

Pengaruh Ion Kalsium dan Ion Silikat terhadap Transportasi Ion Fosfat melalui *Polymer Inclusion Membrane* (PIM) dengan *Plasticizer* 1,10-Dekanadiol

SKRIPSI

Oleh:

HIMAYATUL SYAROFI
125090201111018



JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016



Pengaruh Ion Kalsium dan Ion Silikat terhadap Transportasi Ion Fosfat melalui *Polymer Inclusion Membrane* (PIM) dengan *Plasticizer* 1,10-Dekanadiol

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang Kimia

Oleh :

HIMAYATUL SYAROFI

125090201111018



JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2016

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI



Pengaruh Ion Kalsium dan Ion Silikat terhadap Transpor Ion Fosfat melalui *Polymer Inclusion Membrane* (PIM) dengan *Plasticizer 1,10-Dekanadiol*

Oleh :

HIMAYATUL SYAROFI

125090201111018

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

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Barlah Rumphayati, S.Si.,M.Si.,Ph.D

Qonitah Fardiyah,S.Si.,M.Si

NIP.197404292000032001

NIP.197707052003122001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Kimia

Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Dr. Edi Priyo Utomo, MS

NIP. 195712271986031003

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Himayatul Syarofi

NIM : 125090201111018

Jurusan : Kimia

Penulis skripsi berjudul :

“Pengaruh Ion Kalsium dan Ion Silikat terhadap Transpor Ion Fosfat melalui *Polymer Inclusion Membrane* (PIM) dengan *Plasticizer* 1,10-Dekanadiol”

Dengan ini menyatakan bahwa :

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

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 2016

Yang menyatakan,

(Himayatul Syarofi)

NIM. 125090201111018



Pengaruh Ion Kalsium dan Ion Silikat terhadap Transpor Ion Fosfat melalui *Polymer Inclusion Membrane* (PIM) dengan *Plasticizer* 1,10-Dekanadiol

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh ion kalsium dan ion silikat terhadap transpor ion fosfat melalui PIM. PIM yang digunakan terbuat dari polimer dasar (*poly(vinyl chloride)*, PVC), ekstrakitan (Aliquat 336-Cl) dan *plasticizer* (1,10-Dekanadiol). Fasa umpan merupakan larutan campuran fosfat – kalsium dan larutan campuran fosfat – silikat. Konsentrasi larutan fosfat yang digunakan adalah 10 mg/L. Konsentrasi larutan kalsium yang digunakan adalah 0; $1,13 \times 10^{-4}$; $2,26 \times 10^{-4}$ dan $4,52 \times 10^{-4}$ mg/L sedangkan konsentrasi larutan silikat yang digunakan adalah 0; 5; 10; 15; 20 dan 25 mg/L. Fasa penerima yang digunakan adalah larutan NaCl 0,1 M. Transpor ion fosfat dari fasa umpan ke fasa penerima melalui PIM terjadi dalam sel difusi. Proses transpor dilakukan dengan adanya pengadukan pada kedua fasa selama 3 jam dan pengambilan cuplikan setiap 30 menit sebanyak 1 mL. Konsentrasi ion fosfat dianalisis menggunakan spektrofotometer *UV-Visible* pada panjang gelombang maksimum 690 nm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberadaan ion kalsium dapat mempengaruhi transpor ion fosfat melalui PIM. Keberadaan ion kalsium sebagai *co-ion* bagi transpor fosfat akan menurunkan permeabilitas membran terhadap ion fosfat. Konstanta permeabilitas PIM terhadap ion fosfat diperoleh sebesar $6,65 \times 10^{-4}$ mL/min.cm² pada konsentrasi ion kalsium $4,52 \times 10^{-4}$ mg/L. Keberadaan ion silikat dapat mempengaruhi transpor ion fosfat melalui PIM. Selektivitas membran berkisar 2,3 pada konsentrasi ion silikat 20 mg/L.

Kata kunci : fosfat, silikat, kalsium, PIM, transpor, permeabilitas, selektivitas

The Effect of Calcium Ion and Silicate Ion to the Phosphate Ion Transport through Polymer Inclusion Membrane (PIM) with Plasticizer 1,10 – Decanediol

ABSTRACT

This research was conducted to investigate the effect of silicate ions and calcium ions to phosphate ion transport through PIM. PIM was prepared from the base polymer (poly(vinyl chloride), PVC), extractant (Aliquat-336-Cl) and plasticizer (1,10 Dekanadiol). The feed phase was a mixture solution of phosphate – calcium and a mixture solution of phosphate – silicate. The concentration of phosphate solution was 10 mg/L. The concentration of calcium solution were varied of 0; 1.13×10^{-4} ; 2.26×10^{-4} and 4.52×10^{-4} mg/L, while the concentration of silicate solution were 0; 5; 10; 15; 20 and 25 mg/L. The stripping phase was a solution of 0.1 M NaCl. The transport of phosphate ion from the feed phase to the stripping phase was conducted using a diffusion cell. Transport processes was carried out by stirring the both phase for 3 hours. The analyte was taken every 30 minutes as much as 1 ml. The concentration of phosphate was analyzed using a spectrophotometer UV - Visible at a wavelength of 690 nm. The results showed that the presence of calcium ions could affect the phosphate ion transport through PIM. The existence of calcium ions as co - ion for phosphate transport could reduce the permeability of the membrane for phosphate ions. PIM permeability constant for phosphate ions was obtained by 6.65×10^{-4} mL/min.cm² at the concentration of calcium ion 4.52×10^{-4} mg/L. The presence of silicate ions could affect the phosphate ion transport through PIM. Selectivity of membrane to phosphate ion was 2.3 at silicate concentration of 20 mg/L.

Keywords: phosphate, silicate, calcium, PIM, transport, permeability, selectivity



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusunan skripsi sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana sains dalam bidang Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penyusunan skripsi ini melibatkan bantuan dari berbagai pihak, maka dari itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Barlah Rumphayati, S.Si.,M.Si.,Ph.D selaku dosen Pembimbing I dan Qonitah Fardiyah, S.Si.,M.Si selaku dosen Pembimbing II atas segala bimbingan, pengarahan, perhatian, dukungan, ilmu dan saran yang diberikan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
2. Keluarga tercinta Bapak Sutaman Isnaini, Ibu Sri Sumarmi, kakak Qothrun Izza, adik Arusyal K dan Jazaul Aufa yang selalu mengiringi dengan doa, perhatian, kasih sayang, dukungan serta motivasi yang tidak terkirakan.
3. Moh. Farid Rahman, S.Si., M.Si selaku dosen penasehat akademik yang telah memberikan bimbingan selama kuliah.
4. Drs. Edi Priyo Utomo, MS selaku Ketua Jurusan Kimia yang telah memberikan fasilitas selama penelitian di seluruh laboratorium kimia.
5. Seluruh pihak yang bersangkutan atas bantuan, doa dan dukungannya.

Penulisan skripsi ini merupakan upaya untuk pengembangan ilmu pengetahuan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk menghasilkan karya yang lebih bermanfaat

Malang, 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Fosfat	5
2.2 <i>Polymer Inclusion Membrane (PIM)</i>	6
2.3 Komposisi Membran	8
2.3.1 Polimer dasar	8
2.3.2 Ekstraktan (<i>Carrier</i>)	9
2.3.3 <i>Plasticizer</i>	10
2.4 Transpor Fosfat Melalui PIM	10
2.5 Ion – Ion dalam Air	13
2.6 Kalsium	14
2.7 Silikat	15
2.8 Spektrofotometri <i>UV – Vis</i>	15
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	18
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	
3.2.1 Alat penelitian	18
3.2.2 Bahan penelitian	19
3.3 Tahapan Penelitian	19
3.4 Prosedur Penelitian	



3.4.1	Pembuatan PIM	20
3.4.2	Pembuatan larutan	
3.4.2.1	Preparasi sampel fosfat 1000 mg/L	20
3.4.2.2	Preparasi larutan NaCl 0.1 M	20
3.4.2.3	Preparasi larutan campuran fosfat dan kalsium	20
3.4.2.4	Preparasi larutan campuran fosfat dan silikat	20
3.4.3	Pengaruh ion kalsium terhadap transpor fosfat melalui PIM	21
3.4.4	Pengaruh ion silikat terhadap transpor fosfat melalui PIM	21
3.4.5	Analisis secara Spektrofotometri	
3.4.5.1	Penentuan ion fosfat secara spektrofotometri sinar tampak	22
3.4.5.2	Penentuan ion silikat secara spektrofotometri sinar tampak	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Pengaruh Ion Kalsium terhadap Transpor Ion Fosfat	23
4.2	Pengaruh Ion Silikat terhadap Transpor Ion Fosfat	26
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	31
5.2	Saran	31
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1: Morfologi PIM	8
Gambar 2.2: Struktur senyawa PVC	9
Gambar 2.3: Senyawa aliquat 336-Cl $R = C_6 - C_{12}$	9
Gambar 2.4: Struktur 1,10-Dekanadiol	10
Gambar 2.5: Mekanisme transpor ion fosfat melalui PIM dengan ekstraktn (<i>carrier</i>) aliquat 336-Cl	11
Gambar 2.6: Diagram skematik <i>coupled transport</i>	12
Gambar 2.7: Rangkaian sel-difusi melalui PIM	12
Gambar 2.8: Susunan komponen spektrofotometer UV - Vis	17
Gambar 3.1: Sel difusi untuk transpor fosfat melalui PIM	18
Gambar 3.2: <i>O-ring</i>	19
Gambar 4.1: PIM dengan komposisi PVC-Aliquat 336-1,10-Dekanadiol (60% : 30% : 10% b/b) yang digunakan dalam penelitian	23
Gambar 4.2: Kurva hubungan waktu dengan $\ln([M]_s^0/[M]_s)$ pada pengaruh ion kalsium	24
Gambar 4.3: Kurva hubungan konsentrasi ion kalsium dengan permeabilitas	25
Gambar 4.4: Kurva hubungan konsentrasi ion kalsium dengan efisiensi transpor	25
Gambar 4.5: Kurva hubungan waktu dengan $\ln([M]_s^0/[M]_s)$ pada pengaruh ion silikat	27
Gambar 4.6: Kurva hubungan waktu dengan $\ln([M]_s^0/[M]_s)$ pada berbagai konsentrasi ion silikat	29

ix



Gambar 4.7: Kurva hubungan konsentrasi ion silikat dengan selektivitas 30

Gambar C.1: Kurva hubungan antara konsentrasi ion fosfat terhadap absorbansi 42

Gambar C.2: Kurva hubungan waktu dengan konsentrasi ion fosfat pada pengaruh ion kalsium 0 mg/L 44

Gambar C.3: Kurva hubungan waktu dengan konsentrasi ion fosfat pada pengaruh ion kalsium $1,13 \times 10^{-4}$ mg/L 45

Gambar C.4: Kurva hubungan waktu dengan konsentrasi ion fosfat pada pengaruh ion kalsium $2,26 \times 10^{-4}$ mg/L 47

Gambar C.5: Kurva hubungan waktu dengan konsentrasi ion fosfat pada pengaruh ion kalsium $4,52 \times 10^{-4}$ mg/L 48

Gambar C.6: Kurva hubungan waktu (menit) dengan $\ln([M]_s^0/[M]_s)$ pada pengaruh ion kalsium 49

Gambar C.7: Kurva hubungan antara konsentrasi ion silikat dengan absorbansi 51

Gambar C.8: Kurva hubungan waktu dengan konsentrasi ion fosfat pada pengaruh ion silikat 5 mg/L 53

Gambar C.9: Kurva hubungan waktu dengan konsentrasi ion fosfat pada pengaruh ion silikat 10 mg/L 54

Gambar C.10: Kurva hubungan waktu dengan konsentrasi ion fosfat pada pengaruh ion silikat 15 mg/L 56

Gambar C.11: Kurva hubungan waktu dengan konsentrasi ion fosfat pada pengaruh ion silikat 20 mg/L 57

Gambar C.12: Kurva hubungan waktu dengan konsentrasi ion fosfat pada pengaruh ion silikat 25 mg/L 59

x



Gambar C.13: Kurva hubungan waktu (menit) dengan $\ln([M]_s^0 / [M]_s)$ pada pengaruh ion silikat 59

Gambar C.14: Kurva hubungan waktu dengan konsentrasi ion silikat pada pengaruh ion silikat 5 mg/L 62

Gambar C.15: Kurva hubungan waktu dengan konsentrasi ion silikat pada pengaruh ion silikat 10 mg/L 63

Gambar C.16: Kurva hubungan waktu dengan konsentrasi ion silikat pada pengaruh ion silikat 15 mg/L 65

Gambar C.17: Kurva hubungan waktu dengan konsentrasi ion silikat pada pengaruh ion silikat 20 mg/L 66

Gambar C.18: Kurva hubungan waktu dengan konsentrasi ion silikat pada pengaruh ion silikat 25 mg/L 68

Gambar C.19: Kurva hubungan waktu dengan $\ln([M]_s^0 / [M]_s)$ pada berbagai konsentrasi ion silikat 68

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1: Komposisi ion – ion yang terlarut dalam air	14
Tabel 4.1: Pengaruh ion kalsium dan konsentrasinya terhadap konstanta permeabilitas membran dan efisiensi transpor ion fosfat	25
Tabel 4.2: Pengaruh ion silikat dan konsentrasinya terhadap konstanta permeabilitas membran terhadap ion fosfat	28
Tabel 4.3: Konstanta permeabilitas membran terhadap ion silikat	29
Tabel B.1: Pembuatan larutan standar fosfat berbagai konsentrasi	38
Tabel B.2: Pembuatan larutan kalsium berbagai konsentrasi	39
Tabel B.3: Pembuatan larutan silikat berbagai konsentrasi	40
Tabel C.1: Data konsentrasi dan absorbansi ion fosfat	42
Tabel C.2: Konsentrasi ion fosfat di fasa umpan pada pengaruh ion kalsium 0 mg/L	43
Tabel C.3: Konsentrasi ion fosfat di fasa penerima pada pengaruh ion kalsium 0 mg/L	43
Tabel C.4: Konsentrasi ion fosfat di fasa umpan pada pengaruh ion kalsium $1,13 \times 10^{-4}$ mg/L	44
Tabel C.5: Konsentrasi ion fosfat di fasa penerima pada pengaruh ion kalsium $1,13 \times 10^{-4}$ mg/L	45
Tabel C.6: Konsentrasi ion fosfat di fasa umpan pada pengaruh ion kalsium $2,26 \times 10^{-4}$ mg/L	46
Tabel C.7: Konsentrasi ion fosfat di fasa penerima pada pengaruh ion kalsium $2,26 \times 10^{-4}$ mg/L	46
Tabel C.8: Konsentrasi ion fosfat di fasa umpan pada pengaruh ion kalsium $4,52 \times 10^{-4}$ mg/L	47



Tabel C.9: Konsentrasi ion fosfat di fasa penerima pada pengaruh ion kalsium $4,52 \times 10^{-4}$ mg/L 48

Tabel C.10: Data konsentrasi dan absorbansi silikat 51

Tabel C.11: Konsentrasi ion fosfat di fasa umpan pada pengaruh ion silikat 5 mg/L 52

Tabel C.12: Konsentrasi ion fosfat di fasa penerima pada pengaruh ion silikat 5 mg/L 52

Tabel C.13: Konsentrasi ion fosfat di fasa umpan pada pengaruh ion silikat 10 mg/L 53

Tabel C.14: Konsentrasi ion fosfat di fasa penerima pada pengaruh ion silikat 10 mg/L 54

Tabel C.15: Konsentrasi ion fosfat di fasa umpan pada pengaruh ion silikat 15 mg/L 55

Tabel C.16: Konsentrasi ion fosfat di fasa penerima pada pengaruh ion silikat 15 mg/L 55

Tabel C.17: Konsentrasi ion fosfat di fasa umpan pada pengaruh ion silikat 20 mg/L 56

Tabel C.18: Konsentrasi ion fosfat di fasa penerima pada pengaruh ion silikat 20 mg/L 57

Tabel C.19: Konsentrasi ion fosfat di fasa umpan pada pengaruh ion silikat 25 mg/L 58

Tabel C.20: Konsentrasi ion fosfat di fasa penerima pada pengaruh ion silikat 25 mg/L 58

Tabel C.21: Konsentrasi ion silikat di fasa umpan pada pengaruh ion silikat 5 mg/L 61

Tabel C.22: Konsentrasi ion silikat di fasa penerima pada pengaruh ion silikat 5 mg/L 61

Tabel C.23: Konsentrasi ion silikat di fasa umpan pada pengaruh ion silikat 10 mg/L 62



Tabel C.24: Konsentrasi ion silikat di fasa penerima pada pengaruh ion silikat 10 mg/L 63

Tabel C.25: Konsentrasi ion silikat di fasa umpan pada pengaruh ion silikat 15 mg/L 64

Tabel C.26: Konsentrasi ion silikat di fasa penerima pada pengaruh ion silikat 15 mg/L 64

Tabel C.27: Konsentrasi ion silikat di fasa umpan pada pengaruh ion silikat 20 mg/L 65

Tabel C.28: Konsentrasi ion silikat di fasa penerima pada pengaruh ion silikat 20 mg/L 66

Tabel C.29: Konsentrasi ion silikat di fasa umpan pada pengaruh ion silikat 25 mg/L 67

Tabel C.30: Konsentrasi ion silikat di fasa penerima pada pengaruh ion silikat 25 mg/L 67

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran A	Tahapan Kerja	
A.1	Diagram alir penelitian	37
Lampiran B	Perhitungan Pembuatan Larutan dan Reagen	
B.1	Larutan Fosfat	38
B.1.1	Larutan induk fosfat 1000 mg/L	38
B.1.2	Larutan standar fosfat berbagai konsentrasi	38
B.2	Larutan Kalsium	
B.2.1	Larutan induk kalsium	39
B.2.2	Larutan kalsium berbagai konsentrasi	39
B.3	Larutan Silikat	
B.3.1	Larutan induk silikat	40
B.3.2	Larutan standar silikat berbagai konsentrasi	40
B.4	Reagen Amonium Molibdat	41
B.5	Reagen SnCl ₂ dalam Gliserol	41
B.6	Reagen Amonium Molibdat untuk Uji Silikat	41
B.7	Larutan HCl 1:1	41
B.8	Larutan Asam Oksalat	41
Lampiran C	Data Hasil Penelitian	
C.1	Kurva Baku Fosfat	42
C.2	Konsentrasi Ion fosfat pada Pengaruh Ion Kalsium	
C.2.1	Pengaruh ion kalsium 0 mg/L	43
C.2.2	Pengaruh ion kalsium 1,13×10 ⁻⁴ mg/L	44
C.2.3	Pengaruh ion kalsium 2,26×10 ⁻⁴ mg/L	46
C.2.4	Pengaruh ion kalsium 4,52×10 ⁻⁴ mg/L	47
C.3	Permeabilitas Membran dan Efisiensi Transpor Ion Fosfat pada Pengaruh Ion	



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fosfor merupakan unsur yang esensial bagi makhluk hidup terutama tumbuhan tingkat tinggi dan alga. Keberadaan fosfor dalam perairan umumnya berasal dari proses pemupukan pada bidang pertanian maupun limbah dari bidang industri dan domestik [1]. Fosfor pada perairan tidak ditemukan dalam bentuk bebas, melainkan dalam bentuk senyawa anorganik terlarut (ortofosfat dan polifosfat) maupun dalam bentuk senyawa organik berupa partikulat [2]. Meskipun keberadaan ion fosfat yang berasal dari sumber luar dapat dikontrol, perubahan ion fosfat secara terus menerus dalam perairan akan memicu terjadinya eutrofikasi [3]. Eutrofikasi merupakan peristiwa meledaknya populasi alga. Pertumbuhan alga yang begitu pesat ini menyebabkan permukaan air tertutup sehingga kadar oksigen pada badan air menurun dan berujung pada kematian biota air [4].

Selain itu kandungan ion fosfat dalam air minum perlu diperhatikan pula, mengingat batas kandungan ion fosfat yang diperkenankan terdapat dalam air minum adalah 0,2 mg/liter. Apabila melebihi kadar tersebut dikhawatirkan akan menyebabkan efek negatif bagi kesehatan. Kadar fosfor dalam bentuk ortofosfat ($P-PO_4$) pada perairan alami umumnya sangat kecil yakni jarang melebihi 1 mg/liter [2]. Maka dari itu diperlukan metode untuk pengukuran ion fosfat sehingga kadar ion fosfat dapat diukur dan diketahui.

Sejauh ini spektrofotometri merupakan metode yang paling sering digunakan untuk menganalisis kadar ion fosfat. Pengukuran kadar ion fosfat dengan metode spektrofotometri ini didasarkan pada reaksi molibdenum biru yaitu reaksi antara ion fosfat dengan ammonium molibdat dalam suasana asam sehingga terbentuk senyawa fosfomolibdenum biru [5].

Penentuan ion fosfat berdasarkan reaksi molibdenum biru dapat dihambat oleh adanya beberapa interferensi. Interferensi tersebut dapat berupa interferensi positif yang menyebabkan peningkatan nilai absorbansi dan interferensi negatif yang menghasilkan kesalahan pada pengukuran konsentrasi fosfat. Silikat merupakan salah satu contoh anion yang menyebabkan interferensi



positif karena ion silikat dapat membentuk persenyawaan dengan ammonium molibdat. Sedangkan salah satu contoh interferensi negatif adalah adanya ion kalsium yang dapat membentuk kompleks atau endapan dengan senyawa ortofosfat maupun spesi organik fosfor lainnya [6].

Ion silikat merupakan ion utama dalam air tanah. Pada perairan ion silikat membentuk senyawa silikat, kadar silikat dalam air tanah adalah sekitar 1 – 1000 mg/L. Ion kalsium merupakan kation utama dalam perairan dan kadar ion kalsium dalam air tawar adalah sekitar 60,9% [2]. Oleh karena itu ion silikat dan ion kalsium kemungkinan besar dapat menjadi pengganggu dalam pengukuran kadar ion fosfat.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memisahkan ion fosfat dari senyawa-senyawa pengganggunya adalah dengan metode *Polymer Inclusion Membrane* (PIM). PIM merupakan salah satu bentuk inovasi dari *Supported Liquid Membrane* (SLM). PIM terbuat dari polimer dasar, umumnya *Polyvinyl Chloride* (PVC) atau *Cellulose triacetate* (CTA), ekstraktn atau *carrier* dan *plasticizer*. Ekstraktan yang telah digunakan untuk pemisahan ion fosfat melalui PIM adalah Aliquat-336 berbasis klorida [7].

Proses pemisahan dengan PIM didasarkan pada transpor ion fosfat dari fasa umpan menuju fasa penerima melalui lapis tipis PIM. Kecepatan transport ion fosfat melalui PIM (fluks permeat) ditentukan oleh beberapa faktor yaitu morfologi membran, komposisi membran (misalnya konsentrasi *carrier*), komposisi kimiawi fasa umpan dan fasa penerima (misalnya pH, ion *counter*), dan suhu. [7]. Mekanisme transpor suatu analit melewati PIM melalui dua proses yaitu transpor solut melalui dua antarmuka (fasa umpan/membran dan membran/fasa penerima) dan difusi melalui membran. Gaya dorong (*driving force*) untuk terjadinya transpor pada antarmuka adalah gradien konsentrasi analit dan ion-ion *couple* [7].

Pada penelitian ini dipelajari pengaruh ion kalsium dan ion silikat terhadap transpor fosfat melalui PIM berbasis PVC – Aliquat 336-Cl dengan *plasticizer* 1,10 – dekanadiol. Ion silikat merupakan pengganggu dalam analisis ion fosfat. Keberadaan ion silikat di fasa umpan akan berkompetisi dengan ion fosfat dalam transport melalui PIM. Dalam transport ion fosfat, ion silikat bertindak sebagai ion *counter*. Mobilitas ion dalam fasa membran (fasa organik) kedua ion

2



tersebut ditentukan oleh jari-jari hidrasi keduanya. Ion dengan jari-jari hidrasi lebih kecil akan lebih mudah tertransportasi melalui PIM.

Sementara, dalam proses transport ion fosfat melalui PIM, keberadaan ion kalsium dapat menjadi ion *couple*. Efisiensi transport ion fosfat dalam penelitian ini ditentukan dari nilai koefisien permeabilitas.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan suatu permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh ion kalsium dan konsentrasinya terhadap transport ion fosfat melalui PIM dengan *plasticizer* 1,10 - dekanadiol?
2. Bagaimana pengaruh ion silikat dan konsentrasinya terhadap transport ion fosfat melalui PIM dengan *plasticizer* 1,10 - dekanadiol?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Fasa umpan adalah larutan kalium dihidrogenfosfat (KH_2PO_4) 10 mg/L pada pH 6.
2. Fasa penerima adalah NaCl 0,1 M.
3. Waktu transport pada sel difusi adalah 180 menit.
4. Analisis fosfat menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan λ_{max} 690 nm.
5. Konsentrasi ion kalsium dalam fasa umpan adalah 0; $1,13 \times 10^{-4}$; $2,26 \times 10^{-4}$; dan $4,52 \times 10^{-4}$ mg/L dan konsentrasi ion silikat dalam fasa umpan adalah 0; 5; 10; 15; 20 dan 25 mg/L.
6. *Plasticizer* yang digunakan dalam membran adalah 1,10-dekanadiol.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mempelajari pengaruh ion kalsium dan konsentrasinya terhadap transport ion fosfat melalui PIM dengan *plasticizer* 1,10 – dekanadiol.



2. Mempelajari pengaruh ion silikat dan konsentrasinya terhadap transpor ion fosfat melalui PIM dengan *plasticizer* 1,10 – dekanadiol.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Memperluas pengetahuan mengenai PIM dengan *plasticizer* 1,10 – dekanadiol sebagai salah satu metode pemisahan fosfat.
2. Mengetahui pengaruh ion kalsium dan ion silikat terhadap transpor ion fosfat melalui PIM dengan *plasticizer* 1,10 – dekanadiol.

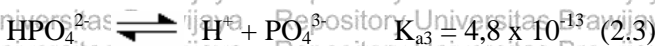
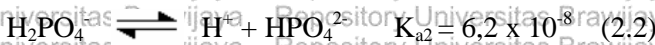
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fosfat

Fosfor merupakan nutrisi penting yang dapat mempengaruhi aktivitas biologis dalam lingkungan perairan. Keberadaan fosfor dalam perairan umumnya berasal dari proses pemupukan pada bidang pertanian maupun limbah dari bidang industri dan domestik [1]. Pada perairan, fosfor ditemukan dalam bentuk senyawa fosfat yang terdiri dari fosfat terlarut dan fosfat partikulat. Terdapat dua jenis fosfat terlarut yaitu fosfat anorganik (*dissolved inorganic phosphate*, DIP) yang terdiri atas ortofosfat dan polifosfat serta fosfat organik (*dissolved organic phosphate*, DOP) [4].

Unsur fosfor dalam perairan mengalami perubahan bentuk secara terus menerus antara bentuk organik dan anorganik akibat proses dekomposisi yang dilakukan oleh mikroba. Fosfor dalam bentuk polifosfat akan mengalami hidrolisis menjadi ortofosfat. Perubahan tersebut sangat dipengaruhi oleh suhu. Perubahan berlangsung sangat cepat pada suhu mendekati titik didih. Kecepatan tersebut meningkat dengan menurunnya nilai pH. Perubahan polifosfat menjadi ortofosfat lebih cepat terjadi dalam air yang mengandung bakteri daripada air bersih [2].

Salah satu bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan air adalah ortofosfat, sedangkan polifosfat harus mengalami proses hidrolisis menjadi ortofosfat terlebih dahulu sehingga dapat dijadikan sebagai sumber fosfor. Ortofosfat merupakan bentuk fosfor paling sederhana di perairan yang terbentuk melalui reaksi ionisasi asam ortofosfat yang ditunjukkan dalam persamaan [2]:

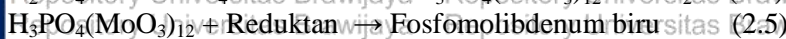
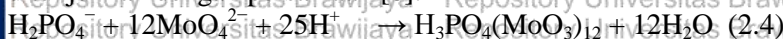


Kelebihan fosfat dalam perairan dapat menyebabkan terjadinya eutrofikasi. Eutrofikasi merupakan peristiwa meledaknya populasi alga sehingga permukaan air tertutup oleh alga. Efek



samping dari peristiwa ini adalah terhambatnya sinar matahari dan menurunnya konsentrasi oksigen sehingga menyebabkan kematian pada biota air. Selain itu alga biru yang tumbuh subur karena banyaknya kadar fosfat dapat menghasilkan senyawa beracun sehingga besar kemungkinan dapat meracuni badan air [4].

Analisis fosfat dengan metode spektrofotometri didasarkan pada reaksi molibdenum biru. Pada reaksi tersebut senyawa kompleks ammonium molibdat yang terbentuk akan direaksikan dengan reduktan sehingga terbentuk senyawa kompleks fosfomolibdenum biru. Pengukuran senyawa kompleks fosfomolibdenum dilakukan pada rentang panjang gelombang 690 – 882 nm tergantung dari jenis reduktan yang digunakan. Pada beberapa penelitian reduktan yang sering digunakan adalah SnCl_2 . Reaksi molibdenum biru tanpa menghiraukan jenis reduktan dapat ditunjukkan dengan persamaan [8]:



Beberapa interferensi yang dapat mempengaruhi penentuan fosfat menggunakan pembentukan senyawa fosfomolibdenum biru dapat dibagi menjadi 3 jenis, yaitu interferensi positif, interferensi negatif dan interferensi negatif berdasarkan penghilangan radikal. Interferensi positif umumnya disebabkan oleh adanya anion yang dapat bereaksi dengan reagen ammonium molibdat sehingga dapat meningkatkan nilai absorbansi. Beberapa senyawa yang dapat menyebabkan interferensi positif diantaranya adalah arsenat dan silikat. Keberadaan beberapa kation yang dapat bereaksi dengan ion fosfat seperti ion Al^{3+} , Ca^{2+} , Cu^{2+} dan Fe^{2+} akan menyebabkan interferensi negatif sehingga konsentrasi ion fosfat yang terukur tidak sesuai dengan yang sebenarnya. Interferensi karena adanya agen penghilang radikal seperti karbonat dan bikarbonat dapat menghasilkan oksidasi senyawa fosfat yang tidak sempurna [6].

2.2 Polymer Inclusion Membrane (PIM)

PIM merupakan suatu membran cair yang tipis, fleksibel dan stabil. PIM dibentuk dengan cara mencetak larutan yang mengandung *plasticizer*, ekstrak (carrier) dan polimer dasar seperti CTA dan PVC. PIM banyak digunakan dalam pemisahan

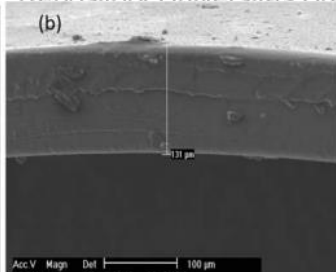
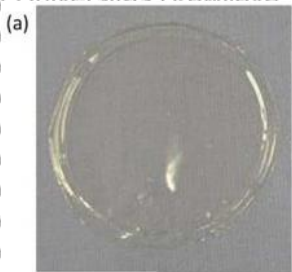
berbagai spesi seperti ion logam, molekul kecil maupun anion anorganik [7].

PIM merupakan salah satu bentuk inovasi dari *Supported Liquid Membrane* (SLM). Kelemahan dari *Supported Liquid Membrane* (SLM) adalah menurunnya stabilitas membran apabila digunakan secara terus – menerus karena pelarut dan ekstraktan mudah terbawa ke fasa penerima [7]. Prinsip dari pemisahan menggunakan PIM sebenarnya hampir sama seperti SLM yaitu melalui proses ekstraksi cair – cair, namun pada PIM penggunaan pelarut organik lebih sedikit dan proses ekstraksi serta *stripping* dapat berlangsung secara terus menerus. PIM dianggap memiliki daya tahan yang lebih baik daripada SLM karena pada saat pembentukan membran ekstraktan akan terperangkap dalam matriks polimer sehingga ekstraktan tidak mudah terbawa ke fase larutan [9].

Pembuatan PIM cukup mudah dilakukan, selain itu PIM juga memiliki sifat mekanik yang baik seperti kuat dan fleksibel serta serbaguna untuk ekstraksi maupun transpor berbagai spesi kimia. Berbagai penelitian telah dilakukan dengan memanfaatkan PIM diantaranya adalah ekstraksi dan pemisahan beberapa senyawa non logam anorganik seperti fosfat dan tiosianat [10]. PIM juga banyak digunakan untuk ekstraksi berbagai ion logam seperti Au (III), Pd (II), Pt (IV), Hg (II), Co (II), Cd (II), Zn (II), Cu (II), Cs (I) dan Pb (II) serta berbagai senyawa organik seperti asam laktat, asam amino, sukrosa dan glukosa serta karbohidrat – karbohidrat lainnya [11].

PIM berbasis PVC - Aliquat 336-Cl dapat dibuat dengan cara melarutkan sejumlah Aliquat 336-Cl ke dalam THF kemudian ditambahkan bubuk PVC secara perlahan – lahan sambil dilakukan pengadukan agar tidak terjadi agregasi polimer. Larutan tersebut selanjutnya dituangkan dalam cawan petri, lalu ditutup dengan kertas saring dan gelas arloji dan dibiarkan selama 24 jam agar pelarut THF menguap. Membran yang akan terbentuk merupakan membran yang kuat dan transparan. Komposisi bahan untuk pembuatan PIM dengan ketebalan 30 – 35 μm dan berdiameter 16,5 cm adalah 70 wt% PVC dan 30 wt % Aliquat 336-Cl dari total massa sekitar 600 mg [8].

PIM berbasis PVC – Aliquat 336-Cl sebelumnya pernah dikarakterisasi secara visual menggunakan *scanning electron microscop* (SEM) JSM – 6490LA (JEOL Jepang), hasilnya dapat dilihat melalui gambar berikut [12]:



Gambar 2.1: Morfologi PIM. a) PIM berbasis PVC Aliquat 336-Cl dalam skala nyata dan b) gambar mikrograf PIM PVC – Aliquat 336-Cl yang diamati dengan SEM [12].

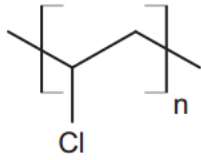
2.3 Komposisi Membran

2.3.1 Polimer dasar

PVC dan CTA merupakan polimer dasar yang paling sering digunakan dalam pembuatan PIM karena keduanya memberikan kekuatan mekanik yang tinggi terhadap membran dan cocok dengan berbagai macam ekstraktn (*carrier*) [13]. Selain itu polimer yang baik harus dapat menahan komponen aktif dari membran (ekstraktan) agar tidak terbawa ke dalam fase larutan [9].

Berbagai penelitian yang membandingkan penggunaan PVC dan CTA untuk pembuatan PIM berbasis Aliquat 336-Cl telah dilakukan. Vázquez dkk [9], telah meneliti pembuatan PIM dengan aliquat 336-Cl sebagai ekstraktn, NPOE sebagai *plasticizer* serta PVC dan CTA sebagai polimer dasar untuk prekonsentrasi Cr (VI). Kebiche – Senhadji dkk [14] juga telah membandingkan PIM berbasis Aliquat 336-Cl dengan polimer dasar PVC maupun CTA untuk ekstraksi Cr (VI). Hasil dari kedua penelitian tersebut menunjukkan bahwa jenis polimer dasar yang digunakan hanya memberikan sedikit pengaruh terhadap efisiensi transpor [13].

PVC merupakan senyawa yang bersifat amorf dengan tingkat kristalinitas yang rendah dan tidak mudah terhidrasi. Pada senyawa PVC terdapat gugus fungsional C – Cl yang polar sehingga interaksi intermolekul didominasi oleh gaya dispersi non – spesifik [6]. Struktur dari polimer PVC dapat dilihat pada Gambar 2.2[9]:

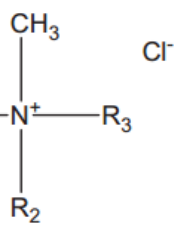


Gambar 2.2: Struktur senyawa PVC [9].

2.3.2 Ekstraktan (*Carrier*)

Ekstraktan atau *carrier* dalam PIM merupakan senyawa penukar ion atau agen pengompleks yang sangat utama. Ekstraktan (*carrier*) akan berikatan dengan spesi yang ingin dipisahkan, diekstraksi atau ditranspor dan membawanya melewati PIM. Pada PIM ekstraktan (*carrier*) yang digunakan umumnya terdiri dari garam ammonium kuartener dan gugus amina tersier [13]. Beberapa ekstraktan (*carrier*) mempunyai kemampuan untuk bertindak sebagai *plasticizer* yang dapat membuat membran menjadi lebih fleksibel dan stabil sehingga penambahan *plasticizer* tidak dibutuhkan [9].

Aliquat 336-Cl merupakan sejenis anion yang sering digunakan sebagai ekstraktan (*carrier*) dalam proses pemerolehan kembali berbagai macam anion logam [14]. Aliquat 336-Cl merupakan senyawa yang terdiri dari ammonium klorida kuartener dan banyak digunakan sebagai ekstraktan (*carrier*) dalam PIM [13]. Struktur senyawa aliquat 336-Cl dapat dilihat pada Gambar 2.3 [9].



Gambar 2.3: Struktur senyawa aliquat 336-Cl $\text{R} = \text{C}_6 - \text{C}_{12}$ [9].

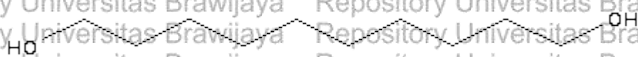


2.3.3 *Plasticizer*

Plasticizer merupakan senyawa organik yang bergabung dengan gugus alkil hidrofobik dan gugus polar dengan kelarutan yang tinggi [15]. *Plasticizer* dalam PIM berfungsi untuk membuat polimer menjadi lebih lembut dan fleksibel, hal tersebut dapat terjadi karena *plasticizer* mampu menembus dan meningkatkan jarak antar molekul polimer dan mengurangi gugus polar dalam polimer sehingga gaya tarik – menarik intermolekul dalam polimer dapat berkurang. Maka dari itu *plasticizer* dapat meningkatkan kestabilan membran baik dari sisi kimia maupun mekanik [9]. Faktor penting yang harus diperhatikan pada saat pemilihan *plasticizer* adalah keseimbangan antara bagian polar dan non – polar [7].

Cho dkk [11] telah meneliti penggunaan 1 – Dodekanol sebagai *plasticizer* dalam PIM berbasis alifatik 336-Cl dengan polimer dasar PVC untuk ekstraksi tiosianat. Pada penelitian tersebut digunakan berbagai macam *plasticizer*, PIM dengan *plasticizer* 1-Dodekanol berhasil mengekstraksi tiosianat dalam jumlah yang paling besar dibandingkan dengan PIM yang mengandung *plasticizer* TBP maupun NPOE [13].

Pada penelitian ini digunakan *plasticizer* 1,10-dekanadiol (Gambar 2.4).

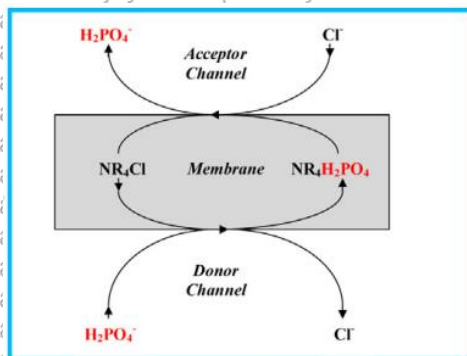


Gambar 2.4: Struktur 1,10-Dekanadiol [16].

2.4 *Transpor Fosfat Melalui PIM*

Proses *transpor fosfat* melalui PIM merupakan proses terjadinya pertukaran ion antara analit dan ekstraktan (*carrier*).

Mekanisme *transpor fosfat* melalui PIM dengan ekstraktan (*carrier*) alifatik 336-Cl dapat dilihat melalui Gambar 2.5 berikut [8]:



Gambar 2.5: Mekanisme transpor ion fosfat melalui PIM dengan ekstraktan (*carrier*) alikuat 336 – Cl [8].

Mekanisme transpor analit melalui PIM secara umum adalah ketika analit berinteraksi dengan permukaan PIM, maka akan terbentuk pasangan ion antara analit dengan ekstraktan (*carrier*) pada PIM, pasangan ion tersebut kemudian berdifusi melalui bagian dalam membran menuju kepada larutan fasa penerima. Koefisien difusi dipengaruhi oleh laju transpor dan konstanta ekstraksi dipengaruhi oleh selektivitas PIM [8]. Selain itu proses transpor fosfat melalui PIM dengan alikuat 336-Cl sebagai ekstraktan (*carrier*) juga dapat ditunjukkan oleh reaksi (2.6) berikut [8]:



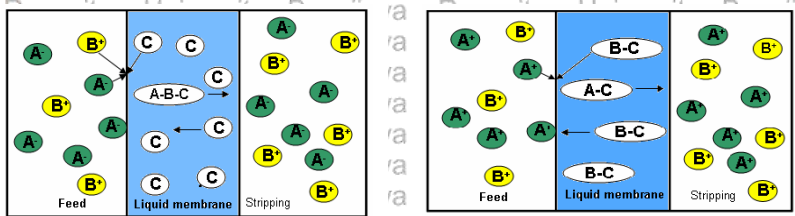
NR_4Cl merupakan senyawa ammonium klorida kuartener pada alikuat 336-Cl sedangkan $\text{X}^{\text{n-}}$ merupakan bentuk anion dari ortofosfat (H_2PO_4^- atau PO_4^{2-}) pada pH netral [8].

Proses transpor pada PIM dapat terjadi karena adanya gaya dorong dalam sistem PIM tersebut. Gaya dorong tersebut merupakan gradien konsentrasi melewati membran dari suatu spesi logam atau spesi lainnya yang diketahui sebagai *coupled transport ion* [7]. Saat proses transport, apabila terjadi reaksi antara ion logam dengan ion lain maka akan terjadi proses yang disebut dengan *coupled transport*. *Coupled transport* dapat dibagi menjadi dua jenis berdasarkan sifat dari ekstraktan (*carrier*) yang digunakan yaitu *co-transport* dan



counter transport. *Coupled co – transport* dapat terjadi ketika ekstraktan (*carrier*) bersifat basa atau netral. Pada transpor ion logam akan terbentuk kompleks (ABC) dari interaksi antara ion logam (A), *co – ion* (B) dan ekstraktan (*carrier*) (C). Kompleks kemudian akan melewati membran menuju fasa penerima selanjutnya kompleks akan dipecah menjadi komponen (A) dan *co – ion* (B). *Coupled counter transport* memiliki mekanisme terbalik dari *co – transport*, *coupled counter transport* terjadi ketika zat pengompleks bersifat asam [17].

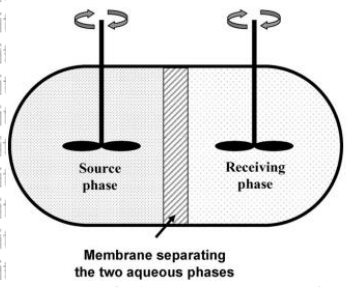
Mekanisme *coupled co – transport* dan *counter transport* dapat dilihat pada Gambar 2.6 [17]:



(a)

(b)

Gambar 2.6: Diagram skematik a) *coupled co-transport* dan b) *counter transport* [17].



Gambar 2.7: Rangkaian sel difusi melalui PIM [7].

Proses transpor pada PIM dilakukan dengan pengadukan pada kedua kompartemen (Gambar 2.7) sehingga spesi ion bergerak melewati membran dari fasa umpan menuju fasa penerima.

Pertukaran spesi ion ini dapat terjadi karena adanya kesesuaian komposisi ionik dalam larutan fasa umpan dan fasa penerima [7].

Transpor ion dalam PIM dapat pula dijelaskan dengan persamaan berikut [7]:

$$A \cdot J_s = -V_s \frac{d[M]_s}{dt} \quad (2.1)$$

$$[M]_s = [M]_s^0 \text{ saat } t = 0 \quad (2.2)$$

$$J_s = P_s [M]_s \quad (2.3)$$

dimana "s" menunjukkan fasa umpan, A merupakan luas permukaan membran, V_s adalah volume fasa umpan yang diambil setiap waktu (mL), J adalah fluks, $[M]_s$ dan $[M]_s^0$ masing – masing adalah konsentrasi spesies di fasa umpan saat waktu tertentu (t) dan saat $t = 0$, t adalah waktu kontak serta P adalah koefisien permeabilitas yang digunakan untuk mengkarakterisasi efisiensi transpor melalui PIM. Berdasarkan persamaan tersebut maka didapatkan persamaan (2.4) dibawah ini [7]:

$$\ln \left(\frac{[M]_s}{[M]_s^0} \right) = - \left(\frac{A}{V_s} \right) P_s t \quad (2.4)$$

Nilai efisiensi transpor ion melalui PIM dapat dihitung melalui persamaan berikut [18]:

$$ET = \frac{[M]_{s,t}}{[M]_{f,0}} \times 100 \quad (2.5)$$

$[M]_{s,t}$ adalah konsentrasi M di fasa penerima pada waktu kontak t, $[M]_{f,0}$ adalah konsentrasi M di fasa umpan saat awal pada $t = 0$ [18].

2.5 Ion – Ion dalam Air

Pada perairan dapat ditemukan berbagai macam ion. Ion – ion tersebut dapat dibedakan menjadi beberapa kategori berdasarkan kadar keberadaannya dalam perairan. Tabel 2.1 berikut dapat menunjukkan beberapa golongan ion yang terdapat pada perairan.



Tabel 2.1: Komposisi ion – ion yang terlarut dalam air [2].

Ion Utama (Major Ion) (1,0-1000 mg/L)	Ion Sekunder (Secondary Ion) (0,01-10 mg/L)	Ion Minor (Minor Ion) (0,0001–10,1 mg/L)
Natrium	Besi	Arsen
Kalsium	Aluminium	Timbal
Magnesium	Kalium	Nikel
Bikarbonat	Karbonat	Fosfat
Sulfat	Nitrat	Kromium
Klorida	Flourida	Kobalt
Silika	Boron	Kadmium
	Selenium	

2.6 Kalsium

Kalsium merupakan logam putih perak yang sedikit lunak dan dapat melebur pada suhu 45°C [19]. Kalsium merupakan unsur yang penting bagi semua makhluk hidup. Kalsium berperan dalam pembentukan tulang, pengatur permeabilitas dinding sel serta pembangunan struktur sel tumbuhan[2]. Kalsium membentuk kation Ca²⁺ dalam larutan air [19]. Ion kalsium adalah kation utama yang mendominasi perairan tawar. Kadar ion kalsium dalam air tawar dapat mencapai 60,9 % sedangkan pada air laut 3,2 %. Kadar kalsium yang tinggi dalam perairan relatif tidak berbahaya, namun ion kalsium dapat bereaksi dengan ion fosfat sehingga menyebabkan perairan menjadi lunak dan kurang produktif [2]. Selain itu kandungan ion kalsium dan ion magnesium dalam air dapat menyebabkan kesadahan air. Kesadahan yang tinggi umumnya terdapat pada air tanah di daerah yang bersifat kapur [20].

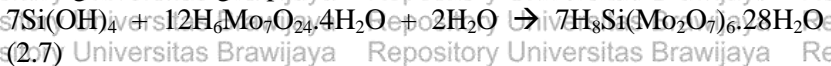
Ion kalsium merupakan salah satu contoh interferensi negatif dalam analisis fosfat berdasarkan reaksi molibdenum biru. Ion kalsium dapat membentuk kompleks atau endapan dengan senyawa ortofosfat maupun spesi organik fosfor lainnya sehingga menghasilkan kesalahan pada pengukuran konsentrasi fosfat [6].



2.7 Silikat

Ion silikat dapat dikategorikan sebagai ion utama dalam air tanah, kadar ion silikat dalam air tanah adalah sekitar $E=1000$ mg/L [2]. Ion silikat merupakan salah satu contoh anion yang menyebabkan interferensi positif terhadap analisa kadar ion fosfat berdasarkan reaksi molibdenum biru karena ion silikat dapat bereaksi positif juga dengan reagen amonium molibdat [6]. Ion silikat dan ion fosfat yang sama-sama bereaksi positif terhadap ammonium molibdat menyebabkan nilai absorbansi yang dihasilkan dari pengukuran menggunakan spektrofotometri meningkat [6].

Monomer asam silikat apabila bereaksi dengan asam molibdat akan membentuk asam silikomolibdat yang berwarna kuning sesuai dengan persamaan reaksi berikut [21]:



Selain silikomolibdat kuning yang terbentuk, fosfomolibdat dan arsenomolibdat juga dapat terbentuk. Bentuk molibdat ini dapat menjadi pengganggu dalam pengukuran silikat. Pengaruh fosfomolibdat dan arsenomolibdat dapat dihilangkan dengan cara menambahkan larutan asam oksalat dalam sampel [22].

Analisis ion silikat dapat dilakukan dengan menggunakan reagen molibdat, sebelum ditambahkan reagen molibdat ditambahkan asam klorida terlebih dahulu. Hal tersebut dilakukan karena reagen molibdat bekerja dalam suasana asam. Penambahan reagen molibdat menyebabkan terbentuknya silikomolibdat yang ditandai dengan adanya perubahan warna larutan menjadi kuning. Penambahan asam oksalat dapat dilakukan untuk menghilangkan kandungan fosfomolibdat dan arsenomolibdat. Panjang gelombang yang digunakan adalah panjang gelombang maksimum yaitu 410 nm [23].

2.8 Spektrofotometri UV - Vis

Spektrofotometri merupakan suatu metode pengukuran berdasarkan pada penentuan absorbansi suatu zat yang dikenai radiasi gelombang elektromagnetik pada panjang gelombang tertentu. Pada metode ini jumlah cahaya yang diabsorpsi oleh sampel berupa larutan akan sebanding dengan konsentrasi suatu zat dalam



larutan tersebut. Prinsip ini dapat dijelaskan dalam Hukum Beer – Lambert berdasarkan persamaan berikut [24]:

$$A = \log (I_{in}/I_{out}) = (1/T) = a \times b \times c \quad (2.6)$$

- dimana :
- A = Absorbansi
 - I_{in} = Intensitas cahaya masuk
 - I_{out} = Intensitas cahaya keluar
 - T = Transmittansi
 - a = tetapan absorptivitas molar
 - b = panjang jalur
 - c = konsentrasi pada suatu bahan yang mengabsorpsi

Prinsip spektrofotometri *UV – Vis*, atau biasa disebut kolorimetri, hampir sama seperti prinsip spektrofotometri secara umum, namun pada spektrofotometri *UV – Vis* radiasi elektromagnetik yang akan diserap adalah radiasi pada daerah panjang gelombang UV dan sinar tampak [25]. Apabila sinar *UV – Vis* dikenakan pada suatu senyawa maka elektron dalam senyawa tersebut akan tereksitasi dari tingkat energi dasar (*ground state*) ke tingkat energi yang lebih tinggi (*excited state*). Perbedaan atau jarak energi dari *ground state* (GS) ke *excited state* (ES) spesifik untuk setiap molekul. Hal inilah yang menjadi dasar dari analisa kualitatif menggunakan spektrofotometri *UV – Vis* [26]. Spektrofotometer, baik yang sinar tunggal (*single beam*) maupun sinar ganda (*double beam*), secara umum tersusun atas 4 komponen utama, yaitu [26] :

1. Sumber cahaya
Sumber cahaya yang sering digunakan pada spektrofotometer *UV – Vis* adalah lampu hidrogen atau lampu deuterium (<350 nm) dan wolfram (350-625 nm). Suatu spektrofotometer *UV – Vis* dapat menggunakan lebih dari 2 sumber cahaya dimana kedua sumber cahaya tersebut dapat bertukar secara otomatis.



2. Monokromator

Monokromator merupakan suatu komponen yang berfungsi untuk mengurangi sinar polikromatis menjadi monokromatis sesuai panjang gelombang yang dibutuhkan dalam pengukuran. Monokromator berbentuk prisma dan terbuat dari bahan optik.

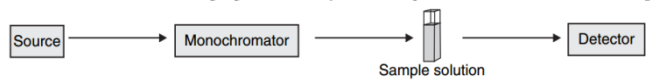
3. Sel Sampel

Sel sampel atau biasa disebut *kuvet* merupakan tempat untuk diletakkannya larutan sampel. Sel sampel sebaiknya terbuat dari bahan yang tidak dapat bereaksi dengan sampel dan pelarut. Sel sampel untuk daerah ultra violet terbuat dari bahan kuarsa sedangkan untuk daerah cahaya tampak terbuat dari kaca biasa.

4. Detektor

Detektor berfungsi untuk menangkap intensitas cahaya yang diteruskan oleh monokromator dan mengubahnya menjadi arus listrik. Detektor dihubungkan dengan sistem meter atau pencatat.

Susunan komponen spektrofotometer UV-Vis secara sederhana dapat ditunjukkan oleh Gambar 2.7 [27]:



Gambar 2.8: Susunan komponen spektrofotometer UV-Vis [27].

BAB III

METODE PENELITIAN

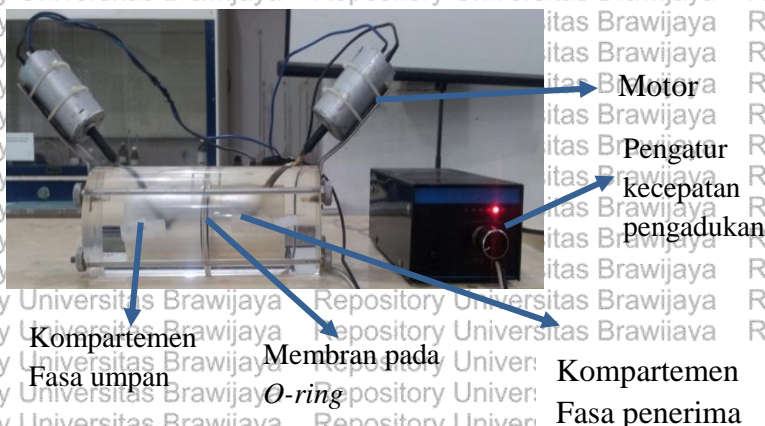
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai dari bulan September 2015 hingga Desember 2015 di laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang.

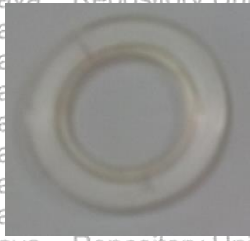
3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah berbagai alat gelas, pH meter, sel difusi (Gambar 3.1), *o-ring* (Gambar 3.2), *syringe*, mikropipet (*Accumax Pro*), neraca analitik, *magnetic stirrer*, *motor rotary*, bola hisap, botol semprot dan spektrofotometer *UV-Vis Shimadzu* model 1601 *A double beam*.



Gambar 3.1: Sel difusi untuk transpor fosfat melalui PIM.



Gambar 3.2: O – ring.

3.2.2 Bahan penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan-bahan berderajat pro-analisis (pa), yaitu padatan KH_2PO_4 (*Merck*), padatan NaCl (*Merck*), padatan PVC (*Sigma*), Aliquat 336-Cl (*Sigma*), THF (*Merck*), padatan CaCl_2 (*Merck*), padatan Na_2SiO_3 (*Merck*), padatan $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (*Merck*), padatan $(\text{NH}_4)_{16}\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (*Merck*), padatan $\text{SnCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (*SAP*), gliserol (*Smartlab*), H_2SO_4 98% v/v (*Merck*), HCl 37% c/v (*Merck*), NaOH (*Merck*) dan akuades.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan alat dan bahan
2. Pembuatan PIM
3. Pembuatan larutan
 - a. Preparasi sampel fosfat (KH_2PO_4)
 - b. Preparasi larutan NaCl 0,1 M
 - c. Preparasi larutan campuran fosfat 10 mg/L dan kalsium 0; $1,13 \times 10^{-4}$; $2,26 \times 10^{-4}$ dan $4,52 \times 10^{-4}$ mg/L
 - d. Preparasi larutan campuran fosfat 10 mg/L dan silikat 0; 5; 10; 15; 20 dan 25 mg/L
4. Transpor ion fosfat melalui PIM dengan adanya ion kalsium pada fasa umpan
5. Transpor ion fosfat melalui PIM dengan adanya ion silikat pada fasa umpan
6. Analisis ion fosfat dan ion silikat secara spektrofotometri sinar tampak



3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pembuatan PIM

Komposisi PIM dalam penelitian ini adalah 0,18 g PVC yang dilarutkan terlebih dahulu ke dalam 10 mL pelarut THF, 0,1 mL ekstraktan (*carrier*) Aliquat 336-Cl, dan 0,03 g *plasticizer* 1,10-dekanadiol. Seluruh bahan dicampurkan dan diaduk dalam gelas kimia. Campuran kemudian dituang ke dalam cawan petri dengan diameter 6 cm dan ditutup dengan kertas saring selama kurang lebih 24 jam untuk menguapkan pelarut THF. Setelah 24 jam dihasilkan membran yang tipis, transparan, fleksibel, dan permukaannya tidak berminyak.

3.4.2 Pembuatan larutan

3.4.2.1 Preparasi sampel fosfat 1000 mg/L

Larutan induk fosfat dibuat dengan melarutkan KH_2PO_4 sebanyak 0,35 g dengan akuades dalam gelas kimia. Larutan kemudian dipindahkan ke dalam labu takar 250 mL dan ditambahkan akuades hingga tanda batas. Larutan standar fosfat dengan konsentrasi lebih rendah dibuat dengan cara mengencerkan larutan induk ke dalam volume yang sesuai.

3.4.2.2 Preparasi larutan NaCl 0,1 M

Larutan NaCl 0,1 M dibuat dengan melarutkan padatan NaCl sebanyak 1,46 g dengan akuades dalam gelas kimia. Larutan kemudian dipindahkan ke dalam labu takar 250 mL dan ditambahkan akuades hingga tanda batas.

3.4.2.3 Preparasi larutan campuran fosfat dan kalsium

Larutan campuran fosfat dan kalsium dibuat dengan mencampurkan 50 mL larutan KH_2PO_4 10 mg/L dengan 50 mL larutan CaCl_2 0; $1,13 \times 10^{-4}$; $2,26 \times 10^{-4}$; atau $4,52 \times 10^{-4}$ mg/L. Kemudian diatur pH larutan menjadi pH 6 dengan menambahkan HCl atau NaOH.

3.4.2.4 Preparasi larutan campuran fosfat dan silikat

Larutan campuran fosfat dan silikat dibuat dengan prosedur yang sama pada percobaan 3.4.2.3. Larutan dibuat dengan mencampurkan 50 mL larutan KH_2PO_4 10 mg/L dengan 50 mL

larutan Na_2SiO_3 0; 5; 10; 15; 20 atau 25 mg/L dan diatur agar larutan memiliki pH 6.

3.4.3 Pengaruh ion kalsium terhadap transpor ion fosfat melalui PIM

Membran dipotong membentuk lingkaran dengan ukuran diameter 3 cm. Kedua permukaan membran dilapisi dengan kain saring kemudian dimasukkan ke dalam *o-ring*, diletakkan diantara dua kompartemen sel difusi lalu disatukan. Kompartemen A (fasa umpan) diisi dengan larutan campuran fosfat 10 mg/L dan CaCl_2 0; $1,13 \times 10^{-4}$; $2,26 \times 10^{-4}$ atau $4,52 \times 10^{-4}$ mg/L dan kompartemen B (fasa penerima) diisi dengan larutan NaCl dengan konsentrasi 0,1 M. Proses difusi dilakukan dengan cara mengaduk kedua kompartemen menggunakan motor selama 3 jam dengan kecepatan 180 rpm. Larutan pada kedua kompartemen diambil sebanyak 1 mL setiap 30 menit untuk dianalisis kadar ion fosfat secara spektrofotometri. Setelah konsentrasi ion fosfat diketahui, konstanta permeabilitas membran dan efisiensi transpor ion fosfat dapat dihitung.

3.4.4 Pengaruh ion silikat terhadap transpor ion fosfat melalui PIM

Pengaruh ion silikat terhadap transpor ion fosfat melalui PIM dilakukan dengan prosedur yang sama pada prosedur percobaan 3.4.3. Namun, pada kompartemen A (fasa umpan) diisi dengan campuran larutan fosfat 10 mg/L dan Na_2SiO_3 0; 5; 10; 15; 20 atau 25 mg/L sedangkan pada kompartemen B (fasa penerima) diisi dengan NaCl 0,1 M. Proses difusi dilakukan dengan cara mengaduk kedua kompartemen menggunakan motor selama 3 jam dengan kecepatan 180 rpm. Larutan pada kedua kompartemen diambil sebanyak 1 mL setiap 30 menit untuk dianalisis kadar ion fosfatnya secara spektrofotometri. Setelah konsentrasi ion fosfat diketahui, konstanta permeabilitas membran dan efisiensi transpor ion fosfat dapat dihitung. Analisis kadar ion silikat pada kedua kompartemen juga dilakukan dengan metode spektrofotometri karena dimungkinkan silikat dapat terdifusi ke dalam fasa penerima.



3.4.5 Analisis secara spektrofotometri

3.4.5.1 Penentuan ion fosfat secara spektrofotometri sinar tampak

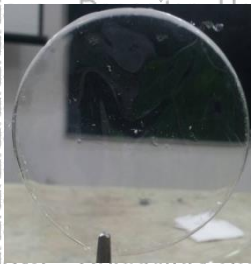
Larutan sampel sebanyak 1 mL diencerkan hingga 10 mL. Selanjutnya, larutan diambil sebanyak 4 mL dan ditambah dengan 0,16 mL reagen amonium molibdat (Lampiran B.4) dan 20 μ L reagen SnCl₂ (Lampiran B.5) kemudian didiamkan selama \pm 10 menit agar terbentuk senyawa fosfomolibdat yang optimum. Absorbansi larutan diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 690 nm.

3.4.5.2 Penentuan ion silikat secara spektrofotometri sinar tampak

Larutan sampel sebanyak 1 mL diencerkan hingga 5 mL. Selanjutnya, larutan diambil sebanyak 4 mL dan ditambah dengan 0,08 mL HCl 1:1 (Lampiran B.7) dan 0,16 mL reagen ammonium molibdat (Lampiran B.6) kemudian diaduk dan didiamkan selama 5 – 10 menit. Setelah itu ditambah 0,16 mL larutan asam oksalat (Lampiran B.8) dan didiamkan selama 2 menit. Absorbansi larutan kemudian diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 410 nm.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini PIM dibuat dengan cara mencampurkan beberapa bahan yaitu polimer dasar, ekstraktan (*carrier*) dan *plasticizer*. Polimer dasar yang digunakan adalah PVC, Aliquat – 336 berbasis klorida merupakan ekstraktan (*carrier*) dan 1,10-dekanadiol bertindak sebagai *plasticizer*. Komposisi membran yang digunakan adalah 60% b/b PVC, 30% b/b Aliquat 336-Cl dan 10% b/b 1,10 – dekanadiol dari berat total membran 300 mg. Komposisi bahan ini sangat mempengaruhi morfologi, stabilitas dan permeabilitas membran yang terbentuk. PIM yang dihasilkan dalam penelitian ini berbentuk bulat, tipis, transparan dan permukaan tidak berminyak dengan diameter 6 cm.

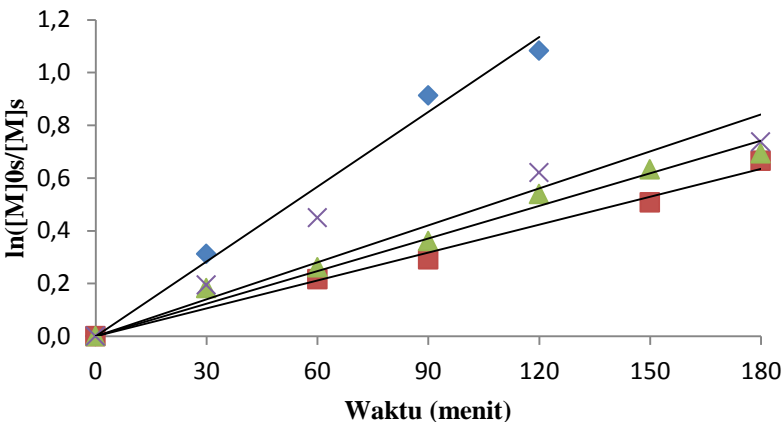


Gambar 4.1. PIM dengan komposisi PVC-Aliquat 336-1,10 – Dekanadiol (60% : 30% : 10% b/b) yang digunakan dalam penelitian.

4.1 Pengaruh Ion Kalsium terhadap Transpor Ion Fosfat

Proses transpor dilakukan menggunakan larutan campuran fosfat dan kalsium sebagai fasa umpan sedangkan fasa penerima adalah larutan NaCl 0,1 M. Variasi konsentrasi larutan kalsium yang digunakan adalah 0; $1,13 \times 10^{-4}$; $2,26 \times 10^{-4}$ dan $4,52 \times 10^{-4}$ mg/L dengan konsentrasi larutan fosfat 10 mg/L. Setiap 30 menit sekali diambil larutan dari fasa umpan dan fasa penerima kemudian dilakukan pengukuran secara spektrofotometri untuk mengetahui konsentrasi ion fosfat. Efisiensi transpor ion fosfat

dengan adanya ion kalsium ditunjukkan dari nilai koefisien permeabilitas yang dapat dihitung dari nilai kemiringan garis lurus pada kurva hubungan $\ln([M]_0^s/[M]_s)$ terhadap waktu transpor (t) sesuai persamaan 2.4 (Gambar 4.2).

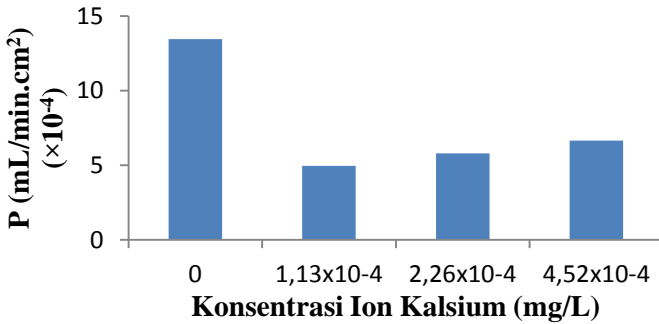


Gambar 4.2: Kurva hubungan waktu (menit) dengan $\ln([M]_0^s/[M]_s)$ pada pengaruh ion kalsium. Konsentrasi ion kalsium: \blacklozenge 0 mg/L; \blacksquare $1,13 \times 10^{-4}$ mg/L; \blacktriangle $2,26 \times 10^{-4}$ mg/L dan \times $4,52 \times 10^{-4}$ mg/L.

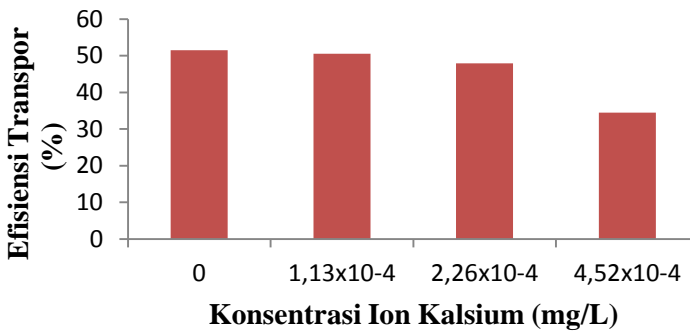
Berdasarkan nilai *slope* yang telah diperoleh maka dapat diketahui nilai permeabilitas membran dan efisiensi transpor ion fosfat untuk masing – masing pengaruh konsentrasi ion kalsium dalam Tabel 4.1 , Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 berikut ini.

Tabel 4.1: Pengaruh ion kalsium dan konsentrasinya terhadap konstanta permeabilitas membran dan efisiensi transpor ion fosfat.

Konsentrasi Ion Kalsium (mg/L)	Slope (min ⁻¹)	A (cm ²)	V (mL)	P (mL/min.cm ²) (×10 ⁻⁴)	Efisiensi transpor (ET) (%)
0	0,0095	7,065	1	13,45	51,47
1,13×10 ⁻⁴	0,0035	7,065	1	4,95	50,49
2,26×10 ⁻⁴	0,0041	7,065	1	5,80	47,92
4,52×10 ⁻⁴	0,0047	7,065	1	6,65	34,46



Gambar 4.3: Kurva hubungan konsentrasi ion kalsium (mg/L) dengan permeabilitas (mL/min.cm²) (×10⁻⁴).



Gambar 4.4: Kurva hubungan konsentrasi ion kalsium (mg/L) dengan efisiensi transpor (%).



Pada percobaan ini larutan pada fasa umpan merupakan larutan campuran fosfat dan kalsium dengan pH 6. Spesies ion fosfat yang dominan pada pH 6 adalah HPO_4^{2-} dan H_2PO_4^- sehingga apabila terdapat ion kalsium maka akan terbentuk senyawa $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)^+$ maupun $\text{Ca}(\text{HPO}_4)$. Kedua senyawa ini dapat membentuk kompleks dengan ekstraktan (*carrier*). Ion fosfat dalam kedua senyawa tersebut memiliki elektron yang akan menetralkan muatan positif pada ekstraktan (*carrier*) saat ion klorida dalam ekstraktan (*carrier*) terlepas ke antarmuka fasa membran – fasa penerima. Ekstraktan (*carrier*) akan melepas senyawa kalsium fosfat ke antarmuka fasa membran – fasa penerima karena adanya ion klorida pada fasa penerima. Proses transpor fosfat yang terjadi dengan adanya ion kalsium merupakan *coupled transport*. Ion kalsium bertindak sebagai *ion couple* bagi transpor fosfat.

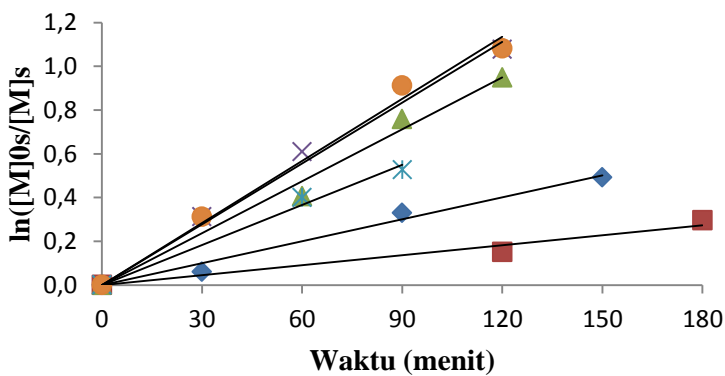
Keberadaan ion kalsium dapat mempengaruhi nilai permeabilitas. Pada transpor fosfat tanpa adanya ion kalsium dihasilkan nilai permeabilitas yang lebih baik yaitu sebesar 13,45. Adanya ion kalsium justru menyebabkan nilai permeabilitas menurun padahal ion kalsium merupakan *co-ion* bagi transpor fosfat. Hal tersebut kemungkinan terjadi karena afinitas ekstraktan (*carrier*) lebih besar terhadap ion fosfat tunggal daripada terhadap ion kalsium fosfat. Konsentrasi ion kalsium juga mempengaruhi nilai permeabilitas, semakin tinggi konsentrasi ion kalsium maka semakin besar nilai permeabilitas yang dihasilkan (Tabel 4.1). Semakin tinggi konsentrasi ion kalsium maka semakin besar gaya dorong untuk transpor fosfat karena adanya gradien konsentrasi ion kalsium fosfat pada fasa umpan dan fasa penerima.

4.2 Pengaruh Ion Silikat terhadap Transpor Ion Fosfat

Percobaan mengenai pengaruh ion silikat terhadap transpor ion fosfat dilakukan dengan cara yang sama seperti sebelumnya. Pada fasa umpan larutan yang digunakan adalah campuran larutan fosfat 10 mg/L dengan larutan silikat berbagai konsentrasi yaitu 0; 5; 10; 15; 20 dan 25 mg/L, sedangkan fasa penerima yang digunakan tetap. Senyawa fosfat dapat dianalisis secara spektrofotometri menggunakan senyawa molibdat. Senyawa molibdat akan bereaksi positif baik terhadap ion fosfat maupun ion silikat. Maka dari itu perlu dilakukan penambahan asam oksalat. Pada saat penambahan

asam oksalat, senyawa fosfomolibdat akan mengalami reaksi pertukaran ligan dengan oksalat sehingga dihasilkan senyawa fosfat dan senyawa molibdo – oksalat. Senyawa molibdosilikat tetap berada dalam larutan karena silikomolibdat merupakan spesi yang bersifat inert sehingga tidak mengalami reaksi pertukaran ligan dengan oksalat. Namun pada penelitian ini adanya ion silikat tidak membuat absorbansi menjadi lebih besar (dapat dilihat dalam Lampiran C.5). Hal tersebut dapat terjadi karena beberapa hal. Menurut Sheng Li, dkk [28], pengukuran senyawa fosfat maupun silikat menggunakan metode spektrofotometri dengan reagen ammonium molibdat dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu penggunaan panjang gelombang pengukuran, tingkat keasaman ketika bereaksi dengan ammonium molibdat (karena reagen ini bekerja dalam suasana asam), temperatur saat reaksi, volume larutan sampel dan tingkat keasaman dari asam oksalat.

Disamping itu, ion silikat dapat memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap transpor ion fosfat. Ion silikat dapat tertransportasi melalui PIM dengan ekstrakтан (*carrier*) aliquat 336-Cl karena ion silikat juga dapat terikat dalam ekstrakтан (*carrier*) melalui mekanisme pertukaran ion yang sama seperti ion fosfat.



Gambar 4.5: Kurva hubungan waktu (menit) dengan $\ln([M]_0/[M]_s)$ pada pengaruh ion silikat. Konsentrasi ion silikat: ● 0 mg/L; ◆ 5 mg/L; ■ 10 mg/L; ▲ 15 mg/L; × 20 mg/L dan * 25 mg/L.



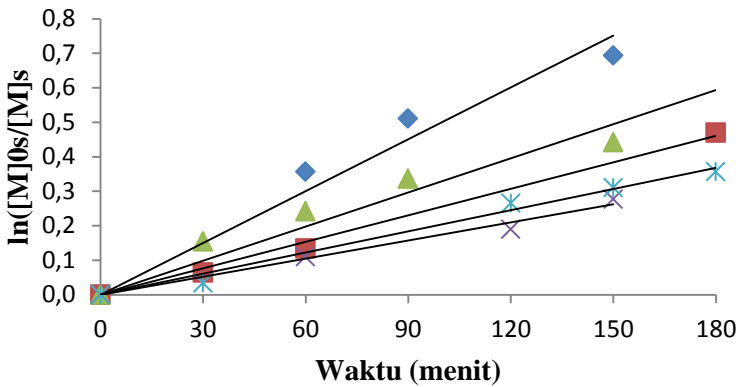
Berdasarkan nilai *slope* dari persamaan garis lurus pada Gambar 4.5 maka dapat diketahui nilai permeabilitas membran terhadap ion fosfat untuk masing – masing konsentrasi ion silikat seperti yang tertera dalam Tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2: Pengaruh ion silikat dan konsentrasinya terhadap konstanta permeabilitas membran terhadap ion fosfat.

Konsentrasi Ion Silikat (mg/L)	<i>Slope</i> (min ⁻¹)	A (cm ²)	V (mL)	P (mL/min.cm ²) (×10 ⁴)
0	0,0095	7,065	1	13,45
5	0,0033	7,065	1	4,67
10	0,0015	7,065	1	2,12
15	0,0079	7,065	1	11,18
20	0,0093	7,065	1	13,16
25	0,0061	7,065	1	8,63

Pada Tabel 4.2 diatas terlihat adanya penurunan nilai konstanta permeabilitas membran dengan adanya ion silikat. Penurunan yang signifikan terjadi pada konsentrasi ion silikat 0 mg/L hingga 10 mg/L. Hal tersebut terjadi karena adanya persaingan antara ion fosfat dan ion silikat saat akan melewati membran. Pada pH 6 spesi fosfat yang dominan menurut Lower [29] adalah HPO₄²⁻ dan H₂PO₄⁻, sedangkan menurut Perrin [30] spesi silikat yang dominan pada pH tersebut adalah H₄SiO₄. Mobilitas ion dalam fasa membran (fasa organik) merupakan gaya dorong agar terjadi transpor melalui PIM. Apabila suatu ion memiliki energi hidrasi yang tinggi maka semakin banyak jumlah molekul air yang terikat sehingga ion tersebut semakin bersifat hidrofil. Mobilitas ion yang bersifat hidrofil dalam membran yang bersifat hidrofobik lebih sulit dibandingkan ion yang tidak terhidrasi. Menurut Tossel dan Sahai [31], ion H₂PO₄⁻ memiliki energi hidrasi yang lebih besar dibandingkan ion H₄SiO₄. Maka dari itu ion H₂PO₄⁻ bersifat lebih hidrofil daripada ion H₄SiO₄. Oleh karena itu membran bersifat lebih selektif terhadap silikat ketika adanya pengaruh ion silikat 5, 10 dan 15 m/L (Gambar 4.6).

Sementara nilai permeabilitas membran terhadap ion silikat pada berbagai konsentrasi ion silikat dapat dilihat melalui Gambar 4.6 dan Tabel 4.3 berikut ini:



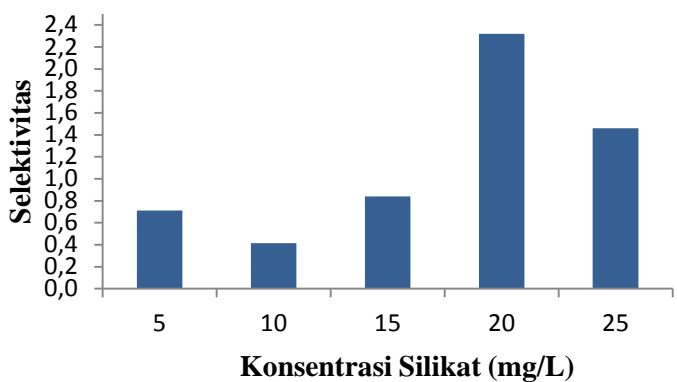
Gambar 4.6. Kurva hubungan waktu (menit) dengan $\ln\left(\frac{[M]_0}{[M]_s}\right)$ pada berbagai konsentrasi ion silikat. Konsentrasi ion silikat: ◆ 5 mg/L; ■ 10 mg/L; ▲ 15 mg/L; × 20 mg/L dan * 25 mg/L.

Tabel 4.3: Konstanta permeabilitas membran terhadap ion silikat.

Konsentrasi Ion Silikat (mg/L)	Slope (min^{-1})	A (cm^2)	V (mL)	P ($\text{mL}/\text{min} \cdot \text{cm}^2$) ($\times 10^{-4}$)
5	0,0050	7,065	1	7,08
10	0,0026	7,065	1	3,68
15	0,0033	7,065	1	4,67
20	0,0017	7,065	1	2,41
25	0,0020	7,065	1	2,83



Pada Tabel 4.3 diatas dapat dilihat bahwa nilai konstanta permeabilitas mengalami penurunan dengan bertambahnya konsentrasi ion silikat kecuali pada konsentrasi 15 dan 25 mg/L. Berdasarkan nilai konstanta permeabilitas ion fosfat dan ion silikat yang telah diperoleh maka dapat ditentukan selektivitas PIM terhadap keduanya seperti pada Gambar 4.7 berikut:



Gambar 4.7: Kurva hubungan konsentrasi ion silikat (mg/L) dengan selektivitas.

Berdasarkan Gambar 4.7 diatas dapat dilihat bahwa pada konsentrasi 5 mg/L hingga 15 mg/L selektivitas membran terhadap ion silikat lebih besar daripada ion fosfat karena nilai selektivitas kurang dari 1, sedangkan pada konsentrasi 20 mg/L dan 25 mg/L selektivitas membran terhadap ion fosfat lebih besar karena nilai selektivitas lebih dari 1. Menurut Nghiem, dkk [7] nilai selektivitas yang tinggi dalam PIM kemungkinan dapat terjadi karena pengaruh perbedaan kinetika kompleksasi. Semakin cepat suatu senyawa dalam fasa umpan membentuk kompleks dengan senyawa ekstraktan (*carrier*) maka semakin tinggi nilai selektivitasnya. Pada konsentrasi 5 mg/L hingga 15 mg/L ion silikat lebih cepat membentuk kompleks dengan ekstraktan (*carrier*) sehingga nilai selektivitasnya lebih besar, sedangkan pada konsentrasi 20 mg/L dan 25 mg/L ion fosfat lebih cepat membentuk kompleks dengan ekstraktan (*carrier*) sehingga selektivitas membran terhadap fosfat lebih besar.



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Keberadaan ion kalsium dapat mempengaruhi nilai konstanta permeabilitas membran terhadap ion fosfat. Tanpa adanya ion kalsium diperoleh konstanta permeabilitas sebesar $13,45 \times 10^{-4}$ mL/min.cm². Sedangkan dengan adanya ion kalsium, semakin tinggi konsentrasi ion kalsium maka konstanta permeabilitas membran terhadap ion fosfat semakin naik. Konstanta permeabilitas PIM terhadap ion fosfat diperoleh sebesar $6,65 \times 10^{-4}$ mL/min.cm² pada konsentrasi ion kalsium $4,52 \times 10^{-4}$ mg/L.
2. Keberadaan ion silikat dapat mempengaruhi selektivitas membran PIM lebih selektif terhadap ion silikat pada konsentrasi ion silikat 5 sampai dengan 15 mg/L. Pada konsentrasi ion silikat lebih besar, PIM lebih selektif terhadap ion fosfat. Selektivitas membran berkisar 2,3 pada konsentrasi ion silikat 20 mg/L.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai adanya interferensi lain selain ion kalsium dan ion silikat terhadap transpor ion fosfat melalui PIM.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zaruba, S., Vishnikin A. B. dan Andruch V., 2015, **Application of Solidification of Floating Organic Drop Microextraction for Inorganic Anions : Determination of Phosphate in Water Samples**, *Microchemical Journal*, 122, 10–15.
- [2] Effendi, H., 2003, **Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan**, Kanisius, Yogyakarta.
- [3] Rumhayati, B., Bisri C., dan Fajarina, W.O., 2009, **The Performance of Chitosan – Ferrihidryte Membrane for Phosphate Uptake**, *Indo. J. Chem*, 9 (3), 404 – 409.
- [4] Rumhayati, B., 2010, **Studi Senyawa Fosfat dalam Sedimen dan Air menggunakan Teknik Diffusive Gradient in Thin Films (DGT)**, *Jurnal Ilmu Dasar*, Vol. 11 No.2, 160 – 166.
- [5] Pereira, F. P., Cabaleiro, N., Calle I. D. L., Costas, M., Gil, S., Lavilla I. Dan Bendicho, C., 2011, **Directly Suspended Droplet Microextraction in Combination with Microvolume UV – Vis Spectrophotometry for Determination of Phosphate**, *Talanta*, 85, 1100 – 1104.
- [6] Rumhayati, B., 2007, **In Situ Measurement of Phosphorus Species in Overlying and Sediment Pore Waters Using The La(OH)₃ Diffusive Gradient in Thin Films (DGT)**, *Tesis*, Faculty of Science, Monash University, Clayton.
- [7] Nghiem L. D., Mornane P., Potter I. D., Perera J. M., Cattrall R. W. dan Kolev S.D., 2006, **Extraction and Transport of Metal Ions and Small Organic Compounds Using Polymer Inclusion Membranes (PIMs)**, *Journal of Membrane Science*, 281, 7 – 41.





- [8] Nagul, E. A., Fontás C., McKelvie I. D., Cattrall R. W. dan Kolev S. D., 2013, **The Use of A Polymer Inclusion Membrane for Separation and Preconcentration of Orthophosphate in Flow Analysis**, *Analytica Chimica Acta*, 803, 82–90.
- [9] Vázquez M. I., Romero V., Fontás C., Anticó E., dan Benavente J., 2014, **Polymer Inclusion Membranes (PIMs) with The Ionic Liquid (IL) Aliquat 336 as Extractant: Effect of Base Polymer and IL Concentration on Their Physical – Chemical and Elastic Characteristics**, *Journal of Membrane Science*, 455, 312 – 319.
- [10] García – Rodríguez A., Matamoros, V., Kolev S. D., dan Fontás C., 2015, **Development of a Polymer Inclusion Membrane (PIM) for The Preconcentration of Antibiotics in Environmental Water Samples**, *Journal of Membrane Science*, 492, 32 – 39.
- [11] Cho, Y., Xu C., Cattrall R. W. dan Kolev S. D., 2011, **A Polymer Inclusion Membrane for Extracting Thiocyanate from Weakly Alkaline Solutions**, *Journal of Membrane Science*, 367, 85 – 90.
- [12] Adelung S., Lohrengel B. dan Nghiem L. D., 2012, **Selective Transport of Cadmium by PVC/Aliquat 336 Polymer Inclusion Membrane (PIMs): The Role of Membrane Composition and Solution Chemistry**, *Membrane Water Treatment*, 3 (2), 123 – 131.
- [13] Almeida M. I. G. S., Cattrall R. W., dan Kolev S. D., 2012, **Recent Trends in Extraction and Transport of Metal Ions Using Polymer Inclusion Membranes (PIMs)**, *Journal of Membrane Science*, 415 – 416, 9 – 23.



- [14] Senhadji, O. K., Mansouri I., Tingry S., Seta, P. dan Benamor M., 2008, **Facilitated Cd (II) Transport Across CTA Polymer Inclusion membrane Using Anion (Aliquat 336) and Cation (D2EHPA) Metal Carriers**, *Journal of Membrane Science*, 310, 438 – 445.
- [15] Rodríguez de San Miguel E., Aguilar J. C., Gyves J. 2008, **Structural Effects on Metal Ion Migration Across Polymer Inclusion Membranes: Dependence of Transport Profiles on Nature of Active Plasticizer**, *Journal of Membrane Science*, 307, 105 – 116.
- [16] Nakamura, Naotake dan Taketoshi Sato, 1999, **1,10-Decanediol**, *Acta Crystallographica Section C Journals*, C55, 1685-1687.
- [17] Bringas, E., San Roman, M. F., Irabien, J. A., dan Ortiz, I., 2009, **An Overview of The Mathematical Modeling of Liquid Membrane Separation Processes in Hollow Fiber Contractors**, *Journal of Chemistry Technology and Biotechnology*, 84, 1583-1614.
- [18] Güell R., Anticó E., Kolev S.D., Benavente J., Salvadó V. dan Fontàs C., 2011, **Development and Characterization of Polymer Inclusion Membranes for The Separation and Speciation of Inorganic As Species**, *Journal of Membrane Science*, 383, 88 – 95.
- [19] Svehla, G., 1990, **Vogel Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro**, Bagian II, Edisi Kelima, (diterjemahkan oleh L. Setiono dan A. Hadyana Pudjaatmaka), Kalman Media Pustaka, Jakarta.
- [20] Farndon, J., 2000, **Calcium**, Marshall Cavendish Corporation, New York.
- [21] Kosslick H. dan Fricke R., 2007, **Chemical Analysis of Aluminosilicates, Aluminophosphates and Related Molecular Sieves**, Springer - Verlag Berlin Heidelberg, Jerman.



- [22] Samin dan Susanna T. S., 2006, **Pemutakhiran Metode Spektrofotometri UV – Vis untuk Uji Silikat dalam ATR**, *Prosiding PPI – PDIPTN*, Yogyakarta.
- [23] APHA, 2005, **Standard Method For The Examination of Water and Wastewater 21th Edition**, *American Public Health*, Washington.
- [24] Lestari, F., 2009, **Bahaya Kimia ; Sampling & Pengukuran Kontaminan Kimia di Udara**, **Penerbit Buku Kedokteran EGC**, Jakarta.
- [25] Atkins, P. W., Overton T. L., Rourke J. P., Weller M. T., dan Armstrong F. A., 2010, **Shriver and Atkin's Inorganic Chemistry Fifth Edition**, Oxford University Press, Inggris.
- [26] Sitorus, M., 2009, **Spektroskopi : Elusidasi Struktur Molekul Organik**, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [27] Rouessac F. dan Rouessac A., 2007, **Chemical Analysis : Modern Instrumentation and Methods and Techniques Second Edition**, (diterjemahkan oleh: Rouessac F., Rouessac A., dan Brooks S.), John Wiley & Sons Ltd., Inggris.
- [28] Sheng Li, Y., Muo Y. dan Xie H., 2001, **Simultaneous Determination of Silicate and Phosphate in Boiler Water at Power Plants Based on Series Flow Cells by Using Flow Injection Spectrophotometry**, *Analytica Chimica Acta*, 455, 315 – 325.
- [29] Lower, Stephen K., 1996, **Acid-base Equilibria and Calculations**, A Chem 1 Reference Text, Simon Fraser University, Canada.
- [30] Perrin, D. D., 1982, **Ionization Constants of Ionorganic Acids and Bases in Aqueous Solution Second Edition**, Pergamon, Oxford.



[31] Tossell J. A. dan Sahai N., 2000, **Calculating the Acidity of Silanols and Related Oxyacids in Aqueous**, *Geochemical et Cosmochimica Acta*, Vol.64, No.24, 4097 – 4113.

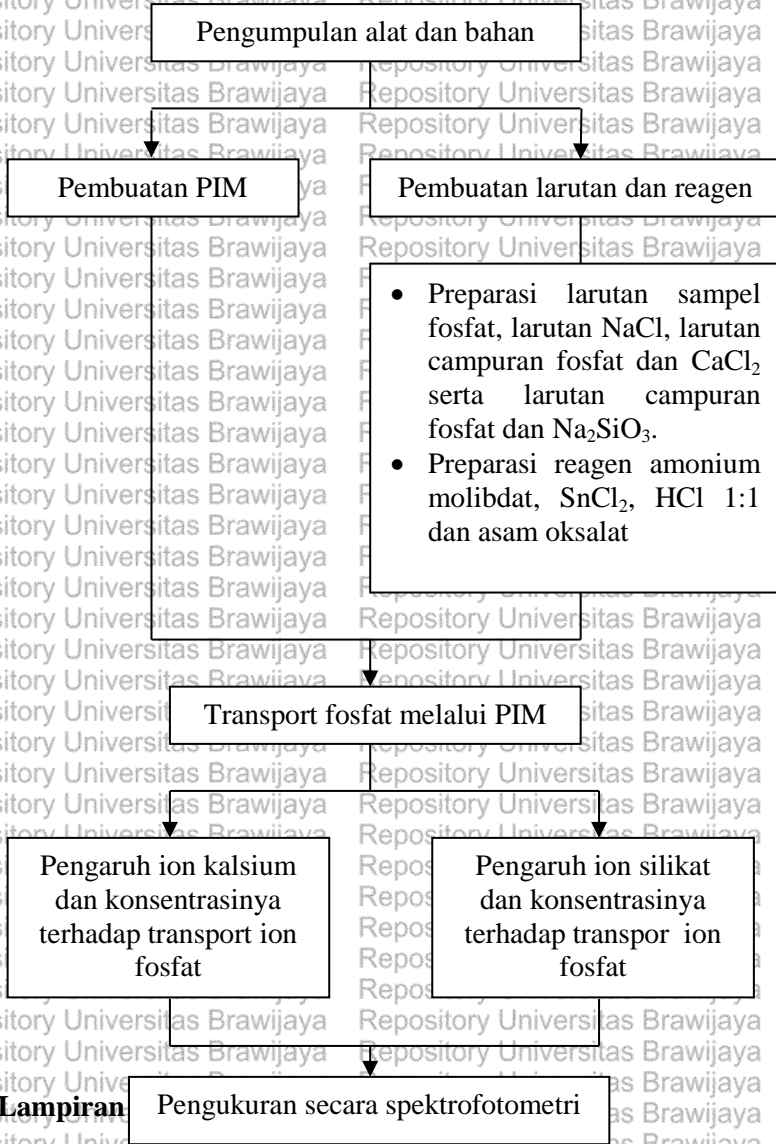


LAMPIRAN

Lampiran A

TAHAPAN KERJA

A.1 Diagram Alir Penelitian



Lampiran



PERHITUNGAN PEMBUATAN LARUTAN DAN REAGEN

B.1 Larutan Fosfat

B.1.1 Larutan induk fosfat 1000 mg/L

Larutan fosfat 1000 mg/L berarti dalam 1000 mL akuades ada 1000 mg fosfat. Maka, padatan KH_2PO_4 yang perlu ditimbang sebanyak:

$$\text{massa } KH_2PO_4 = \frac{Mr KH_2PO_4}{Mr H_2PO_4} \times \text{massa } H_2PO_4$$

$$\text{massa } KH_2PO_4 = \frac{136}{97} \times 1000 \text{ mg}$$

$$\text{massa } KH_2PO_4 = 1402,1 \text{ mg} = 1,4021 \approx 1,40 \text{ g}$$

$$\text{massa } KH_2PO_4 \text{ dalam } 250 \text{ mL} = \frac{250 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}} \times 1,40 \text{ g} = 0,35 \text{ g}$$

B.1.2 Larutan standar fosfat berbagai konsentrasi

Pembuatan larutan fosfat 10 mg/L dari larutan fosfat 1000 mg/L:

$$\text{Larutan fosfat } 1000 \text{ mg/L yang dibutuhkan} = \frac{10 \text{ mg/L} \times 25 \text{ mL}}{1000 \text{ mg/L}}$$

$$= 0,25 \text{ mL}$$

Kemudian dari larutan fosfat 10 mg/L, dibuat larutan standar fosfat 0,1; 0,4; 0,7; 1; 1,3 dan 1,6 mg/L dengan perhitungan seperti di atas.

Tabel B.1: Pembuatan larutan standar fosfat berbagai konsentrasi.

Konsentrasi fosfat awal (mg/L)	Volume awal (mL)	Konsentrasi fosfat akhir (mg/L)	Volume akhir (mL)
10	4	1,6	25
10	3,25	1,3	25
10	2,5	1	25
10	1,75	0,7	25
10	1	0,4	25
10	0,25	0,1	25

B.2 Larutan Kalsium



B.2.1 Larutan induk kalsium

Larutan induk kalsium 10 mg/L berarti dalam 1000 mL akuades ada 10 mg kalsium. Maka, padatan CaCl₂ yang perlu ditimbang sebanyak:

$$\text{massa CaCl}_2 = \frac{\text{Mr CaCl}_2}{\text{Mr Ca}^{2+}} \times \text{Massa Ca}^{2+}$$

$$\text{massa CaCl}_2 = \frac{111}{40} \times 10 \text{ mg}$$

$$\text{massa CaCl}_2 = 27,75 \text{ mg} = 0,02775 \text{ g}$$

$$\text{massa CaCl}_2 \text{ dalam } 250 \text{ mL} = \frac{250 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}} \times 0,02775 \text{ g} = 0,0069 \text{ g} \approx 0,007 \text{ g}$$

B.2.2 Larutan kalsium berbagai konsentrasi

Pembuatan larutan kalsium 0,1 mg/L dari larutan kalsium 10 mg/L:

Larutan kalsium 0,1 mg/L yang dibutuhkan:

$$= \frac{0,1 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{10 \text{ mg/L}}$$

$$= 0,5 \text{ mL}$$

Pembuatan larutan kalsium 1,13 × 10⁻⁴ mg/L dari larutan kalsium 0,1 mg/L

Larutan kalsium 0,1 mg/L yang dibutuhkan:

$$= \frac{1,13 \times 10^{-4} \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}}{0,1 \text{ mg/L}}$$

$$= 0,113 \text{ mL} \approx 0,11 \text{ mL}$$

Larutan kalsium 2,26 × 10⁻⁴ dan 4,52 × 10⁻⁴ mg/L dibuat dengan perhitungan seperti di atas.

Tabel B.2: Pembuatan larutan kalsium berbagai konsentrasi.

Konsentrasi kalsium awal (mg/L)	Volume awal (mL)	Konsentrasi kalsium akhir (mg/L)	Volume akhir (mL)
0,1	0,11	1,13 × 10 ⁻⁴	100
0,1	0,23	2,26 × 10 ⁻⁴	100
0,1	0,45	4,52 × 10 ⁻⁴	100

B.3 Larutan Silikat



B.3.1 Larutan induk silikat

Larutan induk silikat 100 mg/L berarti dalam 1000 mL akuades ada 100 mg silikat. Maka, padatan Na_2SiO_3 yang perlu ditimbang sebanyak:

$$\text{massa Na}_2\text{SiO}_3 = \frac{\text{Mr Na}_2\text{SiO}_3}{\text{Mr SiO}_3^2} \times \text{massa SiO}_3^2$$

$$\text{massa Na}_2\text{SiO}_3 = \frac{122,06}{76,0837} \times 100 \text{ mg}$$

$$\text{massa Na}_2\text{SiO}_3 = 160,5 \text{ mg} = 0,1605 \text{ g}$$

$$\text{massa Na}_2\text{SiO}_3 \text{ dalam } 250 \text{ mL} = \frac{250 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}} \times 0,1605 \text{ g} = 0,0401 \text{ g}$$

B.3.2 Larutan standar silikat berbagai konsentrasi

Pembuatan larutan silikat 25 mg/L dari larutan silikat 100 mg/L:

$$\text{Larutan silikat } 100 \text{ mg/L yang dibutuhkan} = \frac{25 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{100 \text{ mg/L}} = 12,5 \text{ mL}$$

Larutan silikat 20, 15, 10, dan 5 mg/L dibuat dengan perhitungan seperti di atas.

Tabel B.3: Pembuatan larutan silikat berbagai konsentrasi.

Konsentrasi silikat awal (mg/L)	Volume awal (mL)	Konsentrasi silikat akhir (mg/L)	Volume akhir (mL)
100	12,5	25	50
100	10	20	50
100	7,5	15	50
100	5	10	50
100	2,5	5	50

B.4 Reagen Amonium Molibdat



Sebanyak 2,5 g padatan amonium molibdat dilarutkan dalam 17,5 mL akuades. Larutan ini disebut sebagai larutan A. Larutan H_2SO_4 pekat diambil sebanyak 28 mL dan ditambahkan dengan 40 mL akuades, kemudian didiamkan hingga mencapai suhu ruang. Larutan ini disebut sebagai larutan B. Larutan A dituang ke dalam larutan B, kemudian diencerkan dengan akuades hingga 100 mL.

B.5 Reagen $SnCl_2$ dalam Gliserol

Padatan $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ sebanyak 0,25 g dimasukkan ke dalam gelas kimia dan dilarutkan dalam 10 mL gliserol. Larutan dipanaskan dalam penangas air dan aduk dengan batang pengaduk untuk mempercepat pelarutan.

B.6 Reagen Ammonium Molibdat untuk Uji Silikat

Sebanyak 10 g padatan amonium molibdat dilarutkan dalam 100 mL akuades dengan sedikit pengadukan. Larutan diatur agar memiliki pH 7-8 dengan menambahkan NaOH.

B.7 Larutan HCl 1:1

Larutan HCl 37% dituangkan kedalam gelas kimia yang berisi akuades dengan perbandingan volume yang sama.

B.8 Larutan Asam Oksalat

Padatan $H_2C_2O_4$ sebanyak 7,5 g dilarutkan dalam 100 mL akuades.

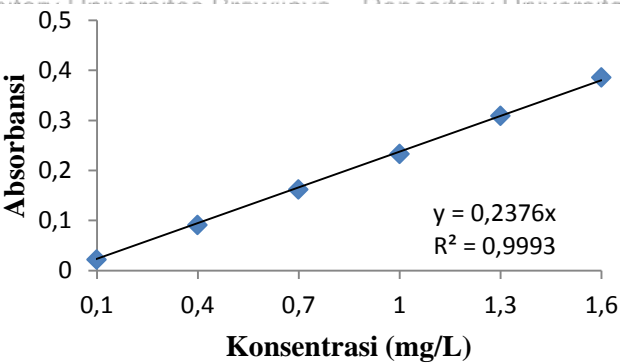


Lampiran C
DATA HASIL PENELITIAN
C.1 Kurva Baku Fosfat

Sederet larutan fosfat dengan konsentrasi 0,1; 0,4; 0,7; 1; 1,3 dan 1,6 mg/L diukur konsentrasinya dengan menggunakan spektrofotometer *UV-Visible* pada panjang gelombang 690 nm. Selanjutnya dibuat kurva hubungan antara absorbansi larutan sebagai sumbu Y dan konsentrasi sebagai sumbu X. Kurva ini digunakan untuk menentukan konsentrasi ion fosfat yang ada dalam larutan sampel.

Tabel C.1: Data konsentrasi dan absorbansi ion fosfat.

Konsentrasi ion fosfat (mg/L)	Absorbansi
0	0,000
0,1	0,022
0,4	0,091
0,7	0,162
1	0,233
1,3	0,309
1,6	0,386



Gambar C.1: Kurva hubungan antara konsentrasi ion fosfat terhadap absorbansi.



C.2 Konsentrasi Ion Fosfat pada Pengaruh Ion Kalsium

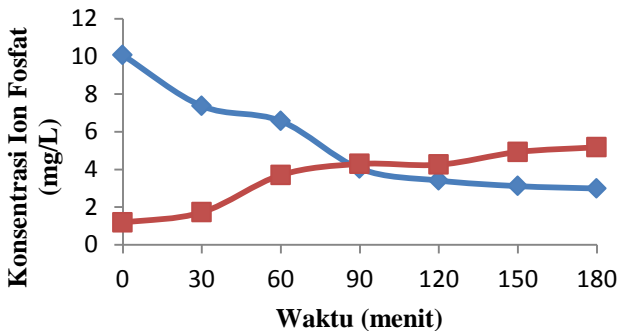
C.2.1 Pengaruh ion kalsium 0 mg/L

Tabel C.2: Konsentrasi ion fosfat di fasa umpan pada pengaruh ion kalsium 0 mg/L.

Waktu (menit)	Absorbansi	Konsentrasi dalam 10 mL (mg/L)	Faktor Pengenceran	Konsentrasi dalam 1 mL (mg/L)	$\ln([M]_s^0/[M]_s)$
0	0,239	1,006	10	10,059	0,000
30	0,175	0,737	10	7,365	0,312
60	0,156	0,657	10	6,566	0,427
90	0,096	0,404	10	4,040	0,912
120	0,081	0,341	10	3,409	1,082
150	0,074	0,311	10	3,114	1,172
180	0,071	0,299	10	2,988	1,214

Tabel C.3: Konsentrasi ion fosfat di fasa penerima pada pengaruh ion kalsium 0 mg/L.

Waktu (menit)	Absorbansi	Konsentrasi dalam 10 mL (mg/L)	Faktor Pengenceran	Konsentrasi dalam 1 mL (mg/L)
0	0,028	0,118	10	1,178
30	0,041	0,173	10	1,726
60	0,088	0,370	10	3,704
90	0,102	0,429	10	4,293
120	0,101	0,425	10	4,251
150	0,117	0,492	10	4,924
180	0,123	0,518	10	5,177



Gambar C.2. Kurva hubungan waktu dengan konsentrasi ion fosfat pada pengaruh ion kalsium 0 mg/L untuk ■ fasa umpan dan ■ fasa penerima.

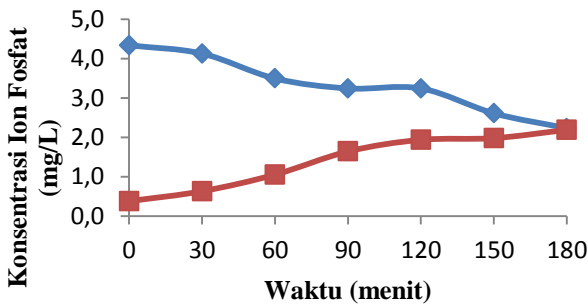
C.2.2 Pengaruh ion kalsium $1,13 \times 10^{-4}$ mg/L

Tabel C.4: Konsentrasi ion fosfat di fasa umpan pada pengaruh ion kalsium $1,13 \times 10^{-4}$ mg/L.

Waktu (menit)	Absorbansi	Konsentrasi dalam 10 mL (mg/L)	Faktor Penceran	Konsentrasi dalam 1 mL (mg/L)	$\ln([M]_s^0/[M]_s)$
0	0,103	0,434	10	4,335	0,000
30	0,098	0,412	10	4,125	0,050
60	0,083	0,349	10	3,493	0,216
90	0,077	0,324	10	3,241	0,291
120	0,077	0,324	10	3,241	0,291
150	0,062	0,261	10	2,609	0,508
180	0,053	0,223	10	2,231	0,664

Tabel C.5: Konsentrasi ion fosfat di fasa penerima pada pengaruh ion kalsium $1,13 \times 10^{-4}$ mg/L.

Waktu	Absorbansi	Konsentrasi dalam 10 mL (mg/L)	Faktor Pengenceran	Konsentrasi dalam 1 mL (mg/L)
0	0,009	0,038	10	0,379
30	0,015	0,063	10	0,631
60	0,025	0,105	10	1,052
90	0,039	0,164	10	1,641
120	0,046	0,194	10	1,936
150	0,047	0,198	10	1,978
180	0,052	0,219	10	2,189



Gambar C.3: Kurva hubungan waktu dengan konsentrasi ion fosfat pada pengaruh ion kalsium $1,13 \times 10^{-4}$ mg/L untuk fasa donor dan fasa penerima.



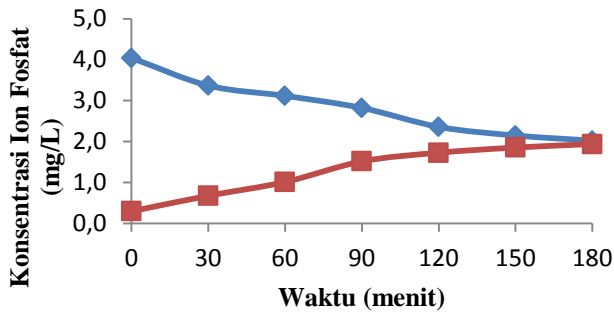
C.2.3 Pengaruh ion kalsium $2,26 \times 10^{-4}$ mg/L

Tabel C.6: Konsentrasi ion fosfat di fasa umpan pada pengaruh ion kalsium $2,26 \times 10^{-4}$ mg/L.

Waktu (menit)	Absorbansi	Konsentrasi dalam 10 mL (mg/L)	Faktor Penceran	Konsentrasi dalam 1 mL (mg/L)	$\ln([M]_s^0/[M]_s)$
0	0,096	0,404	10	4,040	0,000
30	0,080	0,337	10	3,367	0,182
60	0,074	0,311	10	3,114	0,260
90	0,067	0,282	10	2,820	0,360
120	0,056	0,236	10	2,357	0,539
150	0,051	0,215	10	2,146	0,633
180	0,048	0,202	10	2,020	0,693

Tabel C.7: Konsentrasi ion fosfat di fasa penerima pada pengaruh ion kalsium $2,26 \times 10^{-4}$ mg/L.

Waktu	Absorbansi	Konsentrasi dalam 10 mL (mg/L)	Faktor Penceran	Konsentrasi dalam 1 mL (mg/L)
0	0,007	0,029	10	0,295
30	0,016	0,067	10	0,673
60	0,024	0,101	10	1,010
90	0,036	0,152	10	1,515
120	0,041	0,173	10	1,726
150	0,044	0,185	10	1,852
180	0,046	0,194	10	1,936



Gambar C.4: Kurva hubungan waktu dengan konsentrasi ion fosfat pada pengaruh ion kalsium $2,26 \times 10^{-4}$ mg/L untuk fasa umpan dan fasa penerima.

C.2.4 Pengaruh ion kalsium $4,52 \times 10^{-4}$ mg/L

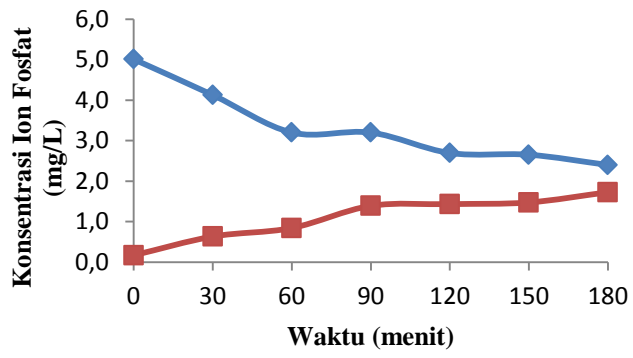
Tabel C.8: Konsentrasi ion fosfat di fasa umpan pada pengaruh ion kalsium $4,52 \times 10^{-4}$ mg/L.

Waktu (menit)	Absorbansi	Konsentrasi dalam 10 mL (mg/L)	Faktor Penceran	Konsentrasi dalam 1 mL (mg/L)	$\ln([M]_s^0/[M]_s)$
0	0,119	0,501	10	5,008	0,000
30	0,098	0,412	10	4,125	0,194
60	0,076	0,320	10	3,199	0,448
90	0,076	0,320	10	3,199	0,448
120	0,064	0,269	10	2,694	0,620
150	0,063	0,265	10	2,652	0,636
180	0,057	0,240	10	2,399	0,736



Tabel C.9: Konsentrasi ion fosfat di fasa penerima pada pengaruh ion kalsium $4,52 \times 10^{-4}$ mg/L.

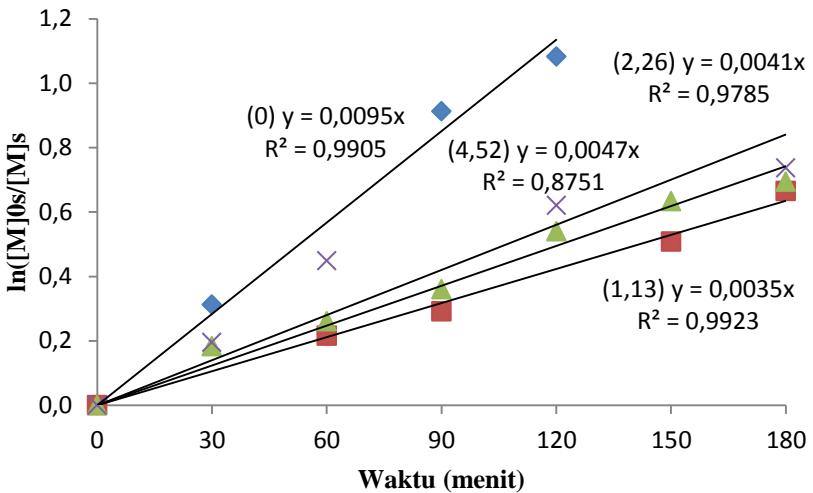
Waktu	Absorbansi	Konsentrasi dalam 10 mL (mg/L)	Faktor Pengenceran	Konsentrasi dalam 1 mL (mg/L)
0	0,004	0,017	10	0,168
30	0,015	0,063	10	0,631
60	0,020	0,084	10	0,842
90	0,033	0,139	10	1,389
120	0,034	0,143	10	1,431
150	0,035	0,147	10	1,473
180	0,041	0,173	10	1,726



Gambar C.5: Kurva hubungan waktu dengan konsentrasi ion fosfat pada pengaruh ion kalsium $4,52 \times 10^{-4}$ mg/L untuk fasa umpan dan fasa penerima.

C.3 Permeabilitas Membran dan Efisiensi Transpor Ion Fosfat pada Pengaruh Ion Kalsium

Berdasarkan tabel konsentrasi ion fosfat pada fasa upanyan yang telah diperoleh maka dibuat kurva hubungan antara $\ln([M]_s^0/[M]_s)$ sebagai sumbu Y dengan t (menit) sebagai sumbu X untuk masing – masing pengaruh konsentrasi ion kalsium. Kurva dibuat dengan mengambil data tertentu untuk ditarik garis linier sehingga didapatkan kurva seperti Gambar C.6.



Gambar C.6. Kurva hubungan waktu (menit) dengan $\ln([M]_s^0/[M]_s)$ pada pengaruh ion kalsium. Konsentrasi ion kalsium; \blacklozenge 0 mg/L; \blacksquare $1,13 \times 10^4$ mg/L; \blacktriangle $2,26 \times 10^4$ mg/L dan \times $4,52 \times 10^4$ mg/L.

Dari masing – masing *slope* yang diperoleh, maka dapat ditentukan permeabilitas membran:

a. Pengaruh ion kalsium 0 mg/L

$$\text{Slope} = \left(\frac{A}{V_s}\right) P_s$$

$$P_s = \frac{\text{slope} \cdot V_s}{A} = \frac{0,0095 \cdot 1}{(3,14 \times 1,5 \times 1,5)} = 13,45 \times 10^{-4} (\text{mL}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$



b. Pengaruh ion kalsium $1,13 \times 10^{-4}$ mg/L

$$Slope = \left(\frac{A}{V_s} \right) P_s$$

$$P_s = \frac{slope \cdot V_s}{A} = \frac{0,0035.1}{(3,14 \times 1,5 \times 1,5)} = 4,95 \times 10^{-4} (\text{mL}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

c. Pengaruh ion kalsium $2,26 \times 10^{-4}$ mg/L

$$Slope = \left(\frac{A}{V_s} \right) P_s$$

$$P_s = \frac{slope \cdot V_s}{A} = \frac{0,0041.1}{(3,14 \times 1,5 \times 1,5)} = 5,80 \times 10^{-4} (\text{mL}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

d. Pengaruh ion kalsium $4,52 \times 10^{-4}$ mg/L

$$Slope = \left(\frac{A}{V_s} \right) P_s$$

$$P_s = \frac{slope \cdot V_s}{A} = \frac{0,0047.1}{(3,14 \times 1,5 \times 1,5)} = 6,65 \times 10^{-4} (\text{mL}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

Efisiensi transpor ion fosfat dapat dihitung melalui persamaan berikut.

a. Pengaruh ion kalsium 0 mg/L

$$\%ET = \frac{[M]_{\text{fasa penerima 180 menit}}}{[M]_{\text{fasa umpan 0 menit}}}$$

$$\%ET = \frac{5,177 \text{ mg/L}}{10,059 \text{ mg/L}} \times 100\% = 51,47\%$$

b. Pengaruh ion kalsium $1,13 \times 10^{-4}$ mg/L

$$\%ET = \frac{[M]_{\text{fasa penerima 180 menit}}}{[M]_{\text{fasa umpan 0 menit}}}$$

$$\%ET = \frac{2,189 \text{ mg/L}}{4,335 \text{ mg/L}} \times 100\% = 50,49\%$$

c. Pengaruh ion kalsium $2,26 \times 10^{-4}$ mg/L

$$\%ET = \frac{[M]_{\text{fasa penerima 180 menit}}}{[M]_{\text{fasa umpan 0 menit}}}$$

$$\%ET = \frac{1,936 \text{ mg/L}}{4,040 \text{ mg/L}} \times 100\% = 47,92\%$$



d. Pengaruh ion kalsium $4,52 \times 10^{-4}$ mg/L

$$\%ET = \frac{[M]_{\text{fasa penerima 180 menit}}}{[M]_{\text{fasa umpan 0 menit}}}$$

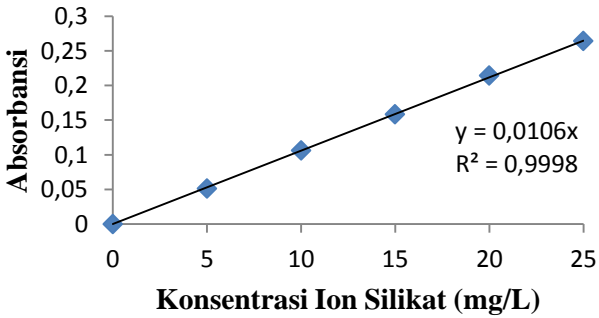
$$\%ET = \frac{1,726 \text{ mg/L}}{5,008 \text{ mg/L}} \times 100\% = 34,46 \%$$

C.4 Kurva Baku Silikat

Sederet larutan silikat dengan konsentrasi 0; 5; 10; 15; 20; dan 25 mg/L diukur konsentrasinya dengan menggunakan spektrofotometer *UV Visible* pada panjang gelombang 410 nm. Selanjutnya dibuat kurva hubungan antara absorbansi larutan sebagai sumbu Y dan konsentrasi sebagai sumbu X. Kurva ini digunakan untuk menentukan konsentrasi ion silikat yang ada dalam larutan sampel.

Tabel C.10: Data konsentrasi dan absorbansi ion silikat.

Konsentrasi ion silikat (mg/L)	Absorbansi
0	0,000
5	0,051
10	0,106
15	0,158
20	0,214
25	0,264



Gambar C.7: Kurva hubungan antara konsentrasi ion silikat dengan absorbansi.



C.5 Konsentrasi Ion Fosfat pada Pengaruh Ion Silikat

C.5.1 Pengaruh ion silikat 0 mg/L

Data konsentrasi ion fosfat pada pengaruh ion silikat 0 mg/L sama seperti pengaruh ion kalsium 0 mg/L yaitu pada Lampiran C.2.1

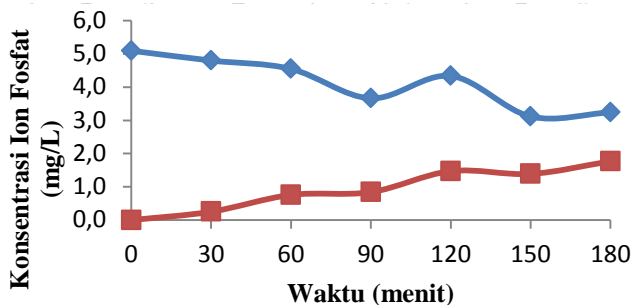
C.5.2 Pengaruh ion silikat 5 mg/L

Tabel C.11: Konsentrasi ion fosfat di fasa umpan pada pengaruh ion silikat 5 mg/L.

Waktu (menit)	Absorbansi	Konsentrasi dalam 10 mL (mg/L)	Faktor Penceran	Konsentrasi dalam 1 mL (mg/L)	$\ln([M]_s^0/[M]_s)$
0	0,121	0,509	10	5,093	0,000
30	0,114	0,480	10	4,798	0,060
60	0,108	0,455	10	4,545	0,114
90	0,087	0,366	10	3,662	0,330
120	0,103	0,434	10	4,335	0,161
150	0,074	0,311	10	3,114	0,492
180	0,077	0,324	10	3,241	0,452

Tabel C.12: Konsentrasi ion fosfat di fasa penerima pada pengaruh ion silikat 5 mg/L.

Waktu	Absorbansi	Konsentrasi dalam 10 mL (mg/L)	Faktor Penceran	Konsentrasi dalam 1 mL (mg/L)
0	0,000	0,000	10	0,000
30	0,006	0,025	10	0,253
60	0,018	0,076	10	0,758
90	0,020	0,084	10	0,842
120	0,035	0,147	10	1,473
150	0,033	0,139	10	1,389
180	0,042	0,177	10	1,768



Gambar C.8: Kurva hubungan waktu dengan konsentrasi ion fosfat pada pengaruh ion silikat 5 mg/L untuk fase umpan dan fase penerima.

C.5.3 Pengaruh ion silikat 10 mg/L

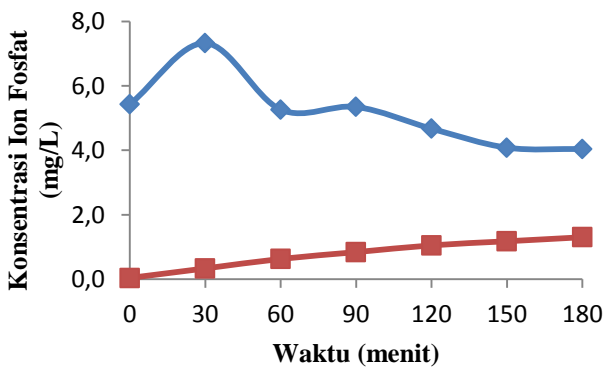
Tabel C.13: Konsentrasi ion fosfat di fase umpan pada pengaruh ion silikat 10 mg/L

Waktu (menit)	Absor-bansi	Konsentr asi dalam 10 mL (mg/L)	Faktor Peng enceran	Konsentra si dalam 1 mL (mg/L)	$\ln([M]_s^0/[M]_s)$
0	0,129	0,543	10	5,429	0,000
30	0,174	0,732	10	7,323	-0,299
60	0,125	0,526	10	5,261	0,031
90	0,127	0,535	10	5,345	0,016
120	0,111	0,467	10	4,672	0,150
150	0,097	0,408	10	4,082	0,285
180	0,096	0,404	10	4,040	0,295



Tabel C.14: Konsentrasi ion fosfat di fasa penerima pada pengaruh ion silikat 10 mg/L

Waktu	Absorbansi	Konsentrasi dalam 10 mL (mg/L)	Faktor Pengenceran	Konsentrasi dalam 1 mL (mg/L)
0	0,001	0,004	10	0,042
30	0,008	0,034	10	0,337
60	0,015	0,063	10	0,631
90	0,020	0,084	10	0,842
120	0,025	0,105	10	1,052
150	0,028	0,118	10	1,178
180	0,031	0,130	10	1,305



Gambar C.9: Kurva hubungan waktu dengan konsentrasi ion fosfat pada pengaruh ion silikat 10 mg/L untuk fasa umpan dan fasa penerima.



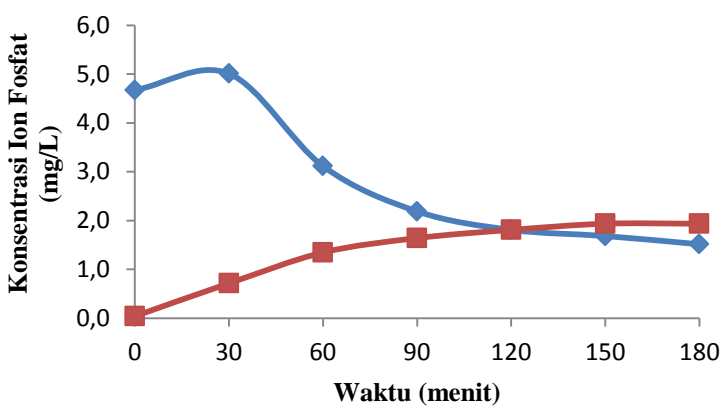
C.5.4 Pengaruh ion silikat 15 mg/L

Tabel C.15: Konsentrasi ion fosfat di fasa umpan pada pengaruh ion silikat 15 mg/L

Waktu (menit)	Absorbansi	Konsentrasi dalam 10 mL (mg/L)	Faktor Pengenceran	Konsentrasi dalam 1 mL (mg/L)	$\ln([M]_s^0/[M]_s)$
0	0,111	0,467	10	4,672	0,000
30	0,119	0,501	10	5,008	-0,070
60	0,074	0,311	10	3,114	0,405
90	0,052	0,219	10	2,189	0,758
120	0,043	0,181	10	1,810	0,948
150	0,040	0,168	10	1,684	1,021
180	0,036	0,152	10	1,515	1,126

Tabel C.16: Konsentrasi ion fosfat di fasa penerima pada pengaruh ion silikat 15 mg/L

Waktu	Absorbansi	Konsentrasi dalam 10 mL (mg/L)	Faktor Pengenceran	Konsentrasi dalam 1 mL (mg/L)
0	0,001	0,004	10	0,042
30	0,017	0,072	10	0,715
60	0,032	0,135	10	1,347
90	0,039	0,164	10	1,641
120	0,043	0,181	10	1,810
150	0,046	0,194	10	1,936
180	0,046	0,194	10	1,936



Gambar C.10: Kurva hubungan waktu dengan konsentrasi ion fosfat pada pengaruh ion silikat 15 mg/L untuk U \blacksquare fase umpan dan \blacksquare fase penerima.

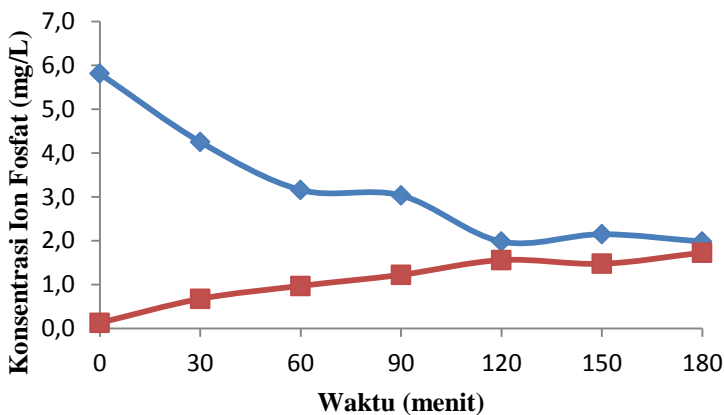
C.5.5 Pengaruh ion silikat 20 mg/L

Tabel C.17: Konsentrasi ion fosfat di fase umpan pada pengaruh ion silikat 20 mg/L.

Waktu (menit)	Absorbansi	Konsentrasi dalam 10 mL (mg/L)	Faktor Penceran	Konsentrasi dalam 1 mL (mg/L)	$\ln([M]_s^0/[M]_s)$
0	0,138	0,581	10	5,808	0,000
30	0,101	0,425	10	4,251	0,312
60	0,075	0,316	10	3,157	0,610
90	0,072	0,303	10	3,030	0,651
120	0,047	0,198	10	1,978	1,077
150	0,051	0,215	10	2,146	0,995
180	0,047	0,198	10	1,978	1,077

Tabel C.18: Konsentrasi ion fosfat di fasa penerima pada pengaruh ion silikat 20 mg/L

Waktu	Absorbansi	Konsentrasi dalam 10 mL (mg/L)	Faktor Pengenceran	Konsentrasi dalam 1 mL (mg/L)
0	0,003	0,013	10	0,126
30	0,016	0,067	10	0,673
60	0,023	0,097	10	0,968
90	0,029	0,122	10	1,221
120	0,037	0,156	10	1,557
150	0,035	0,147	10	1,473
180	0,041	0,173	10	1,726



Gambar C.11: Kurva hubungan waktu dengan konsentrasi ion fosfat pada pengaruh ion silikat 20 mg/L untuk fase umpan dan fase penerima.



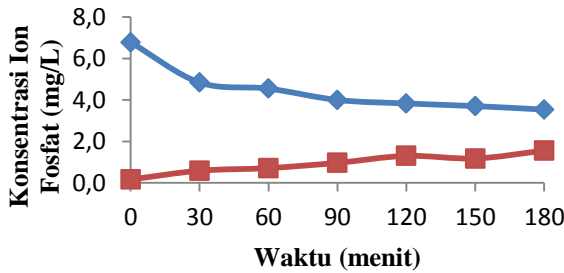
C.5.6 Pengaruh ion silikat 25 mg/L

Tabel C.19: Konsentrasi ion fosfat di fasa umpan pada pengaruh ion silikat 25 mg/L.

Waktu (menit)	Absorbansi	Konsentrasi dalam 10 mL (mg/L)	Faktor Penceran	Konsentrasi dalam 1 mL (mg/L)	$\ln([M]_s^0/[M]_s)$
0	0,161	0,678	10	6,776	0,000
30	0,115	0,484	10	4,840	0,336
60	0,108	0,455	10	4,545	0,399
90	0,095	0,400	10	3,998	0,528
120	0,091	0,383	10	3,830	0,571
150	0,088	0,370	10	3,704	0,604
180	0,084	0,354	10	3,535	0,651

Tabel C.20: Konsentrasi ion fosfat di fasa penerima pada pengaruh ion silikat 25 mg/L.

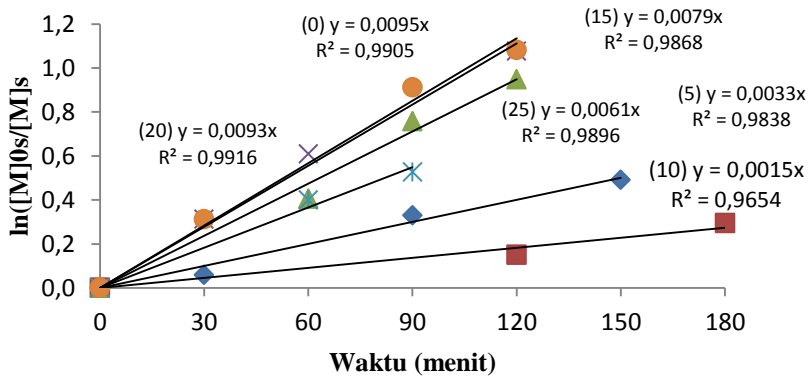
Waktu	Absorbansi	Konsentrasi dalam 10 mL (mg/L)	Faktor Pengenceran	Konsentrasi dalam 1 mL (mg/L)
0	0,004	0,017	10	0,168
30	0,014	0,059	10	0,589
60	0,017	0,072	10	0,715
90	0,023	0,097	10	0,968
120	0,031	0,130	10	1,305
150	0,028	0,118	10	1,178
180	0,037	0,156	10	1,557



Gambar C.12: Kurva hubungan waktu dengan konsentrasi ion fosfat pada pengaruh ion silikat 25 mg/L untuk ■ fase umpan dan ■ fase penerima.

C.6 Permeabilitas Membran dan Efisiensi Transpor Ion Fosfat pada Pengaruh Ion Silikat

Berdasarkan tabel konsentrasi ion fosfat pada fase umpan yang telah diperoleh maka dibuat kurva hubungan antara $\ln([M]_s^0/[M]_s)$ sebagai sumbu Y dengan t (menit) sebagai sumbu X untuk masing-masing pengaruh konsentrasi ion silikat. Kurva dibuat dengan mengambil data tertentu untuk ditarik garis linier sehingga didapatkan kurva seperti Gambar C.13.



Gambar C.13: Kurva hubungan waktu (menit) dengan $\ln([M]_s^0/[M]_s)$ pada pengaruh ion silikat. Konsentrasi ion silikat: ◆ 0 mg/L; ■ 5 mg/L; ▲ 10 mg/L; ● 15 mg/L; × 20 mg/L dan * 25 mg/L.



Dari masing – masing *slope* yang diperoleh, maka dapat ditentukan permeabilitas membran :

a. Pengaruh ion silikat 0 mg/L

$$Slope = \left(\frac{A}{Vs} \right) P_s$$

$$P_s = \frac{slope \cdot Vs}{A} = \frac{0,0095.1}{(3,14 \times 1,5 \times 1,5)} = 13,45 \times 10^{-4} (\text{mL}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

b. Pengaruh ion silikat 5 mg/L

$$Slope = \left(\frac{A}{Vs} \right) P_s$$

$$P_s = \frac{slope \cdot Vs}{A} = \frac{0,0033.1}{(3,14 \times 1,5 \times 1,5)} = 4,67 \times 10^{-4} (\text{mL}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

c. Pengaruh ion silikat 10 mg/L

$$Slope = \left(\frac{A}{Vs} \right) P_s$$

$$P_s = \frac{slope \cdot Vs}{A} = \frac{0,0015.1}{(3,14 \times 1,5 \times 1,5)} = 2,12 \times 10^{-4} (\text{mL}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

d. Pengaruh ion silikat 15 mg/L

$$Slope = \left(\frac{A}{Vs} \right) P_s$$

$$P_s = \frac{slope \cdot Vs}{A} = \frac{0,0079.1}{(3,14 \times 1,5 \times 1,5)} = 11,18 \times 10^{-4} (\text{mL}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

e. Pengaruh ion silikat 20 mg/L

$$Slope = \left(\frac{A}{Vs} \right) P_s$$

$$P_s = \frac{slope \cdot Vs}{A} = \frac{0,0093.1}{(3,14 \times 1,5 \times 1,5)} = 13,16 \times 10^{-4} (\text{mL}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

f. Pengaruh ion silikat 25 mg/L

$$Slope = \left(\frac{A}{Vs} \right) P_s$$

$$P_s = \frac{slope \cdot Vs}{A} = \frac{0,0061.1}{(3,14 \times 1,5 \times 1,5)} = 8,63 \times 10^{-4} (\text{mL}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$



C.7 Data Konsentrasi Ion Silikat

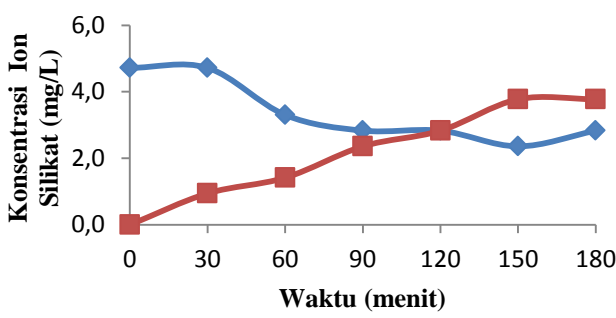
C.7.1 Ion silikat 5 mg/L

Tabel C.21: Konsentrasi ion silikat di fasa umpan pada pengaruh ion silikat 5 mg/L.

Waktu (menit)	Absorbansi	Konsentrasi dalam 5 mL (mg/L)	Faktor Pengenceran	Konsentrasi dalam 1 mL (mg/L)	$\ln([M]_s^0/[M]_s)$
0	0,010	0,943	5	4,717	0,000
30	0,010	0,943	5	4,717	0,000
60	0,007	0,660	5	3,302	0,357
90	0,006	0,566	5	2,830	0,511
120	0,006	0,566	5	2,830	0,511
150	0,005	0,472	5	2,358	0,693
180	0,006	0,566	5	2,830	0,511

Tabel C.22: Konsentrasi ion silikat di fasa penerima pada pengaruh ion silikat 5 mg/L

Waktu	Absorbansi	Konsentrasi dalam 5 mL (mg/L)	Faktor Pengenceran	Konsentrasi dalam 1 mL (mg/L)
0	0,000	0,000	5	0,000
30	0,002	0,189	5	0,943
60	0,003	0,283	5	1,415
90	0,005	0,472	5	2,358
120	0,006	0,566	5	2,830
150	0,008	0,755	5	3,774
180	0,009	0,849	5	4,245



Gambar C.14: Kurva hubungan waktu dengan konsentrasi ion silikat pada pengaruh ion silikat 5 mg/L untuk fase umpan dan fase penerima.

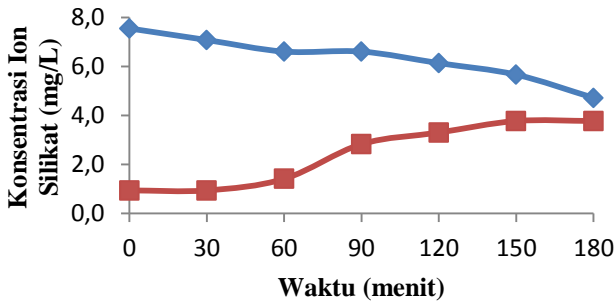
C.7.2 Ion silikat 10 mg/L

Tabel C.23: Konsentrasi ion silikat di fase umpan pada pengaruh ion silikat 10 mg/L.

Waktu (menit)	Absorbansi	Konsentrasi dalam 5 mL (mg/L)	Faktor Pengeranan	Konsentrasi dalam 1 mL (mg/L)	$\ln([M]_s^0/[M]_s)$
0	0,016	1,509	5	7,547	0,000
30	0,015	1,415	5	7,075	0,065
60	0,014	1,321	5	6,604	0,134
90	0,014	1,321	5	6,604	0,134
120	0,013	1,226	5	6,132	0,208
150	0,012	1,132	5	5,660	0,288
180	0,010	0,943	5	4,717	0,470

Tabel C.24: Konsentrasi ion silikat di fasa penerima pada pengaruh ion silikat 10 mg/L.

Waktu	Absorbansi	Konsentrasi dalam 5 mL (mg/L)	Faktor Pengenceran	Konsentrasi dalam 1 mL (mg/L)
0	0,002	0,189	5	0,943
30	0,002	0,189	5	0,943
60	0,003	0,283	5	1,415
90	0,006	0,566	5	2,830
120	0,007	0,660	5	3,302
150	0,008	0,755	5	3,774
180	0,008	0,755	5	3,774



Gambar C.15: Kurva hubungan waktu dengan konsentrasi ion silikat pada pengaruh ion silikat 10 mg/L untuk fase umpan dan fasa penerima.



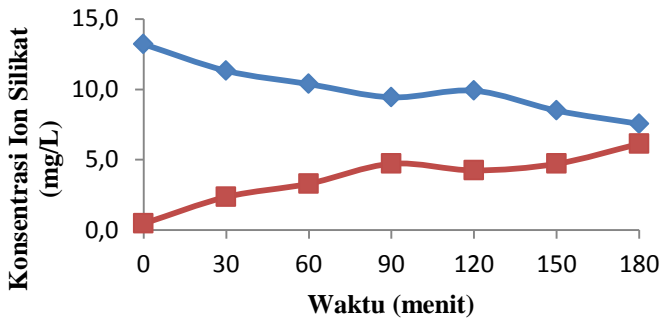
C.7.3 Ion silikat 15 mg/L

Tabel C.25: Konsentrasi ion silikat di fasa umpan pada pengaruh ion silikat 15 mg/L.

Waktu (menit)	Absorbansi	Konsentrasi dalam 5 mL (mg/L)	Faktor Penceran	Konsentrasi dalam 1 mL (mg/L)	$\ln([M]_s^0/[M]_s)$
0	0,028	2,642	5	13,208	0,000
30	0,024	2,264	5	11,321	0,154
60	0,022	2,075	5	10,377	0,241
90	0,020	1,887	5	9,434	0,336
120	0,021	1,981	5	9,906	0,288
150	0,018	1,698	5	8,491	0,442
180	0,016	1,509	5	7,547	0,560

Tabel C.26: Konsentrasi ion silikat di fasa penerima pada pengaruh ion silikat 15 mg/L.

Waktu	Absorbansi	Konsentrasi dalam 5 mL (mg/L)	Faktor Penceran	Konsentrasi dalam 1 mL (mg/L)
0	0,001	0,094	5	0,472
30	0,005	0,472	5	2,358
60	0,007	0,660	5	3,302
90	0,010	0,943	5	4,717
120	0,009	0,849	5	4,245
150	0,01	0,943	5	4,717
180	0,013	1,226	5	6,132



Gambar C.16: Kurva hubungan waktu dengan konsentrasi ion silikat pada pengaruh ion silikat 15 mg/L untuk fase umpan dan fase penerima.

C.7.4 Ion silikat 20 mg/L

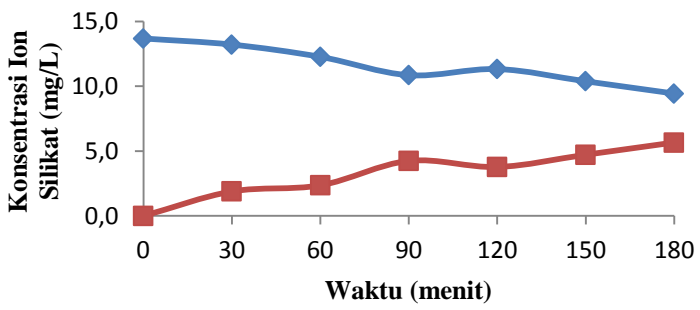
Tabel C.27: Konsentrasi ion silikat di fase umpan pada pengaruh ion silikat 20 mg/L.

Waktu (menit)	Absorbansi	Konsentrasi dalam 5 mL (mg/L)	Faktor Penceran	Konsentrasi dalam 1 mL (mg/L)	$\ln([M]_s^0/[M]_s)$
0	0,029	2,736	5	13,679	0,000
30	0,028	2,642	5	13,208	0,035
60	0,026	2,453	5	12,264	0,109
90	0,023	2,170	5	10,849	0,232
120	0,024	2,264	5	11,321	0,189
150	0,022	2,075	5	10,377	0,276
180	0,020	1,887	5	9,434	0,372



Tabel C.28: Konsentrasi ion silikat di fasa penerima pada pengaruh ion silikat 20 mg/L

Waktu	Absorbansi	Konsentrasi dalam 5 mL (mg/L)	Faktor Pengenceran	Konsentrasi dalam 1 mL (mg/L)
0	0,000	0,000	5	0,000
30	0,004	0,377	5	1,887
60	0,005	0,472	5	2,358
90	0,009	0,849	5	4,245
120	0,008	0,755	5	3,774
150	0,010	0,943	5	4,717
180	0,012	1,132	5	5,660



Gambar C.17: Kurva hubungan waktu dengan konsentrasi ion silikat pada pengaruh ion silikat 20 mg/L untuk fase umpan dan fase penerima.



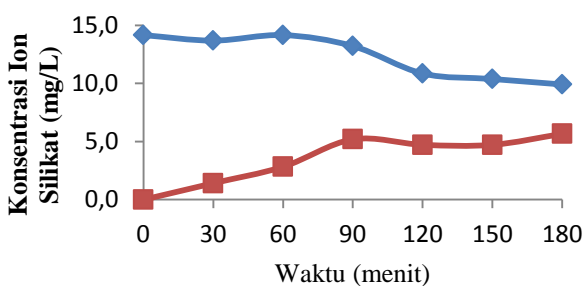
C.7.5 Ion silikat 25 mg/L

Tabel C.29: Konsentrasi ion silikat di fasa tumpuan pada pengaruh ion silikat 25 mg/L.

Waktu (menit)	Absorbansi	Konsentrasi dalam 5 mL (mg/L)	Faktor Pengenceran	Konsentrasi dalam 1 mL (mg/L)	$\ln([M]_s^0/[M]_s)$
0	0,030	2,830	5	14,151	0,000
30	0,029	2,736	5	13,679	0,034
60	0,030	2,830	5	14,151	0,000
90	0,028	2,642	5	13,208	0,069
120	0,023	2,170	5	10,849	0,266
150	0,022	2,075	5	10,377	0,310
180	0,021	1,981	5	9,906	0,357

Tabel C.30: Konsentrasi ion silikat di fasa penerima pada pengaruh ion silikat 25 mg/L.

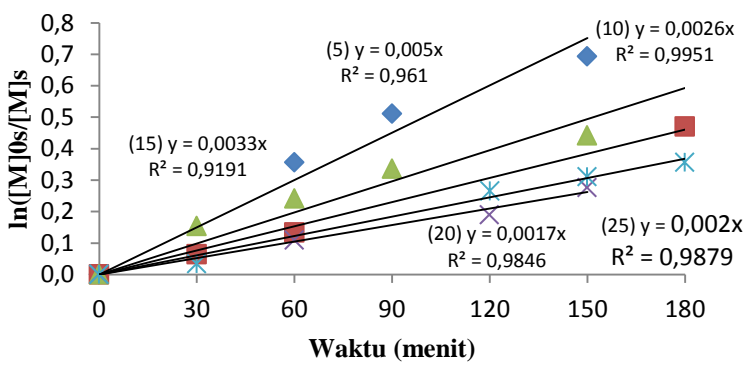
Waktu	Absorbansi	Konsentrasi dalam 5 mL (mg/L)	Faktor Pengenceran	Konsentrasi dalam 1 mL (mg/L)
0	0,000	0,000	5	0,000
30	0,003	0,283	5	1,415
60	0,006	0,566	5	2,830
90	0,011	1,038	5	5,189
120	0,010	0,943	5	4,717
150	0,010	0,943	5	4,717
180	0,012	1,132	5	5,660



Gambar C.18: Kurva hubungan waktu dengan konsentrasi ion silikat pada pengaruh ion silikat 25 mg/L untuk fase umpan dan fasa penerima.

C.8 Permeabilitas Membran terhadap Ion Silikat

Berdasarkan tabel konsentrasi ion silikat pada fasa umpan yang telah diperoleh maka dibuat kurva hubungan antara $\ln([M]_0^s/[M]_s)$ sebagai sumbu Y dengan t (menit) sebagai sumbu X untuk masing – masing pengaruh konsentrasi ion silikat. Kurva dibuat dengan mengambil data tertentu untuk ditarik garis linier sehingga didapatkan kurva seperti Gambar C.19.



Gambar C.19: Kurva hubungan waktu (menit) dengan $\ln([M]_0^s/[M]_s)$ pada berbagai konsentrasi ion silikat. Konsentrasi ion silikat: ◆ 5 mg/L; ■ 10 mg/L; ▲ 15 mg/L; × 20 mg/L dan * 25 mg/L.

Dari masing – masing *slope* yang diperoleh, maka dapat ditentukan permeabilitas membran :

a. Ion silikat 5 mg/L

$$Slope = \left(\frac{A}{V_s} \right) P_s$$

$$P_s = \frac{slope \cdot V_s}{A} = \frac{0,0050.1}{(3,14 \times 1,5 \times 1,5)} = 7,08 \times 10^{-4} (\text{mL}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

b. Ion silikat 10 mg/L

$$Slope = \left(\frac{A}{V_s} \right) P_s$$

$$P_s = \frac{slope \cdot V_s}{A} = \frac{0,0026.1}{(3,14 \times 1,5 \times 1,5)} = 3,68 \times 10^{-4} (\text{mL}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

c. Ion silikat 15 mg/L

$$Slope = \left(\frac{A}{V_s} \right) P_s$$

$$P_s = \frac{slope \cdot V_s}{A} = \frac{0,0033.1}{(3,14 \times 1,5 \times 1,5)} = 4,67 \times 10^{-4} (\text{mL}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

d. Ion silikat 20 mg/L

$$Slope = \left(\frac{A}{V_s} \right) P_s$$

$$P_s = \frac{slope \cdot V_s}{A} = \frac{0,0017.1}{(3,14 \times 1,5 \times 1,5)} = 2,41 \times 10^{-4} (\text{mL}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

e. Ion silikat 25 mg/L

$$Slope = \left(\frac{A}{V_s} \right) P_s$$

$$P_s = \frac{slope \cdot V_s}{A} = \frac{0,0020.1}{(3,14 \times 1,5 \times 1,5)} = 2,83 \times 10^{-4} (\text{mL}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

C.9 Selektivitas Membran pada Pengaruh Ion Silikat Berbagai Konsentrasi

J_i (initial flux) = $P \times C_i$ (konsentrasi pada fasa umpan $t=0$)

$$S (\text{selektivitas}) = \frac{J_i \text{ Fosfat}}{J_i \text{ Silikat}}$$

a. Ion silikat 5 mg/L

$$S (\text{selektivitas}) = \frac{J_i \text{ Fosfat}}{J_i \text{ Silikat}} = \frac{4,67 \times 5,093}{7,08 \times 4,717} = \frac{23,784}{33,396} = 0,7$$

b. Ion silikat 10 mg/L

$$S (\text{selektivitas}) = \frac{J_i \text{ Fosfat}}{J_i \text{ Silikat}} = \frac{2,12 \times 5,429}{3,68 \times 7,547} = \frac{11,509}{27,773} = 0,4$$

c. Ion silikat 15 mg/L

$$S (\text{selektivitas}) = \frac{J_i \text{ Fosfat}}{J_i \text{ Silikat}} = \frac{11,18 \times 4,627}{4,67 \times 13,208} = \frac{51,729}{61,681} = 0,8$$



d. Ion silikat 20 mg/L

$$S \text{ (selektivitas)} = \frac{J_i \text{ Fosfat}}{J_i \text{ Silikat}} = \frac{13,16 \times 5,808}{2,41 \times 13,679} = \frac{76,433}{32,966} = 2,3$$

e. Ion silikat 25 mg/L

$$S \text{ (selektivitas)} = \frac{J_i \text{ Fosfat}}{J_i \text{ Silikat}} = \frac{8,63 \times 6,776}{2,83 \times 14,151} = \frac{58,477}{40,047} = 1,5$$