Pembuatan larutan KIO₃ 0,01N

Larutan KIO₃ 0,01N dibuat dengan melarutkan 0,214 gram kristal KIO₃ menggunakan akuades dalam labu ukur 100 mL kemudian diencerkan sampai tanda batas.

d. Pembuatan larutan KI 5%

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

e. Pembuatan larutan amilum 1%

Larutan amilum 1% dibuat dengan cara melarutkan 1 gram tepung kanji dalam 100 mL akuades. Larutan dipanaskan hingga 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 dengan 5 mL H₂SO₄ pa. Pencampuran dilakukan dalam penangas es, kemudian ditambahkan dengan 2,7 gram *N,N-Dimethyl-1,4-Phenylene Diamine* diaduk hingga larut dan setelah itu diencerkan dengan akuades

dalam labu ukur 10 mL hingga tanda batas. Larutan induk pereaksi asam sulfat-amina disimpan dalam botol gelap (Badan Standart Nasional, 2009).

g. Pembuatan larutan H_2SO_4 (1+1)

Larutan H_2SO_4 (1+1) dibuat dengan cara mencampurkan 5 mL H_2SO_4 pa dengan 5 mL akuades, pencampuran dilakukan dalam gelas beaker 50 mL (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 pereaksi asam sulfat amina ke dalam 7,8 mL H_2SO_4 (1+1) yang dilakukan dalam gelas beaker 50 mL (Badan Standart Nasional, 2009).

i. Pembuatan larutan FeCl_3 9,25 M

Larutan FeCl_3 9,25 M dibuat dengan cara melarutkan 20 gram $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dalam 8 mL akuades yang dilakukan dalam gelas beaker 50 mL (Badan Standart Nasional, 2009).

3.4.2 Standarisasi Larutan Standar S^{2-}

Standarisasi larutan standar S^{2-} dilakukan dengan mengambil 10 mL larutan KIO_3 ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan 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 ditambahkan dengan indikator amilum 1% sebanyak 10 tetes sehingga terbentuk warna biru dan titrasi dilanjutkan kembali hingga titik akhir titrasi yang ditunjukkan dengan warna biru tersebut hilang, dicatat volume larutan standar S^{2-} yang digunakan untuk titrasi, sehingga diperoleh konsentrasi larutan standar S^{2-} yang sebenarnya.

3.4.3 Pembuatan gas H_2S

Gas H_2S dibuat dari 5 gram FeS yang dimasukkan dalam botol yang dilengkapi dengan tutup botol dan botol langsung terhubung dengan selang, kemudian ditambahkan 50 mL HCl 15% dalam botol. Tutup segera botol untuk mencegah gas H_2S lolos keluar dari botol. Gas yang dihasilkan kemudian

langsung dialirkan menggunakan *flow regulator* yang langsung terhubung ke dalam sel permeasi.

3.4.4 Pembuatan Kurva Kalibrasi

Pembuatan kurva kalibrasi dibuat dengan cara mengambil 5 mL larutan standar S^{2-} 1000 ppm menggunakan pipet volume 5 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL dan diencerkan hingga tanda batas, sehingga diperoleh larutan standar S^{2-} dengan konsentrasi 100 ppm. Larutan standar S^{2-} 100 ppm dibuat variasi konsentrasi sebesar 0,02; 0,04; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8 dan 0,9 ppm dengan mengambil larutan standar masing-masing sebanyak 0,02; 0,04; 0,1; 0,2 ; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8 dan 0,9 mL menggunakan pipet mohr 1 mL yang dimasukkan dan diencerkan menggunakan labu ukur 100 mL 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 dikocok sekali dan didiamkan selama 5 menit. Larutan blanko dibuat dengan mencampurkan 10 mL akuades dengan 0,5 mL larutan pereaksi asam sulfat-amina dan 3 tetes larutan $FeCl_3$ (Badan Standart Nasional, 2009). Penentuan panjang gelombang maksimum ditentukan dengan *scanning* larutan. *Scanning* dilakukan menggunakan larutan kompleks S^{2-} 0,4 ppm pada *range* panjang gelombang 600 sampai 800 nm. Absorbansi larutan kompleks S^{2-} konsentrasi 0,02; 0,04; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8 dan 0,9 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 $y = mx + c$.

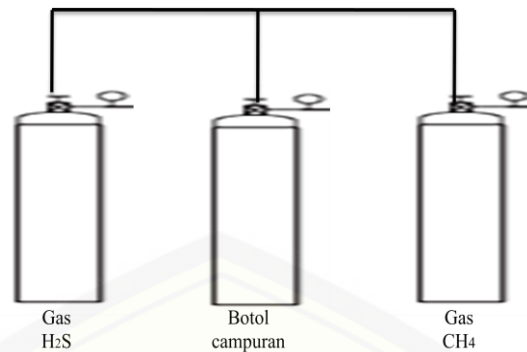
3.4.5 Penentuan konsentrasi awal gas H_2S

Penentuan konsentrasi awal gas H_2S dilakukan dengan cara mengalirkan gas campuran H_2S dan CH_4 menggunakan selang yang terhubung dengan *flow regulator* pada skala 3 ke dalam gelas ukur 10 mL yang berisi 1 mL larutan

SAOB. Proses penentuan konsentrasi awal dilakukan tanpa melewati membran. Larutan SAOB yang telah dialiri gas diambil 0,5 mL yang selanjutnya diencerkan ke dalam labu ukur 10 mL, kemudian larutan yang telah diencerkan 20 kali ditambahkan 0,5 mL larutan pereaksi asam sulfat-amina dan 3 tetes larutan FeCl_3 kemudian dikocok sekali dan didiamkan selama 5 menit. Larutan hasil pengenceran diambil 1 mL kemudian diencerkan ke dalam labu ukur 25 mL menggunakan akuades hingga tanda batas, sehingga pengenceran yang dilakukan sebanyak 500 kali pengenceran. Larutan blanko dibuat dengan mencampurkan 10 mL akuades dengan 0,5 mL larutan pereaksi asam sulfat-amina dan 3 tetes larutan FeCl_3 . Larutan yang telah diencerkan selanjutnya dilakukan analisis absorbansinya menggunakan spektrofotometer *visible*. Absorbansi yang diperoleh merupakan konsentrasi awal gas H_2S sebelum melewati membran, yang kemudian digunakan sebagai pembanding konsentrasi gas yang tertangkap oleh larutan SAOB setelah melewati membran.

3.4.6 Preparasi campuran gas H_2S dan CH_4

Gas H_2S dicampur dengan CH_4 dalam sebuah botol tertutup yang dilakukan dengan cara gas H_2S yang telah dibuat dicampur secara bersama-sama dengan gas CH_4 melalui selang. Gas CH_4 dibuat dengan mencampurkan 10 gram NaOH dan 50 mL CH_3COOH dan dikocok hingga terbentuk gelembung gas. Pencampuran dilakukan ketika kedua gas sudah siap dan dicampurkan dalam waktu yang bersamaan dalam botol campuran. Rangkaian alat botol gas dapat dilihat pada Gambar 3.2. Campuran gas dialirkan dalam botol tertutup dan mengalir yang terhubung *flow regulator* untuk kemudian masuk dalam sel permeasi yang telah terisi membran melalui selang. Selang yang akan digunakan diperlakukan terlebih dahulu dengan mengalirkan gas N_2 ke dalam selang untuk mengusir adanya gas-gas lain di dalam selang.



Gambar 3.2 Rangkaian alat pencampuran Gas H_2S dan gas CH_4

3.4.7 Pemisahan gas H_2S pada Campuran gas CH_4

Proses pemisahan gas H_2S pada campuran gas CH_4 dilakukan dengan mengalirkan 10 mL larutan SAOB dengan laju alir konstan yaitu 1,03 mL/menit. Gas H_2S sejumlah tertentu yang telah dibuat dengan komposisi pada prosedur 3.4.3 dan gas CH_4 sejumlah tertentu yang telah dibuat dengan komposisi pada prosedur 3.4.6. Pemisahan dilakukan dengan menampung tiap 1 mL yang ditampung dalam gelas ukur, hingga 10 kali pemisahan atau 10 mL larutan SAOB. Laju alir gas yang diperoleh tiap 1 mL permeat dicatat sebagai laju alir proses pemisahan. Penampungan tiap 1 mL permeat yang dihasilkan kemudian dilanjutkan pada proses permeasi selanjutnya hingga 10 kali proses permeasi yang ditampung dalam gelas ukur 10 mL. Larutan SAOB yang berfungsi sebagai penangkap gas yang lolos melewati membran PTFE dialirkan dengan selang ke dalam sel permeasi. Permeat yang dihasilkan kemudian ditampung dalam gelas ukur 10 mL. Perlakuan dilakukan dengan tiga kali pengulangan. Perlakuan yang sama juga dilakukan pada membran PVDF dalam proses pemisahan campuran gas H_2S dan CH_4 melewati membran.

3.4.8 Proses Analisis Gas H_2S

Permeat yang dihasilkan dalam proses pemisahan gas H_2S dengan adanya campuran gas CH_4 diambil 0,5 mL menggunakan pipet mohr 1 mL yang selanjutnya diencerkan ke dalam labu ukur 10 mL, kemudian larutan yang telah diencerkan 20 kali ditambahkan 0,5 mL larutan pereaksi asam sulfat-amina dan 3

tetes larutan FeCl_3 kemudian dikocok sekali dan didiamkan selama 5 menit. Larutan hasil pengenceran diambil 1 mL kemudian diencerkan ke dalam labu ukur 25 mL menggunakan akuades hingga tanda batas, sehingga pengenceran yang dilakukan sebanyak 500 kali pengenceran. Larutan blanko dibuat dengan mencampurkan 10 mL akuades dengan 0,5 mL larutan pereaksi asam sulfat-amina dan 3 tetes larutan FeCl_3 . Permeat yang telah berubah menjadi warna biru tersebut dimasukkan dalam kuvet dan dianalisis menggunakan spektrofotometer *visible* pada panjang gelombang maksimum (664 nm). Konsentrasi gas H_2S dapat ditentukan dari perhitungan persamaan linier yang diperoleh dari kurva kalibrasi dan merupakan konsentrasi gas yang tertangkap oleh larutan SAOB setelah melewati membran.

3.5 Metode Analisis Data

3.5.1 Analisis Fluks Massa dan Koefisien Permeabilitas

Analisis fluks massa dan koefisien permeabilitas dihitung untuk mengetahui kinerja membran dalam permeasi gas H_2S menggunakan membran PTFE dan membran PVDF. Proses analisis fluks massa (J_m) membran dilakukan dengan cara menghitung menggunakan Persamaan 2.1. Koefisien permeabilitas membran merupakan nilai *slope* dari kurva plot antara tekanan (P) terhadap fluks massa gas H_2S (J_m), sehingga nilai *slope* yang ditunjukkan oleh kurva merupakan nilai dari koefisien permeabilitas (L_p).

3.5.2 Persen Penghilangan gas H_2S

Hasil pemisahan yang dilakukan akan didapatkan informasi terkait data dari pemisahan membran PTFE dan membran PVDF, sehingga akan diperoleh data mengenai efektivitas membran PTFE dan PVDF dalam pemisahan gas H_2S dengan adanya gas CH_4 . Kedua membran akan dibandingkan % penghilangan yang merupakan perbandingan massa gas H_2S permeat dengan massa gas H_2S awal yang langsung tertangkap larutan SAOB tanpa melewati membran dikalikan 100%. Persen penghilangan hasil permeasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.1.

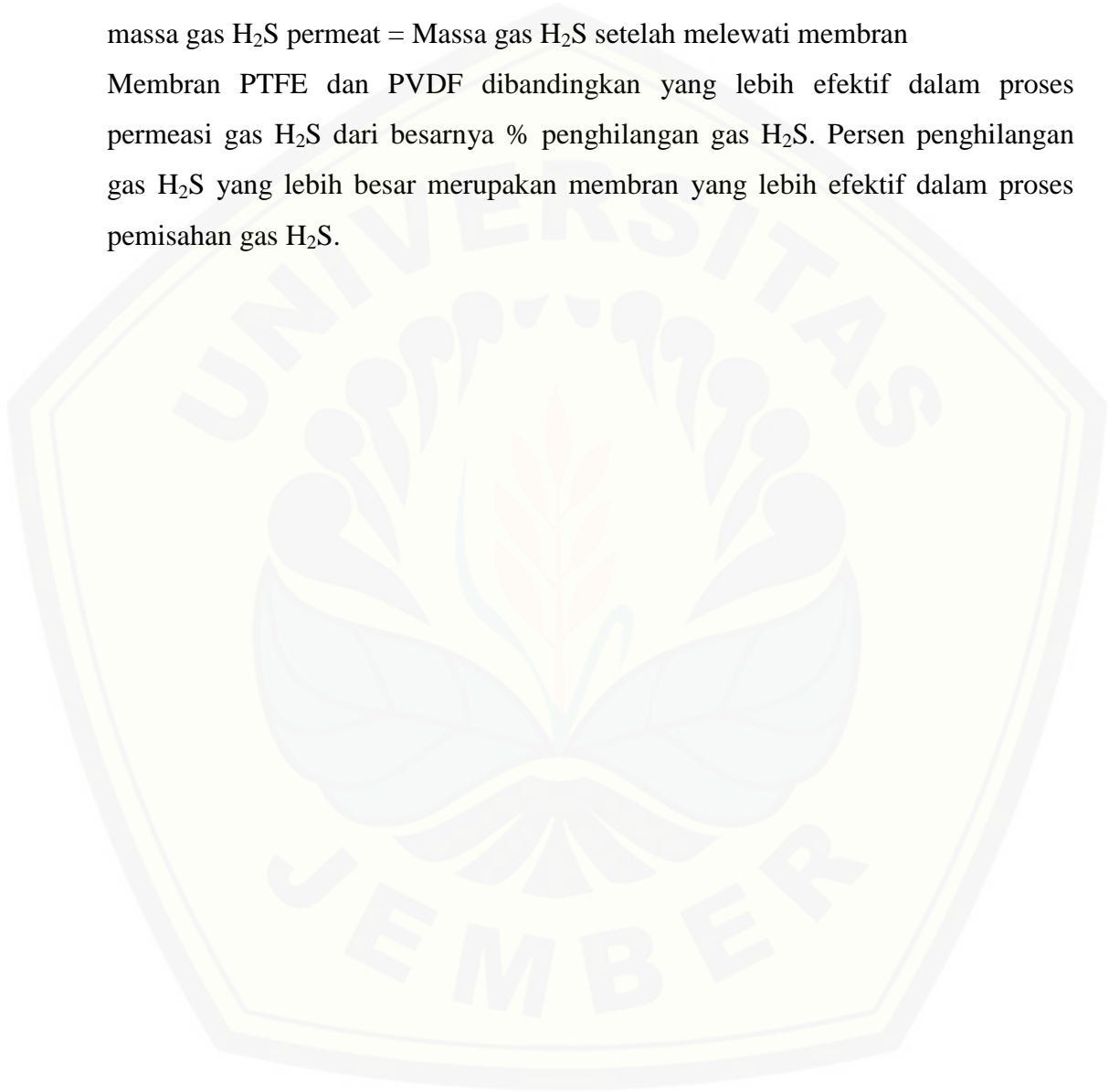
$$\% \text{ penghilangan gas H}_2\text{S} = \left(\frac{\text{Massa gas H}_2\text{S permeat (g)}}{\text{Massa gas H}_2\text{S awal (g)}} \right) \times 100\% \quad (3.1)$$

Keterangan:

massa gas H₂S awal = Massa awal gas H₂S sebelum melewati membran

massa gas H₂S permeat = Massa gas H₂S setelah melewati membran

Membran PTFE dan PVDF dibandingkan yang lebih efektif dalam proses permeasi gas H₂S dari besarnya % penghilangan gas H₂S. Persen penghilangan gas H₂S yang lebih besar merupakan membran yang lebih efektif dalam proses pemisahan gas H₂S.



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Kemampuan membran PTFE dalam melakukan pemisahan gas H₂S dengan adanya campuran gas CH₄ dapat dilihat dari kinerja membran yang meliputi fluks massa dan permeabilitas, nilai fluks massa terbesar yaitu 0,239 kg/m²jam dan nilai koefisien permeabilitas sebesar 1,804 kg/m²jam bar .
2. Kemampuan membran PVDF dalam melakukan permeasi gas H₂S dengan adanya campuran gas CH₄ dapat dilihat dari kinerja membran yang berupa fluks massa dan permeabilitas, nilai fluks massa terbesar yaitu 1,001 kg/m²jam dan nilai koefisien permeabilitas sebesar 5,810 kg/m²jam bar.
3. Efektivitas membran dilihat dari % penghilangan gas H₂S membran, dimana membran PVDF lebih efektif untuk digunakan dalam proses permeasi gas H₂S dibandingkan dengan membran PTFE. % penghilangan gas H₂S paling optimal dari membran PVDF dan PTFE berturut-turut sebesar 75,89% dan 44,12%.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah perlu adanya pengontrolan pada sumber gas yang harus dipastikan tidak habis dan bocor, serta perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait dengan metode penelitian yang menggunakan aliran secara kontinu hingga proses analisis pada spektrofotometer *visible* seperti menggunakan metode SIA (*Sequential Injection Analysis*). Tekanan yang digunakan lebih baik pada range 0,9 - 1 bar, sehingga didapatkan koefisien permeabilitas (Lp) dengan linieritas yang baik pada membran PTFE dan PVDF dalam pemisahan gas H₂S.

DAFTAR PUSTAKA

- Arezou, A. Azimi, A. Rekaabdar, F. Hemmati, M. Tavakolmoghadam, M., dan Safekordi, A. 2016. PVDF/PAN Blend Membrane: Preparation, Characterization and Fouling Analysis. *Journal Polymer Environment*. 16: 889-924.
- ASTM. 1987. *Standard Test Method for Water Vapor Transmission Rate of Material (E96)*. Annual Book of ASTM Standards: Philadelphia. American Society for Testing and Material.
- Badan Standart Nasional. 2009. *Cara Uji Sulfida dengan Biru Metilen Secara Spektrofotometri*. Jakarta: Badan Standart Nasional.
- Bahlake, A. Farivar, F., dan Dabir, B. 2015. New 3-dimensional CFD modeling of CO₂ and H₂S simultaneous stripping from water within PVDF hollow fiber membrane contactor. *Heat Mass Transfer*. 52: 1295-1304.
- Baker, Richard W. 2004. *General & Introductory Chemical Engineering: Membrane Technology and Applications Second Edition*. New York: McGraw Hill.
- Boltz, D.F. and Howell, J.A. 1978. *Colorimetric Methods of Nometals*. New York: John Wiley and Sons Ltd.
- Cairns, Donald. 2004. *Intisari Kimia Farmasi*. Jakarta: Buku Kedokteran.
- Cao, Chun, R. Wang, T.S. Chunga Y., dan Liu. 2002. Formation Of High-Performance 6FDA-2,6-DAT Asymmetric Composite Hollow Fiber Membranes For CO₂-CH₄ Separation. *Journal of Membrane Science*. 209: 309-319.
- Cheryan, M. 1998. *Ultrafiltration and Microfiltration Handbook, second edition*. United States America: CRC Press.

- Day, R. A. dan Underwood, A. L. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Jakarta: Erlangga.
- Ermer, J., dan Miller, J. H. 2005. *Method Validation in Pharmaceutical Analysis*. Germany: The Federal Republic of Germany.
- Etheridge, D. M, G. Pearman, dan P.J. Fraser. 1992. Changes in Tropospheric Methane between 1841 and 1978 From A High Accumulation Rate Antarctic Ice Core. *Journal of Chemical Education Green Chemistry American Chemical Society*. 44:282-294.
- Faisol, A., dan Thomas. 2013. Adsorpsi H₂S pada Gas Alam Menggunakan Membran Keramik Dengan Metode Titrasi Iodometri. *Jurnal Teknik Kimia*. 19(4): 22-28.
- Gandjar, I. G. dan Rohman, A. 2012. *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- International Programme on Chemistry Safety (IPCS). 2004. *Environmental Health Criteria XXX. Principles for Modeling, Dose Response for The Risk Assesment of Chemicals*. Geneva: IPCS-WHO.
- Kang, G. Cao, Y. 2014. Application And Modification of Poly(Vinylidene fluoride) (PVDF) Membranes. *Journal of Membrane Science*. 463: 145-165.
- Khopkar, S. 2010. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Lilik, Slamet. S. 2001. Pemanfaatan Gas Metan Sebagai Sumber Energi. *Bidang Aplikasi Klimatologi dan Lingkungan Atmosfer*. 2(1): 31-34.
- Liu,Fu., Jing, Ji., N. Awanis Hashim., M.R. Moghareh Abed., dan Kang Li. 2014. Poly(vinylidene fluoride) (PVDF) Membranes for Fluid Separation. *Journal of Membrane Science*. 375(14): 1-27.

- Mahdi, P.C. Houman, S. Mohammad, S. Takeshi, M., dan Shahram, T. 2011. Removal of Hydrogen Sulfide From Methane Using Commercial Polyphenylene Oxide and Cardio-type Polyimide Hollow Fiber Membranes. *Korean Journal Chemistry Engineering*. 28(3): 902-913.
- Martin, R. W., J. R. Mihelcic., dan J. C. Crittenden. 2004. Design And Performance Characterization Strategy Using Modeling For Biofiltration Control Of Odorous Hydrogen Sulfide. *Journal Air Waste Manage Assoc*. 54: 834-838.
- Moenir, M., dan R. Yuliasni. 2011. Penerapan Teknologi Bio-desulfurisasi Gas HidrogenSulfida (H₂S) pada IPAL Industri Tahu sebagai Upaya Pengambilan Kembali (*Recovery*) Sulfur. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*. 1(4): 1-8.
- Mulja, M., dan Suharman. 1995. *Analisis Instrumental*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Mulder, M. 1996. *Basic Prinsiple of Membran Technology, second edition*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.
- National Institute of Standards and Technology (NIST). 2001. *Methane*. Material Measurement Laboratory. <http://www.eurojournals.com/ejsr.htm>. [Diakses 5 Maret 2017].
- Perry, R. H. 1997. *Perry's Chemical Engineers Handbook 7th Edition*. New York: Mc Graw Hill Companies Inc.
- Redondo, R., Vinicius, CM., Mireia, B., Javier, L., dan David, G. 2017. On-line Monitoring of Gas-Phase Bioreactors for Biogas Treatment: Hydrogen Sulfide and 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.
- Rumuar, T.M. 1999. Pengaruh Tekanan dan Temperatur Operasi Terhadap Permeabilitas Gas CO₂, O₂ dan N₂ pada Membran Nylon Film. *Skripsi*. Bandung: Teknik Kimia ITB.
- Sergey V. D. *et al.*, 2014. Removal of Hydrogen From Methane In a Barrier Discharge. *Journal of Chemical Education Green Chemistry American Chemical Society*. 35: 201-215.
- Silva, M. S. P., Silva, I. S., Abate, G., and Masini, J.c. 2001. Spectrophotometric Determination of Acid Volatil Sulfide in River Sediments by Sequential Injection Analysis Exploiting The Methylene Blue Reaction. *Journal of Analytical Chemistry*. 53. 843-850.
- Skoog, West, Hotler., dan Crouch. 2012. *Fundamentals of Analytical Chemistry Ninth Edition*. USA: Brooks.
- Soemirat, J. 2004. *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Stauffer, B. G Fischer, A, Nettel, dan Oeschger. 1985. Methane Source. *Journal Science*. 229(4): 1386–1388.
- Sutanto, K. 2016. Teknologi Membran dalam Pengolahan Gas Alam. *Skripsi*. Bandung: Teknik Kimia Institut Teknik Bandung.
- Svehla, G. 1985. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro, Bagian 1*. Jakarta: Kalmam Media Pustaka.
- Wade, L.G. 2010. *Organic Chemistry Seven Edition*. New Jersey: Pearson Education International.
- Wang. 1993. *Baffled Membrane Modules Made With Hollow Fiber Fabric*. *Journal Of Membrane Science*. 85(3): 265-278.

Wen-Hui Lin, T.T. Chunga. 2001. Gas Permeability, Diffusivity, Solubility, and Anging Characteristics of 6FDA-Durene Polyimide Membrane. *Journal of Membrane Science*. 183: 183-193.

Wenten, I.G. 2000. *Teknologi Membran Industrial*. Bandung: Penerbit ITB.

Wenzhong, M. Zhou, B. Liu, T. Zhang, J., dan Wang, X. 2012. The Supramolecular Organization of PVDF Lamellae Formed in Diphenyl Ketone Dilutions Via Thermally Induced Phase Separation. *Journal Polymer Environment*.. 291(1): 981-992.

Yahya, S. 2013. *Spektrofotometri Uv-Vis*. Makassar: Universitas Negeri Makassar.

Yani, M. Purwoko, dan Wahyuni, A. 2009. Penghilangan Gas H₂S dengan Teknik Biofilter Menggunakan Bahan Pengisi Kompos dan Arang Aktif. *Jurnal Teknik Industri Pertanian*. 19(3): 138-144.

Yuan, Y. J., and Kuriyama, H. 2000. Determination of Hydrogen Sulfide in a Yeast Culture Solution by Flow Analysis Utilising Methylene Blue Spectrophotometric Detection. *Journal of Biotechnology*. 2000(22): 795-799.

Yunilas, M. P. 2010. *Eliminasi Gas Metana (CH₄) Asal Ternak Melalui Ekstrak Tanaman*. Medan: Departemen Peternakan Universitas Sumatera Utara.

LAMPIRAN

3.1 Pembuatan Larutan HCl 15 %

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

$$12,06 \text{ M} \times 101,36 \text{ mL} = M \times 250 \text{ mL}$$

$$M = \frac{12,06 \text{ M} \times 101,36 \text{ mL}}{250 \text{ mL}}$$

$$M = 4,89 \text{ M}$$

$$M = \frac{(10 \times \% \times \rho)}{BM}$$

$$\% = \frac{M \times BM}{(10 \times \rho)}$$

$$\% = \frac{4,89 \text{ M} \times 36,5 \text{ g/mol}}{10 \times 1,19 \text{ g/cm}^3}$$

$$\% = 15 \%$$

3.2 Pembuatan Larutan NaOH 10 M

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

$$n = M \times V$$

$$n = 10 \text{ M} \times 0,02 \text{ L}$$

$$n = 0,2 \text{ mol}$$

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

$$\text{massa} = n \times Mr$$

$$= 0,2 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol}$$

$$= 8 \text{ gram}$$

3.3 Pembuatan Larutan Induk S²⁻ 1000 ppm

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

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

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

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

	$\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	\rightarrow	2Na^+	$+$	S^{2-}
m	0,0313 mol		-		-
r	0,0313 mol		0,0313 mol		0,0313 mol
s	-		0,0313 mol		0,0313 mol

$$\begin{aligned} \text{massa Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O} &= \text{mol Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O} \times \text{Mr Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O} \\ &= 0,0313 \text{ mol} \times 240,1 \text{ g/mol} \\ &= 7,52 \text{ gram} \end{aligned}$$

3.4 Pembuatan larutan KIO_3 2140 ppm

$$N = 0,01N = 0,01 \text{ M}$$

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

$$n = M \times V$$

$$n = 0,01 \text{ M} \times 0,1 \text{ L}$$

$$n = 0,001 \text{ mol}$$

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

$$\text{massa} = n \times \text{Mr}$$

$$\text{massa} = 0,001 \text{ mol} \times 214 \text{ g/mol}$$

$$\text{massa} = 0,214 \text{ gram}$$

$$\text{ppm} = \frac{0,214 \text{ gram}}{0,1 \text{ L}} = \frac{214 \text{ mg}}{0,1 \text{ L}} = 2140 \text{ ppm}$$

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

Ulangan	Volume (mL)		Konsentrasi larutan standart S^{2-} (ppm)	SD
	KIO_3	larutan standart S^{2-}		
1	10	21,5	995,4	
2	10	21,6	990,7	2,714
3	10	21,5	995,4	
Rata-rata			993,8	

3.6 Pembuatan gas H₂S

- massa FeS = 5 gram
- ρ_{HCl} = 1,19 g/cm³
- Mr HCl = 36,5 g/mol
- V HCl 15 % = 0,05 L
- V botol gas H₂S = 1 L

$$\text{mol FeS} = \frac{\text{massa}}{\text{Mr FeS}} = \frac{5 \text{ gram}}{88 \text{ g/mol}} = 0,056 \text{ mol}$$

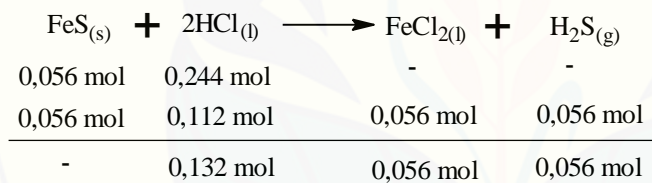
$$M_{\text{HCl 15 \%}} = \frac{(10 \times \% \times \rho)}{\text{Mr}}$$

$$M_{\text{HCl 15 \%}} = \frac{(10 \times 15 \% \times 1,19 \text{ g/cm}^3)}{36,5 \text{ g/mol}}$$

$$M_{\text{HCl 15 \%}} = 4,89 \text{ M}$$

$$M_{\text{HCl 15 \%}} = \frac{\text{mol}}{V_{\text{HCl 15 \%}}}$$

$$\begin{aligned} \text{mol} &= M_{\text{HCl 15 \%}} \times V \\ &= 4,89 \text{ M} \times 0,05 \text{ L} = 0,244 \text{ mol} \end{aligned}$$



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

$$\begin{aligned} \text{massa H}_2\text{S} &= \text{mol} \times \text{Mr H}_2\text{S} \\ &= 0,056 \text{ mol} \times 34,08 \text{ g/mol} \\ &= 1,908 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{1908 \text{ mg}}{1 \text{ L}} = 1.908 \text{ ppm}$$

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

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

$$993,8 \text{ ppm} \times V_1 = 100 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}}{993,8 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = \frac{5000 \text{ mL}}{993,8}$$

$$V_1 = 5,031 \text{ mL}$$

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

3.8 Pembuatan larutan standart S^{2-} untuk pembuatan kurva kalibrasi

Konsentrasi larutan standart S^{2-} (ppm)	Volume larutan standart S^{2-} 100 ppm (mL)
0,02	0,02
0,04	0,04
0,10	0,10
0,20	0,20
0,30	0,30
0,40	0,40
0,50	0,50
0,60	0,60
0,70	0,70
0,80	0,80
0,90	0,90

Contoh perhitungan pembuatan larutan standart S^{2-} pada konsentrasi 0,40 ppm:

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

$$0,40 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL} = 100 \text{ ppm} \times V_2$$

$$V_2 = \frac{0,40 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

$$V_2 = \frac{40 \text{ mL}}{100}$$

$$V_2 = 0,40 \text{ mL}$$

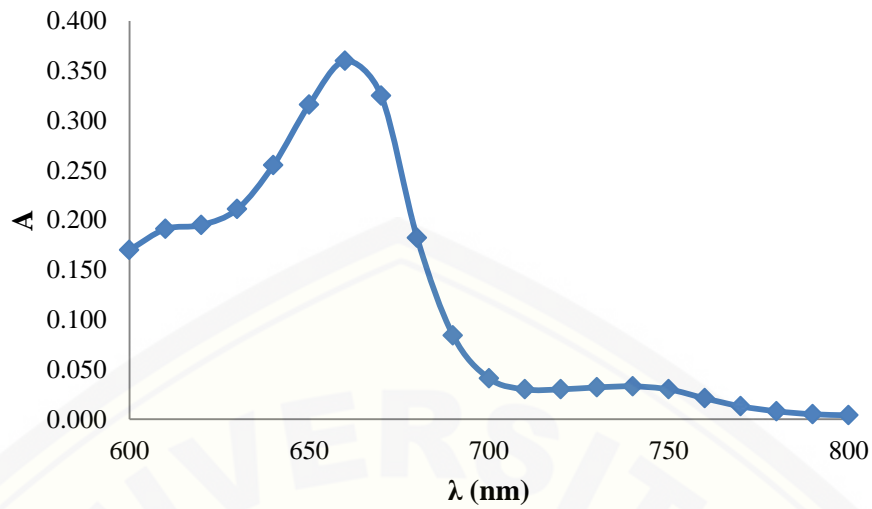
3.9 Penentuan panjang gelombang maksimum

a. *Scanning* panjang gelombang maksimum interval 10

λ	Absorbansi			Rata-rata	SD
	1	2	3		
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

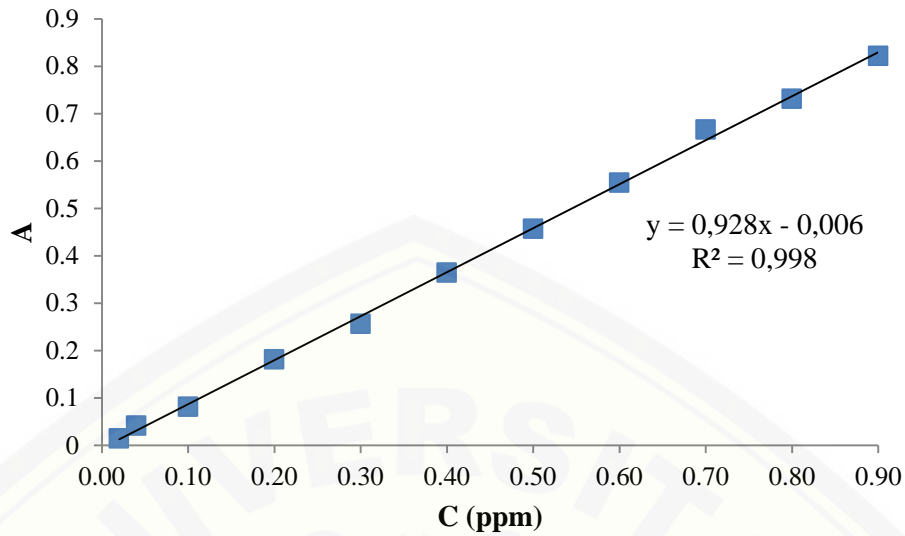
b. *Scanning* panjang gelombang maksimum interval 2

λ (nm)	Absorbansi			Rata-rata	SD
	1	2	3		
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

Gambar 3.1 Kurva *scanning* panjang gelombang maksimum

3.10 Penentuan kurva kalibrasi larutan standart S^{2-} 1000 ppm

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi			Rata-rata	SD
	1	2	3		
0,02	0,015	0,014	0,014	0,014	0,00058
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	0,00058
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
0,90	0,822	0,823	0,822	0,822	0,00058



Gambar 3.2 Kurva kalibrasi larutan standart S²⁻ 1000 ppm

3.11 Penentuan konsentrasi awal gas H₂S

Volume SAOB	fp	Absorbansi				SD	[H ₂ S] (ppm)
		1	2	3	Rata-rata		
1 mL	500	0,668	0,669	0,669	0,669	0,00058	363,51

$y = 0,928x - 0,006$

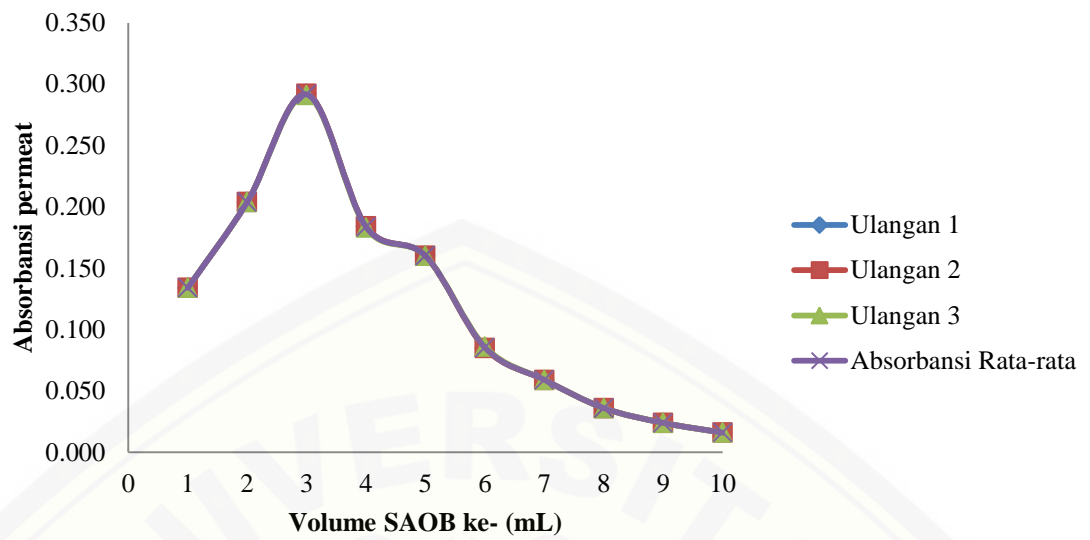
$0,669 = 0,928x - 0,006$

$x = 0,727 \times fp$

$x = 0,727 \times 500 = 363,51 \text{ ppm}$

4.1 Penentuan Absorbansi Permeat Membran PTFE (Polytetrafluoroethylene)

Volume permeat ke-(mL)	Absorbansi (nm)			Rata-rata (nm)	SD
	Pengulangan				
	1	2	3		
1	0,134	0,134	0,134	0,134	0,00000
2	0,204	0,204	0,204	0,204	0,00000
3	0,292	0,292	0,291	0,292	0,00058
4	0,184	0,184	0,183	0,184	0,00058
5	0,160	0,160	0,160	0,160	0,00000
6	0,085	0,085	0,086	0,085	0,00058
7	0,059	0,059	0,059	0,059	0,00000
8	0,036	0,036	0,036	0,036	0,00000
9	0,024	0,024	0,024	0,024	0,00000
10	0,016	0,016	0,016	0,016	0,00000



Gambar 4.1 Kurva absorbansi permeat membran PTFE

4.2 Penentuan Fluks Massa Gas H₂S Membran PTFE

Volume Ke- (mL)	Absorbansi				SD	[Gas H ₂ S] (ppm)	Vpermeat (L)	Gas H ₂ S (kg)	A (m ²)	t (jam)	Jm (kg/m ² jam)
	1	2	3	Rata rata							
1	0,134	0,134	0,134	0,134	0,00000	75,43	0,001	0,000000075	0,0000189	0,0167	0,239
2	0,204	0,204	0,204	0,204	0,00000	113,15	0,001	0,000000113	0,0000189	0,0177	0,339
3	0,292	0,292	0,291	0,292	0,00090	160,38	0,001	0,000000160	0,0000189	0,0183	0,463
4	0,184	0,184	0,183	0,184	0,00086	102,19	0,001	0,000000102	0,0000189	0,0192	0,282
5	0,160	0,160	0,160	0,160	0,00000	89,44	0,001	0,000000089	0,0000189	0,0197	0,241
6	0,085	0,085	0,086	0,085	0,00081	49,21	0,001	0,000000049	0,0000189	0,0203	0,128
7	0,059	0,059	0,059	0,059	0,00000	35,02	0,001	0,000000035	0,0000189	0,0207	0,090
8	0,036	0,036	0,036	0,036	0,00000	22,63	0,001	0,000000023	0,0000189	0,0208	0,057
9	0,024	0,024	0,024	0,024	0,00000	16,16	0,001	0,000000016	0,0000189	0,0213	0,040
10	0,016	0,016	0,016	0,016	0,00000	11,85	0,001	0,000000012	0,0000189	0,0220	0,029

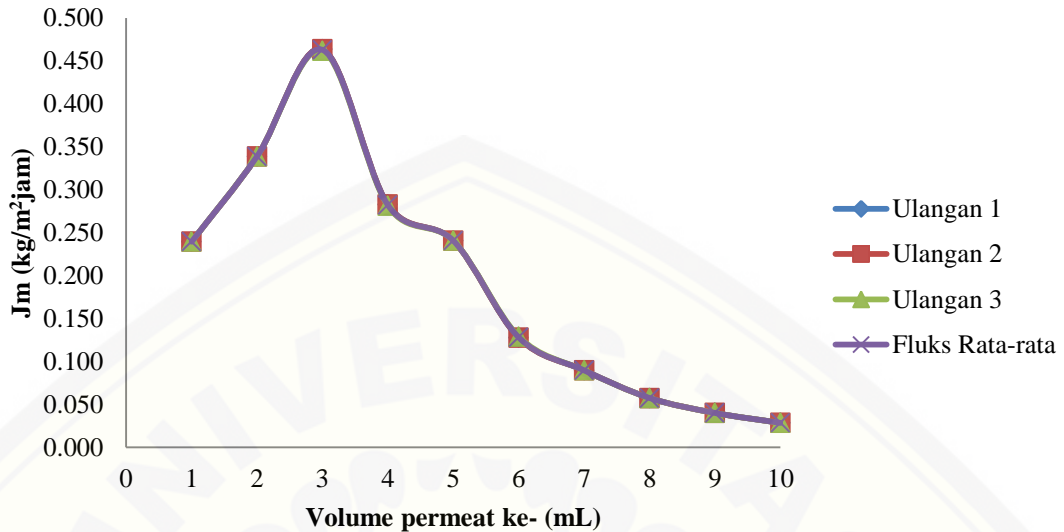
Contoh perhitungan penentuan fluks massa gas H₂S pada volume permeat ke-1

$$\begin{aligned}
 A &= \text{Panjang uliran} \times \text{Lebar uliran} \\
 &= 63 \text{ cm} \times 0,003 \text{ cm} \\
 &= 0,189 \text{ cm}^2 \times 10^4 \\
 &= 0,0000189 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$J_m = \frac{m}{A \times t}$$

$$= \frac{0,000000075 \text{ kg}}{0,0000189 \text{ m}^2 \times 0,0167 \text{ jam}}$$

$$= 0,239 \text{ kg/m}^2\text{jam}$$



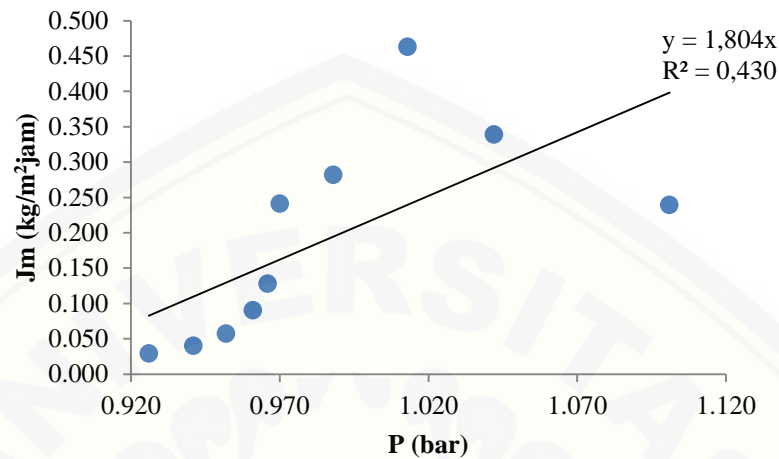
Gambar 4.2 Pengaruh volume permeat terhadap fluks massa gas H₂S

4.3 Penentuan Koefisien Permeabilitas Membran PTFE

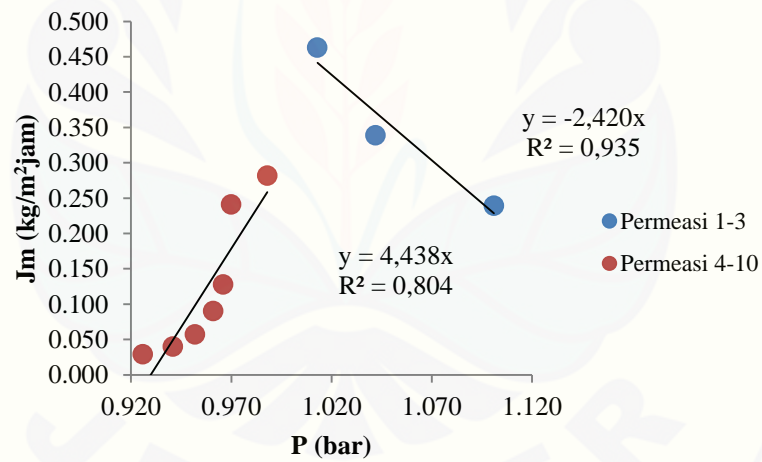
Volume Permeat ke- (mL)	Kecepatan SAOB (mL/menit)	P (bar)	Jm (kg/m ² jam)	Koefisien Permeabilitas (kg/m ² jam bar)
1	1,00	1,101	0,239	
2	0,94	1,042	0,339	-2,420
3	0,91	1,013	0,463	
4	0,87	0,988	0,282	
5	0,85	0,970	0,241	1,804
6	0,82	0,966	0,128	
7	0,81	0,961	0,090	4,438
8	0,80	0,952	0,057	
9	0,78	0,941	0,040	
10	0,76	0,926	0,029	

- Koefisien permeabilitas proses permeasi yang merupakan hasil *slope* dari tekanan dengan fluks massa proses permeasi ke 1-10 dengan nilai sebesar 1,804 kg/m²jam bar.
- Koefisien permeabilitas volume permeat ke 1,2 dan 3 merupakan hasil *slope* dari tekanan ke 1-3 dengan fluks ke 1-3 dengan nilai sebesar -2,420 kg/m²jam bar.

- Koefisien permeabilitas volume permeat ke 4,5,6,7,8,9 dan 10 merupakan hasil *slope* dari tekanan ke 4-10 dengan fluks ke 4-10 dengan nilai sebesar 4,438 $\text{kg/m}^2\text{jam bar}$.



(a)



(b)

Gambar 4.3 Koefisien permeabilitas membran PTFE (a) permeasi ke 1-10 (b) permeasi ke 1-3 dan permeasi ke 4-10

4.4 Penentuan % penghilangan gas H₂S Membran PTFE

Volume permeat ke- (mL)	V (L)	A _{H₂S} awal	fp	[H ₂ S] _{awal} (ppm)	Massa awal gas H ₂ S (g)	V (L)	A _{H₂S} akhir	fp	[H ₂ S] _{akhir} (ppm)	Massa akhir gas H ₂ S (g)	% penghilangan gas H ₂ S
1	0,001			363,51	3,63 x 10 ⁻⁴	0,001	0,134		75,43	7,54 x 10 ⁻⁵	20,75
2	0,001			363,51	3,63 x 10 ⁻⁴	0,001	0,204		113,15	1,13 x 10 ⁻⁴	31,13
3	0,001			363,51	3,63 x 10 ⁻⁴	0,001	0,292		160,38	1,60 x 10 ⁻⁴	44,12
4	0,001			363,51	3,63 x 10 ⁻⁴	0,001	0,184		102,19	1,02 x 10 ⁻⁴	28,11
5	0,001	0,669	500	363,51	3,63 x 10 ⁻⁴	0,001	0,160	500	89,44	8,94 x 10 ⁻⁵	24,60
6	0,001			363,51	3,63 x 10 ⁻⁴	0,001	0,085		49,21	4,92 x 10 ⁻⁵	13,54
7	0,001			363,51	3,63 x 10 ⁻⁴	0,001	0,059		35,02	3,50 x 10 ⁻⁵	9,63
8	0,001			363,51	3,63 x 10 ⁻⁴	0,001	0,036		22,63	2,26 x 10 ⁻⁵	6,23
9	0,001			363,51	3,63 x 10 ⁻⁴	0,001	0,024		16,16	1,62 x 10 ⁻⁵	4,45
10	0,001			363,51	3,63 x 10 ⁻⁴	0,001	0,016		11,85	1,19 x 10 ⁻⁵	3,26

Contoh perhitungan penentuan % penghilangan gas H₂S pada volume permeat ke-3

Massa gas H₂S awal

$$\begin{aligned}
 363,51 \text{ ppm} &= \frac{363,51 \text{ mg}}{\text{L}} \times 0,001 \text{ L} \\
 &= 0,363 \text{ mg} \\
 &= 3,63 \times 10^{-4} \text{ g}
 \end{aligned}$$

Massa gas H₂S permeat

$$160,38 \text{ ppm} = \frac{160,38 \text{ mg}}{\text{L}} \times 0,001 \text{ L}$$

$$= 0,160 \text{ mg}$$

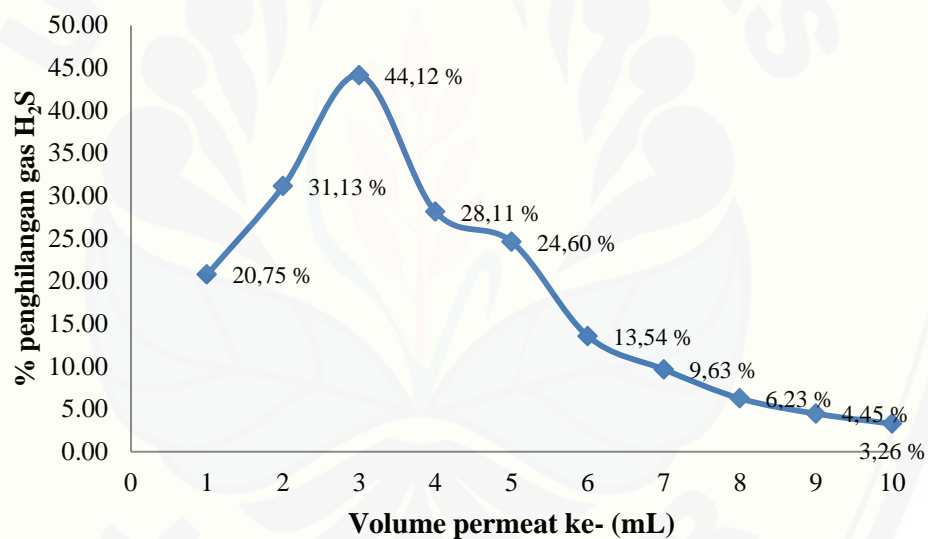
$$= 1,60 \times 10^{-4} \text{ g}$$

% penghilangan gas H₂S

$$\% \text{ penghilangan gas H}_2\text{S} = \frac{\text{massa gas H}_2\text{S permeat}}{\text{massa gas H}_2\text{S awal}} \times 100\%$$

$$\% \text{ penghilangan gas H}_2\text{S} = \frac{1,60 \times 10^{-4} \text{ g}}{3,63 \times 10^{-4} \text{ g}} \times 100\%$$

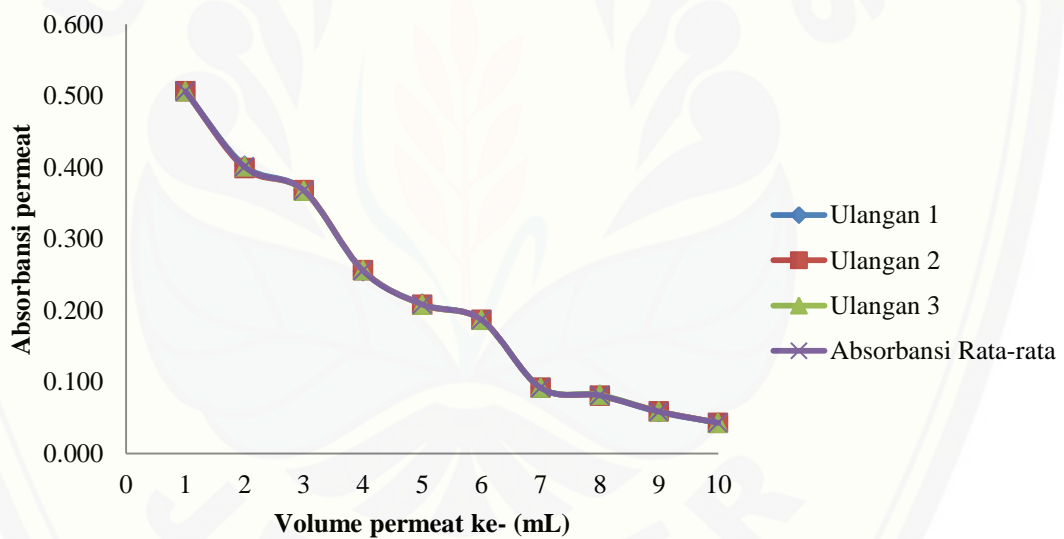
$$\% \text{ penghilangan gas H}_2\text{S} = 44,12\%$$



Gambar 4.4 Pengaruh volume permeat terhadap % penghilangan gas H₂S membran

4.5 Penentuan Absorbansi Permeat Membran PVDF (*Polytetrafluoroethylene*)

Volume permeat ke-(mL)	Absorbansi (nm)			Rata-rata (nm)	SD
	Pengulangan				
	1	2	3		
1	0,506	0,506	0,506	0,506	0,00000
2	0,402	0,399	0,401	0,401	0,00153
3	0,368	0,368	0,367	0,368	0,00058
4	0,255	0,256	0,256	0,256	0,00058
5	0,209	0,208	0,208	0,208	0,00058
6	0,187	0,187	0,187	0,187	0,00000
7	0,092	0,092	0,092	0,092	0,00000
8	0,081	0,081	0,082	0,081	0,00058
9	0,058	0,059	0,059	0,059	0,00058
10	0,043	0,043	0,043	0,043	0,00000



Gambar 4.5 Kurva absorbansi permeat membran PVDF

4.6 Penentuan Fluks Massa Gas H₂S Membran PVDF

Volume Ke- (mL)	Absorbansi				SD	[Gas H ₂ S] (ppm)	V _{permeat} (L)	Gas H ₂ S (kg)	A (m ²)	t (jam)	J _m (kg/m ² jam)
	1	2	3	Rata-rata							
1	0,506	0,506	0,506	0,506	0,00000	275,86	0,001	0,000000276	0,0000189	0,01458	1,001
2	0,402	0,399	0,401	0,401	0,00298	219,11	0,001	0,000000219	0,0000189	0,01461	0,793
3	0,368	0,368	0,367	0,368	0,00112	201,33	0,001	0,000000201	0,0000189	0,01467	0,726
4	0,255	0,256	0,256	0,256	0,00112	140,98	0,001	0,000000141	0,0000189	0,01474	0,506
5	0,209	0,208	0,208	0,208	0,00110	115,48	0,001	0,000000115	0,0000189	0,01491	0,410
6	0,187	0,187	0,187	0,187	0,00000	103,99	0,001	0,000000104	0,0000189	0,01513	0,364
7	0,092	0,092	0,092	0,092	0,00000	52,80	0,001	0,000000053	0,0000189	0,01537	0,182
8	0,081	0,081	0,082	0,081	0,00105	47,05	0,001	0,000000047	0,0000189	0,01572	0,158
9	0,058	0,059	0,059	0,059	0,00103	34,84	0,001	0,000000035	0,0000189	0,01600	0,115
10	0,043	0,043	0,043	0,043	0,00000	26,40	0,001	0,000000026	0,0000189	0,01656	0,084

Contoh perhitungan penentuan fluks massa gas H₂S pada volume permeat ke-1

$$A = \text{Panjang uliran} \times \text{Lebar uliran}$$

$$= 63 \text{ cm} \times 0,003 \text{ cm}$$

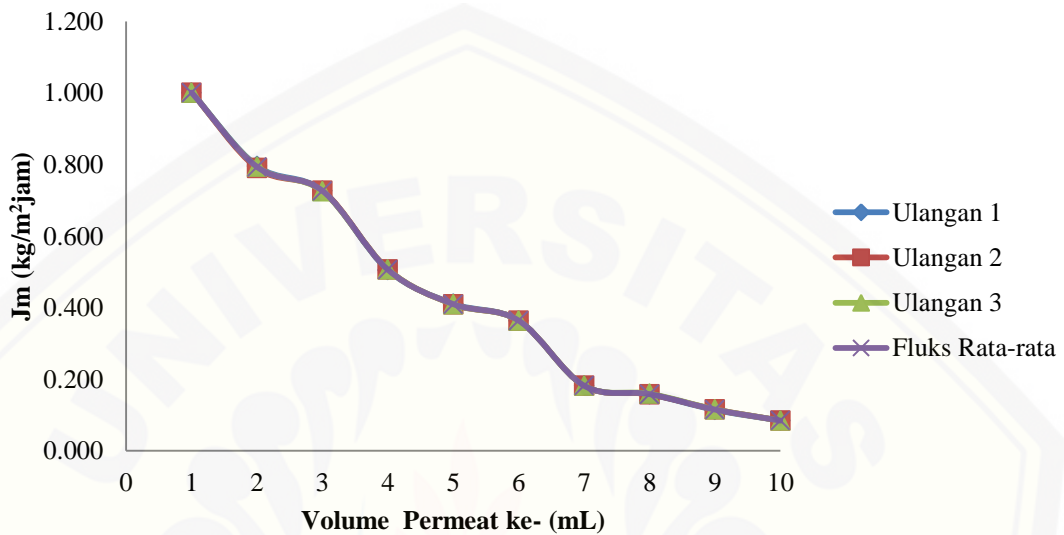
$$= 0,189 \text{ cm}^2 \times 10^4$$

$$= 0,0000189 \text{ m}^2$$

$$J_m = \frac{m}{A \times t}$$

$$= \frac{0,000000276 \text{ kg}}{0,0000189 \text{ m}^2 \times 0,01458 \text{ jam}}$$

$$= 1,001 \text{ kg/m}^2\text{jam}$$



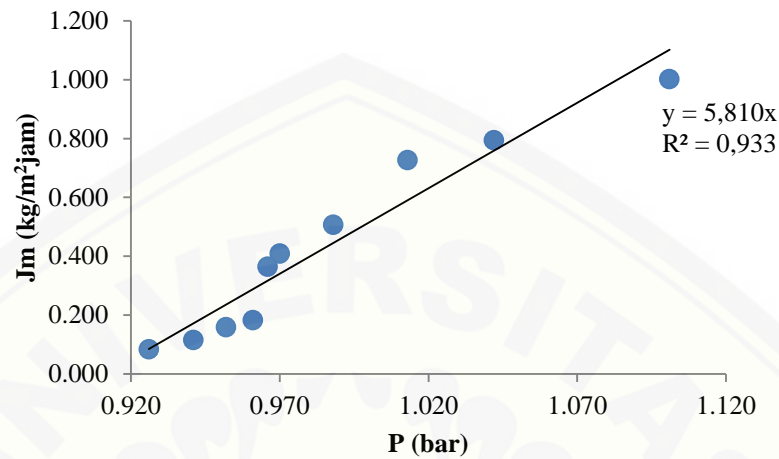
Gambar 4.6 Pengaruh volume permeat terhadap fluks massa gas H₂S

4.7 Penentuan Koefisien Permeabilitas Membran PVDF

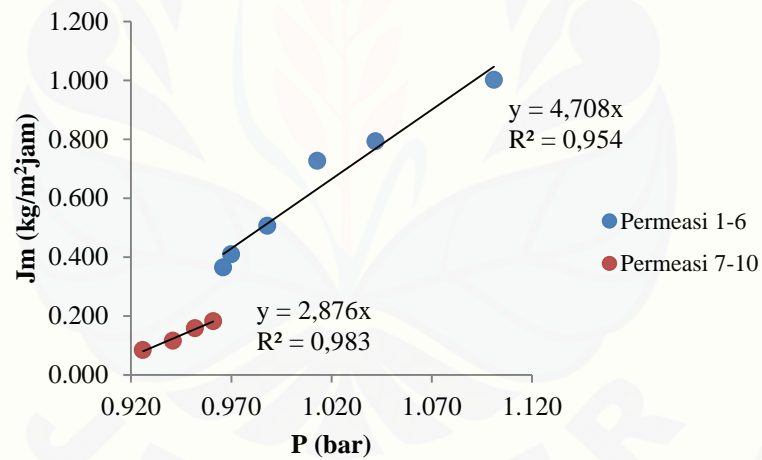
Volume Permeat ke- (mL)	Kecepatan SAOB (mL/menit)	P (bar)	Jm (kg/m ² ·jam)	Koefisien Permeabilitas (kg/m ² ·jam bar)
1	1,14	1,101	1,001	4,708
2	1,14	1,042	0,793	
3	1,14	1,013	0,726	
4	1,13	0,988	0,506	
5	1,12	0,970	0,410	
6	1,10	0,966	0,364	
7	1,08	0,961	0,182	5,810
8	1,06	0,952	0,158	
9	1,04	0,941	0,115	
10	1,01	0,926	0,084	
				2,876

- Koefisien permeabilitas proses permeasi yang merupakan hasil *slope* dari tekanan dengan fluks proses permeasi ke 1-10 dengan nilai sebesar 5,810 g/cm²·menitbar.
- Koefisien permeabilitas volume permeat ke 1,2,3,4,5 dan 6 merupakan hasil *slope* dari tekanan ke 1-6 dengan fluks ke 1-6 dengan nilai sebesar 4,708 kg/m²·jam bar.

- Koefisien permeabilitas volume permeat ke 7,8,9 dan 10 merupakan hasil *slope* dari tekanan ke 7-10 dengan fluks ke 7-10 dengan nilai sebesar 2,876 kg/m²jam bar.



(a)



(b)

Gambar 4.7 Koefisien permeabilitas membran PVDF (a) permeasi ke 1-10 (b) permeasi ke 1-6 dan permeasi ke 7-10

4.8 Penentuan % penghilangan gas H₂S Membran PVDF

Volume permeat ke- (mL)	V (L)	A _{H₂S} awal	fp	[H ₂ S] _{awal} (ppm)	Massa awal gas H ₂ S (g)	V (L)	A _{H₂S} akhir	fp	[H ₂ S] _{akhir} (ppm)	Massa akhir gas H ₂ S (g)	% penghilangan gas H ₂ S
1	0,001			363,51	3,63 x 10 ⁻⁴	0,001	0,506		275,86	2,76 x 10 ⁻⁴	75,89
2	0,001			363,51	3,63 x 10 ⁻⁴	0,001	0,401		219,11	2,19 x 10 ⁻⁴	60,28
3	0,001			363,51	3,63 x 10 ⁻⁴	0,001	0,368		201,33	2,01 x 10 ⁻⁴	55,38
4	0,001			363,51	3,63 x 10 ⁻⁴	0,001	0,256		140,98	1,41 x 10 ⁻⁴	38,78
5	0,001	0,669	500	363,51	3,63 x 10 ⁻⁴	0,001	0,208	500	115,48	1,15 x 10 ⁻⁴	31,77
6	0,001			363,51	3,63 x 10 ⁻⁴	0,001	0,187		103,99	1,04 x 10 ⁻⁴	28,61
7	0,001			363,51	3,63 x 10 ⁻⁴	0,001	0,092		52,80	5,28 x 10 ⁻⁵	14,53
8	0,001			363,51	3,63 x 10 ⁻⁴	0,001	0,081		47,05	4,71 x 10 ⁻⁵	12,94
9	0,001			363,51	3,63 x 10 ⁻⁴	0,001	0,059		34,84	3,48 x 10 ⁻⁵	9,58
10	0,001			363,51	3,63 x 10 ⁻⁴	0,001	0,043		26,40	2,64 x 10 ⁻⁵	7,26

Contoh perhitungan penentuan % penghilangan gas H₂S pada volume permeat ke-1

Massa gas H₂S awal

$$\begin{aligned}
 363,51 \text{ ppm} &= \frac{363,51 \text{ mg}}{\text{L}} \times 0,001 \text{ L} \\
 &= 0,363 \text{ mg} \\
 &= 3,63 \times 10^{-4} \text{ g}
 \end{aligned}$$

Massa gas H₂S permeat

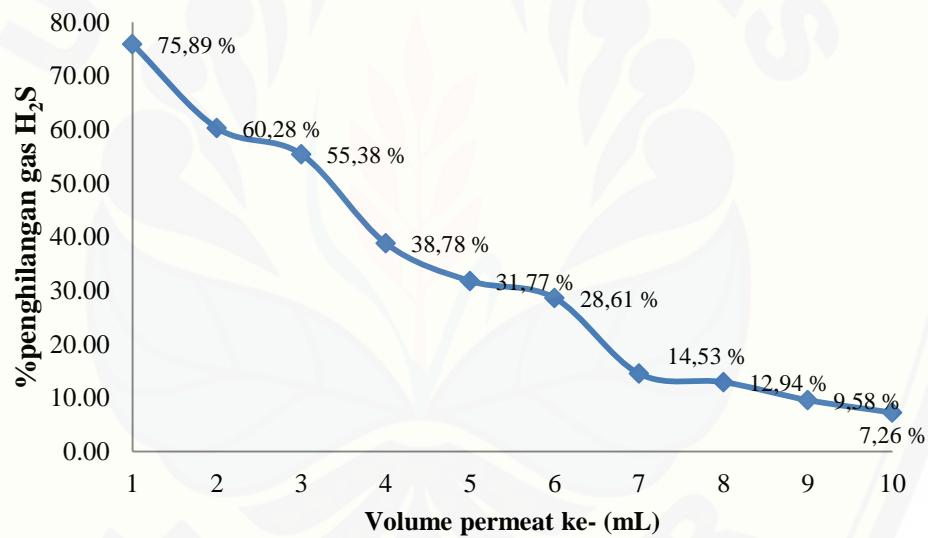
$$\begin{aligned} 275,86 \text{ ppm} &= \frac{275,86 \text{ mg}}{\text{L}} \times 0,001 \text{ L} \\ &= 0,276 \text{ mg} \\ &= 2,76 \times 10^{-4} \text{ g} \end{aligned}$$

% penghilangan gas H₂S

$$\% \text{ penghilangan gas H}_2\text{S} = \frac{\text{massa gas H}_2\text{S permeat}}{\text{massa gas H}_2\text{S awal}} \times 100\%$$

$$\% \text{ penghilangan gas H}_2\text{S} = \frac{2,76 \times 10^{-4} \text{ g}}{3,63 \times 10^{-4} \text{ g}} \times 100\%$$

$$\% \text{ penghilangan gas H}_2\text{S} = 75,89\%$$



Gambar 4.8 Pengaruh volume permeat terhadap % penghilangan gas H₂S membran