

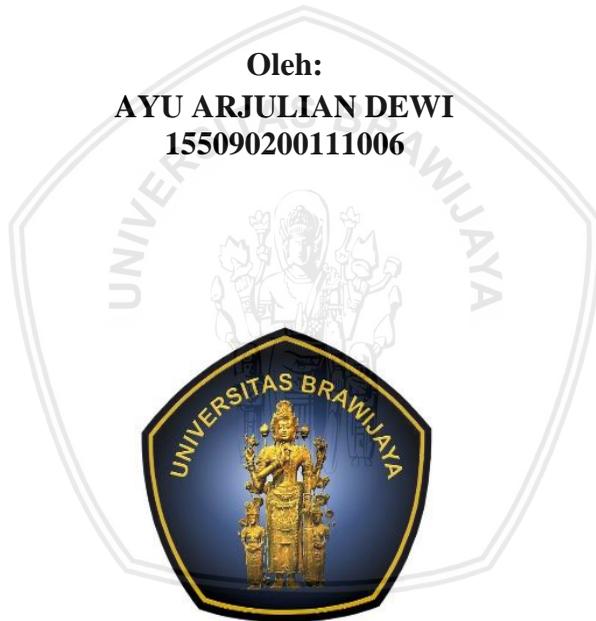
**Aplikasi Membran Selulosa Ester untuk
Pemurnian NaCl dengan Metode Dialisis**

SKRIPSI

Oleh:

AYU ARJULIAN DEWI

155090200111006



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

Aplikasi Membran Selulosa Ester untuk Pemurnian NaCl dengan Metode Dialisis

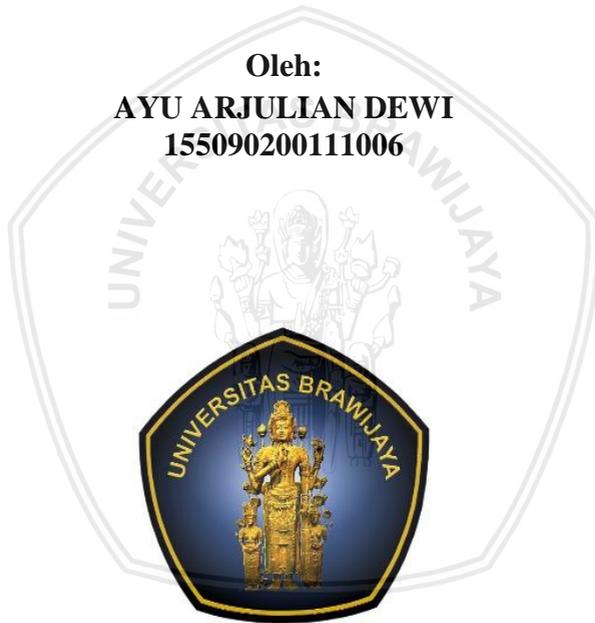
SKRIPSI

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

Oleh:

AYU ARJULIAN DEWI

155090200111006



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**Aplikasi Membran Selulosa Ester untuk Pemurnian NaCl
dengan Metode Dialisis**

Oleh:

**AYU ARJULIAN DEWI
155090200111006**

Setelah diseminarkan di depan Majelis Penguji
pada tanggal **21 DEC 2018**
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Kimia

Pembimbing I,



Dr. Diah Mardiana, MS
NIP. 196305291991032002

Pembimbing II,



Dr. Ir. Uswatun Hasanah, M.Si
NIP. 195510251986032002



Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

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

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ayu Arjulian Dewi
NIM : 155090200111006
Jurusan : Kimia
Penulis skripsi berjudul :

“Aplikasi Membran Selulosa Ester untuk Pemurnian NaCl dengan Metode Dialisis”

Dengan ini menyatakan bahwa:

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

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 14 Desember 2018

Yang menyatakan,



(Ayu Arjulian Dewi)

NIM. 155090200111006

Aplikasi Membran Selulosa Ester untuk Pemurnian NaCl dengan Metode Dialisis

ABSTRAK

Pemisahan garam NaCl dari garam pengotor seperti $MgCl_2$ merupakan tahap yang penting agar diperoleh garam NaCl dengan kemurnian tinggi, terutama untuk keperluan industri. Pada penelitian ini telah dilakukan uji coba pemurnian secara dialisis menggunakan membrane selulosa ester komersial. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan laju difusi garam NaCl dan garam $MgCl_2$ serta mengkaji potensi membran selulosa ester komersial untuk memisahkan garam NaCl dan $MgCl_2$. Dialisis telah dilakukan untuk larutan NaCl 40000 ppm, larutan $MgCl_2$ 2650 ppm dan campuran kedua larutan sebagai larutan model dengan kecepatan alir konstan yaitu 347 mL/menit. Waktu kesetimbangan dialisis diamati berdasarkan perubahan daya hantar, baik pada fasa umpan maupun dialisat. Konsentrasi kedua garam setelah waktu kesetimbangan dicapai dianalisis secara volumetri. Hasil analisis menunjukkan dialisis larutan NaCl menyebabkan konsentrasi pada fasa umpan meningkat hingga tercapai kesetimbangan pada 81,32 menit sedangkan untuk fasa dialisat dicapai setelah 142 menit. Adapun untuk garam $MgCl_2$ cenderung tertahan pada fasa umpan. Diperoleh bahwa membran selulosa ester memungkinkan digunakan untuk pemisahan garam NaCl dan $MgCl_2$, dengan selektivitas 144,14, meskipun garam $MgCl_2$ tetap berdifusi menuju fasa dialisat karena ukuran pori yang cukup besar.

Kata kunci: pemurnian garam, membran selulosa ester, dialisis

The Application of Cellulose Ester Membrane for NaCl Purification by Dialysis Method

ABSTRACT

In order to obtain high purity NaCl salt, the separation of NaCl salt from impurities, such as MgCl₂, is an important step, especially for industrial needs. In this research, it has been done through dialysis using commercial cellulose ester membrane. The aims researchs were to compare the diffusion rate of NaCl and MgCl₂ solution and to study the cellulose ester membrane potency for separating NaCl and MgCl₂ salt. It has been carried out, the dialysis of 40,000 ppm NaCl solution, 2650 ppm MgCl₂ and the mixture of both, as an artificial salt solution. It has been done at constant flow rate of 347 mL/minute. The equilibrium time of dialysis was observed based on changes in conductivity, both in the feed and dialysate phase. Both salt concentration after the equilibrium time achieved is analyzed volumetrically. Analysis showed that dialysis of NaCl solution caused the concentration in the feed phase to increase until equilibrium was reached at 81.32 minutes while for the dialysate phase it was reached after 142 minutes. The MgCl₂ salt tends to be retained in the feed phase. It was found that cellulose ester membranes allowed to be used for the salts separatin of NaCl and MgCl₂, with selectivity is 144.14, although the MgCl₂ salts continued to diffuse towards the dialysate phase because of the large pore size.

Keywords: salt purification, cellulose ester membrane, dialysis

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusunan skripsi yang berjudul **“Aplikasi Membran Selulosa Ester untuk Pemurnian NaCl dengan Metode Dialisis”** dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana sains dalam bidang Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan yang diberikan oleh berbagai pihak, maka dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dr. Diah Mardiana, MS. selaku dosen pembimbing I atas segala bimbingan, pengarahan, dukungan, kesabaran, dan semangat yang diberikan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini,
2. Dr. Ir. Uswatun Hasanah, M.Si. selaku dosen pembimbing II atas segala bimbingan, pengarahan, dukungan, kesabaran, dan semangat yang diberikan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini,
3. Prof. Dr. Ir. Chanif Mahdi, MS. selaku dosen penasihat akademik yang telah memberikan arahan, dukungan, serta nasehat selama masa studi,
4. Dosen penguji seminar proposal, kemajuan, dan tugas akhir atas saran yang diberikan kepada penulis,
5. Masruri, S.Si, M.Si, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Kimia yang telah memberikan fasilitas kepada penulis untuk mengadakan penelitian di seluruh laboratorium kimia,
6. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak Edy Hariyono dan Ibu Heni Muyasaroh, kakak-kakak penulis yaitu Mas Bagus Redityanan Hendiyanto dan Mbak Yanuar Fajriyanti, atas doa, perhatian, dukungan, dan kasih sayang yang diberikan hingga terselesaikannya tugas akhir ini,
7. Semua staf dan karyawan Jurusan Kimia, terutama Pak Bambang selaku PLP Kimia Fisik yang telah membantu menyiapkan bahan dan alat yang diperlukan selama penelitian, Bu Erna selaku bagian administrasi jurusan yang telah membantu dalam segala urusan administrative dalam pengajuan tugas akhir ini,

8. Sahabat dan teman-teman yang selama ini telah membantu dengan doa dan motivasi setiap harinya,
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu hingga terselesaikannya penelitian dan penulisan skripsi ini dengan baik.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati penulis mengharap kritik dan saran untuk perbaikan dan penyempurnaannya sehingga dapat bermanfaat bagi pembaca.

Malang, 14 Desember 2018

Penulis



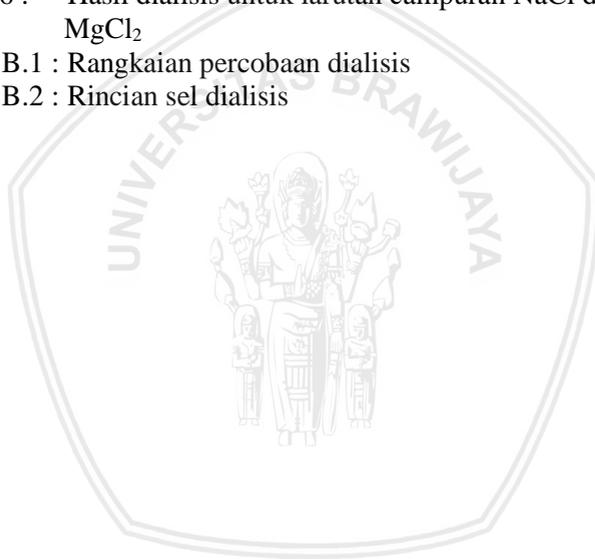
DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRCT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Dialisis	5
2.2 Membran	7
2.3 Membran selulosa ester	8
2.4 Air Laut	9
2.5 Konduktivitas larutan elektroit	10
2.6 Teori Debye-Hückel larutan elektrolit	11
2.7 Penentuan kadar garam	12
2.7.1 Penentuan kadar Mg	12
2.7.2 Penentuan kadar Cl ⁻	13
BAB III METODOLOGI	15
3.1 Waktu dan tempat penelitian	15

3.2	Alat dan bahan penelitian	15
3.3	Tahapan Penelitian	15
3.4	Prosedur Penelitian	16
3.4.1	Karakterisasi membran selulosa ester	16
3.4.2	Preparasi larutan sampel	16
3.4.3	Pembuatan kurva baku larutan NaCl dan MgCl ₂	17
3.4.4	Dialisis larutan garam menggunakan membran selulosa ester	17
3.4.5	Analisis kuantitatif larutan dialisat dan konsentrat	20
3.4.6	Analisis hasil dan analisis data	21
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1	Karakterisasi membran selulosa ester	23
4.2	Dialisis larutan sampel garam	24
4.2.1	Pembuatan kurva baku larutan garam	24
4.2.2	Dialisis larutan garam NaCl	26
4.2.3	Dialisis larutan garam MgCl ₂	27
4.2.4	Dialisis larutan campuran garam NaCl dan MgCl ₂	28
BAB V	PENUTUP	31
5.1	Kesimpulan	31
5.2	Saran	31
DAFTAR PUSTAKA		33
LAMPIRAN		37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 :	Skema sistem membran dialisis tunggal	5
Gambar 2.2 :	Profil konsentrasi dialisis	6
Gambar 2.3 :	Skema pemisahan membran	7
Gambar 3.1 :	Rancangan alat metode dialisis	18
Gambar 3.2 :	Skema letak membran pada sel dialisis	18
Gambar 4.1 :	Spektrum FT-IR membran selulosa ester	23
Gambar 4.2 :	Kurva standar larutan NaCl	25
Gambar 4.3 :	Kurva standar larutan MgCl ₂	25
Gambar 4.4 :	Hasil dialisis untuk larutan NaCl	26
Gambar 4.5 :	Hasil dialisis untuk larutan MgCl ₂	27
Gambar 4.6 :	Hasil dialisis untuk larutan campuran NaCl dan MgCl ₂	28
Gambar L.B.1 :	Rangkaian percobaan dialisis	38
Gambar L.B.2 :	Rincian sel dialisis	39



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 :	Komposisi elemen utama pada air laut	9
Tabel 2.2 :	Konduktivitas molar ion pembatas ($cm^2equiv^{-1}ohm^{-1}$) pada 25°C	11
Tabel 4.1 :	Kadar garam NaCl dan MgCl ₂ setelah dialisis	28
Tabel 4.2 :	Tabel aktivitas NaCl dan MgCl ₂	29
Tabel L.D.1 :	Data pengukuran ketebalan membran	41
Tabel L.E.1 :	Data kurva baku NaCl	42
Tabel L.E.2 :	Data kurva baku MgCl ₂	43
Tabel L.F.1.1 :	Data pengukuran konduktivitas larutan NaCl	45
Tabel L.F.1.2 :	Data hubungan konsentrasi terhadap waktu pada larutan NaCl	46
Tabel L.F.2.1 :	Data pengukuran konduktivitas larutan MgCl ₂	47
Tabel L.F.2.2 :	Data hubungan konsentrasi terhadap waktu pada larutan MgCl ₂	48
Tabel L.F.3.1 :	Data pengukuran konduktivitas larutan campuran	49
Tabel L.F.2.2 :	Data hubungan konduktivitas terhadap waktu pada larutan campuran larutan MgCl ₂	50
Tabel L.G.1 :	Penentuan mmol Cl total	51
Tabel L.G.2 :	Penentuan mmol Mg	51
Tabel L.G.3.1.1:	Penentuan konsentrasi Cl total (Molar)	53
Tabel L.G.3.1.2:	Penentuan konsentrasi Mg (Molar)	53
Tabel L.G.3.2.1:	Penentuan konsentrasi MgCl ₂ (Molal)	54
Tabel L.G.3.2.2:	Penentuan konsentrasi NaCl (Molal)	54
Tabel L.G.4.1 :	Hasil analisis molalitas NaCl dan MgCl ₂	55
Tabel L.G.4.2 :	Hasil perhitungan kekuatan ion	55
Tabel L.G.5 :	Hasil perhitungan koefisien aktivitas	57
Tabel L.G.6 :	Hasil perhitungan aktivitas	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Tahapan Penelitian	37
Lampiran B. Rangkaian Alat	38
B.1. Rangkaian sel dialisis	38
B.2. Sel dialisis	39
Lampiran C. Cara penggunaan konduktometer	40
Lampiran D. Karakterisasi membran selulosa ester	41
D.1 Hasil pengukuran ketebalan membran	41
Lampiran E. Kurva Baku	42
E.1 Kurva Baku NaCl	42
E.2 Kurva Baku larutan MgCl ₂	42
Lampiran F. Data hasil pengamatan	45
F.1 Data dialisis NaCl	45
F.2 Data dialisis larutan MgCl ₂	47
F.2 Data dialisis larutan campuran	49
Lampiran G. Analisis kuantitatif pada larutan campuran setelah dialisis	51
G.1 Penentuan kadar garam klorida secara argentometri	51
G.2 Penentuan kadar garam magnesium secara kompleksometri	51
G.3 Penentuan konsentrasi NaCl dan MgCl ₂	53
G.3.1 Penentuan konsentrasi (Molar)	53
G.3.2 Penentuan konsentrasi (Molal)	54
G.4 Penentuan kekuatan ion	55
G.4.1 Molalitas NaCl dan MgCl ₂	55
G.4.2 Penentuan kekuatan ion	56
G.5 Penentuan koefisien aktivitas	57
G.6 Penentuan aktivitas	57
G.7 Kemampuan membran	57
G.7.1 Kemampuan memisahkan NaCl dan MgCl ₂	57
G.7.2 Kemampuan menahan MgCl ₂	57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Badan Informasi Geospasial (BIG), Indonesia merupakan negara maritim yang memiliki luas wilayah perairan 6.315.222 km² dan panjang garis pantai 99.093 km² [1]. Walaupun Indonesia menjadi negara dengan garis pantai terpanjang kedua di dunia, namun belum menjadikan Indonesia sebagai negara penghasil garam secara optimal yang mampu memenuhi kebutuhan garam NaCl berkualitas tinggi. Sampai saat ini kebutuhan garam nasional mencapai 4,2 juta ton per tahun yang masih belum dapat terpenuhi oleh petani garam lokal, sehingga untuk memenuhi kebutuhan garam masih diimpor dari luar negeri, seperti dari Australia, utamanya untuk garam industri [2]. Selain dikonsumsi, natrium klorida (garam) juga banyak digunakan sebagai bahan dasar (*starting material*) untuk berbagai keperluan industri, seperti pada industri farmasi, industri makanan, industri tekstil dan sebagainya. Impor garam dilakukan karena hasil produksi garam lokal Indonesia rata-rata hanya memiliki kemurnian NaCl maksimal sebesar 94% saja, sedangkan untuk memenuhi kebutuhan industri harus memiliki kemurnian NaCl minimal 97%.

Garam NaCl dihasilkan melalui proses kristalisasi. Adanya senyawa lain sebagai pengotor, yang juga turut mengkristal menyebabkan kemurnian produk garam NaCl masih rendah. Beberapa senyawa seperti MgCl₂, MgSO₄, CaCl₂, CaSO₄, KBr, KCl dalam air laut yang ikut mengkristal mengakibatkan kadar garam NaCl masih berkisar 75–80% dan cenderung kurang putih [3]. Salinitas air laut umumnya bervariasi antara 33 – 38‰, dengan rata-rata sekitar 35‰ [4]. Komponen MgCl₂ memiliki komposisi yang cukup banyak, mencapai 0,5% sehingga berpengaruh dalam kurangnya kemurnian garam. Banyak upaya yang telah dilakukan untuk meningkatkan kualitas garam lokal, misalnya dengan cara rekristalisasi, dan pencucian garam [5]. Cara lain untuk meningkatkan kualitas garam adalah pemurnian dengan menggunakan membran dengan memisahkan impuritasnya.

Membran secara umum didefinisikan sebagai suatu lapisan penghalang antara dua fasa, yang memiliki pori, berbentuk film tipis,

bersifat semipermeable dan selektif sehingga memungkinkan suatu fasa/komponen tertentu dapat melewatinya dan menahan fasa/komponen lainnya dalam suatu aliran fluida [6]. Keuntungan utama dari penggunaan teknologi membran daripada proses pemisahan lainnya adalah konsumsi energi yang rendah, sederhana, dan ramah lingkungan. Selain itu, keuntungan lain dengan menggunakan teknologi membran dalam proses pemisahan yaitu pemisahan dapat dilakukan secara kontinu, proses membran dapat dikombinasikan dengan proses pemisahan lain (*hybrid processing*), pemisahan dapat dilakukan dalam kondisi ringan, *up-scaling* mudah, dan sifat membran dapat diatur [7].

Membran komersial yang banyak digunakan adalah membran selulosa ester. Membran selulosa ester memiliki sifat dapat menahan temperatur hingga 130°C tanpa merubah pori dari membran, tidak mudah larut dalam air walaupun material polimernya bersifat hidrofilik dan memiliki porositas tinggi [8].

Cara-cara umum dalam pemurnian garam seperti *reverse osmosis* membutuhkan konsumsi energi tinggi. Sedangkan metode difusi dialisis membran dengan gaya dorong perbedaan konsentrasi memiliki keuntungan berupa pengoperasian yang lebih sederhana, polusi membran rendah, tidak menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan, konsumsi energi yang rendah, dan biaya instalasi yang lebih rendah [9]. Oleh karena itu pada penelitian ini, pemurnian garam NaCl dilakukan secara dialisis menggunakan membran selulosa ester. Adapun sebagai model air laut digunakan larutan garam yang mengandung campuran garam NaCl dan MgCl_2 , sebagai komponen utama air laut. Perbedaan konsentrasi dan perbedaan ukuran partikel dapat mempengaruhi laju difusi membran sehingga hal ini menjadi dasar dalam pemisahan NaCl dan MgCl_2 . Menutul Akram [10], molekul NaCl memiliki jari-jari hidrasi sebesar -784 kJ/mol dan MgCl_2 memiliki besar jari-jari hidrasi yaitu -2676 kJ/mol , jari-jari hidrasi NaCl lebih kecil dibandingkan MgCl_2 sehingga diharapkan molekul NaCl akan lebih mudah lolos melalui membran dibandingkan dengan MgCl_2 .

Kedua jenis garam merupakan elektrolit kuat sehingga perubahan konsentrasi dapat diamati berdasarkan konduktivitas larutan, baik dalam fasa dialisat maupun konsentrat [11]. Kemampuan membran untuk memisahkan garam MgCl_2 dan NaCl ditentukan

berdasarkan hasil analisis kuantitatif secara volumetri, dilakukan untuk hasil *sampling* setelah waktu kesetimbangan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pemisahan komponen NaCl dan MgCl₂ dalam larutan garam secara dialisis?
2. Bagaimana potensi membran selulosa ester digunakan pada pemisahan komponen NaCl dan MgCl₂ dalam larutan garam?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan di atas, maka penelitian ini dibatasi pada:

1. Membran yang digunakan adalah membran selulosa ester komersial merk *Millipore Bedford presterilized* tipe GS dengan ukuran pori 0,22 μm .
2. Laju alir yang digunakan adalah 347 mL/menit dan dilakukan pada temperatur $\pm 26^\circ\text{C}$.
3. Metode pemisahan yang digunakan adalah metode dialisis.
4. Larutan model yang digunakan adalah larutan NaCl 40000 ppm, larutan MgCl₂.6H₂O 2650 ppm serta larutan yang mengandung campuran NaCl 40000 ppm dan MgCl₂.6H₂O 2650 ppm.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membandingkan laju difusi garam NaCl dan garam MgCl₂ dalam proses dialisis menggunakan membran selulosa ester komersial.
2. Mempelajari potensi membran selulosa ester komersial untuk memisahkan garam NaCl dan MgCl₂ dalam larutan model.

1.5 Manfaat Penelitian

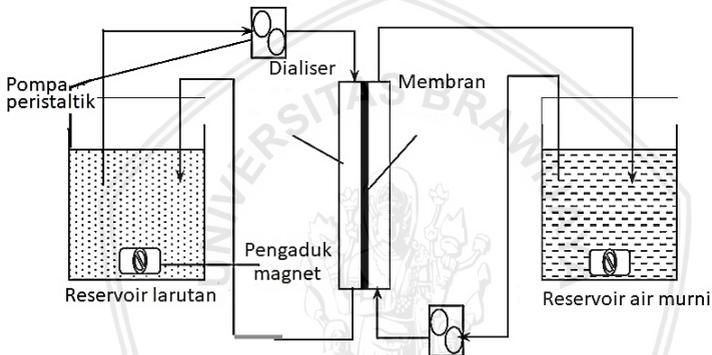
Penelitian ini diharapkan dapat menjadi metode alternatif untuk pemurnian garam secara dialisis sehingga dapat menjadi acuan untuk meningkatkan kemurnian garam NaCl.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dialisis

Dialisis adalah proses pemisahan pada zat terlarut yang berdifusi dari salah satu sisi ke sisi lain membran yang diakibatkan adanya gradien konsentrasi dan potensial kimia dari larutan. Membran dialisis berfungsi untuk memisahkan campuran koloid yang mengandung elektrolit dengan berat molekul kecil. Proses dialisis sering digunakan untuk proses cuci darah pada penderita penyakit gagal ginjal [12]. Berdasarkan penelitian Idris [13], skema sistem membran dialisis tunggal ditunjukkan pada Gambar 2.1.

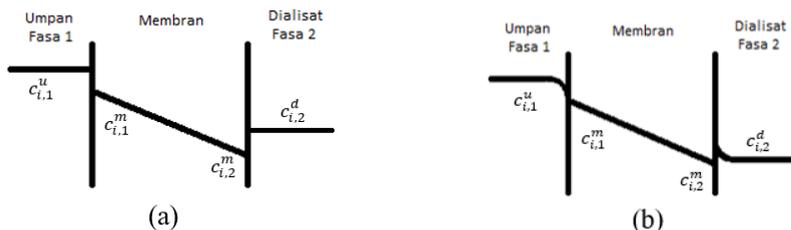


Gambar 2.1. Skema sistem membran dialisis tunggal [13]

Dialisis menggunakan suatu membran semipermeabel dilakukan untuk memisahkan spesies berdasarkan perbedaan ukuran. Zat terlarut yang akan dipisahkan dalam larutan umpan dialirkan pada satu sisi membran dan pelarut dialirkan pada sisi membran yang lain. Beberapa pelarut juga dapat berdifusi-silang melewati membran dengan arah yang berlawanan, yang akan mengurangi kinerja dialisis karena terjadi pengenceran larutan umpan. Fluks zat terlarut dipengaruhi oleh perbedaan konsentrasi pada membran, sehingga dialisis ditandai dengan tingkat fluks yang lebih rendah dibanding dengan proses membran lain seperti *reverse osmosis* atau mikrofiltrasi yang dipengaruhi oleh tekanan yang diberikan [14].

Dialisis merupakan proses di mana larutan berdifusi dari satu sisi ke membran (sisi umpan) ke sisi yang lain (sisi dialisat atau

permeat) berdasarkan gradien konsentrasinya. Pemisahan antara zat terlarut diperoleh sebagai hasil dari perbedaan dari tingkat difusi yang melewati membran yang terjadi dari perbedaan ukuran molekul dan perbedaan kelarutan.



Gambar 2.2. Profil konsentrasi dialisis

(a) Profil konsentrasi dialisis tanpa hambatan lapisan pembatas; (b) dengan hambatan lapisan pembatas

Dialisis adalah proses difusi dan pada transport *steady-state* dapat dijelaskan oleh hukum Fick yang menunjukkan setelah integrasi melewati membran mengikuti persamaan:

$$J_i = \frac{D_i}{\ell} (c_{i,1}^m - c_{i,2}^m) \quad (2.1)$$

atau dengan menyatakan distribusi koefisien setimbang K_i

$$J_i = \frac{D_i K_i}{\ell} \Delta c_i = \frac{P_i}{\ell} \Delta c_i \quad (2.2)$$

dimana:

D_i : koefisien difusi larutan,

P_i : koefisien permeabilitas,

K_i : koefisien distribusi atau koefisien partisi

$$(K_i = c_{i,1}^m / c_{i,1}^u = c_{i,2}^m / c_{i,2}^d),$$

ℓ : ketebalan membran,

Δc_i : perbedaan konsentrasi antara umpan dan dialisat

$$(\Delta c_i = c_{i,1}^u - c_{i,2}^d).$$

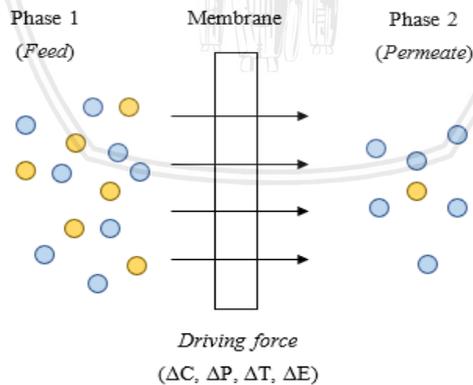
Persamaan sederhana ini menggambarkan fluks zat terlarut dalam dialisis sebanding dengan perbedaan konsentrasi. Pemisahan terjadi akibat adanya perbedaan dalam koefisien permeabilitas: komponen makromolekul memiliki koefisien difusi dan koefisien

distribusi yang lebih rendah daripada komponen dengan berat molekul rendah. Pada saat yang sama sebagai fluks zat terlarut terjadi aliran pelarut osmotik pada arah aliran yang berlawanan dari arah sisi konsentrasi rendah ke sisi dengan konsentrasi tinggi. Aliran zat terlarut dan pelarut tidak terjadi masing-masing namun secara bersamaan.

Dialisis umumnya digunakan untuk memisahkan komponen dengan berat molekul rendah dari komponen berat molekul tinggi. Tingkat perpindahan zat terlarut melewati membran sebagian besar bergantung pada bentuk, muatan, dan ukuran zat terlarut. Ukuran zat terlarut sangat berhubungan dengan bobot molekul [11].

2.2 Membran

Membran secara umum didefinisikan sebagai suatu lapisan penghalang antara dua fasa bersifat semipermeabel dan selektif sehingga memungkinkan suatu fasa/komponen tertentu dapat melewatinya dan menahan fasa/komponen lainnya dalam suatu aliran fluida [7]. Proses pemisahan kompoen dengan menggunakan membran umumnya didasarkan pada gaya dorong (*driving force*) yang berupa perbedaan ukuran partikel, gradien temperatur (ΔT), gradien konsentrasi (ΔC), gradien tekanan (ΔP), gradien potensial (ΔE) dengan hasil yang disebut permeat (komponen atau spesi kimia tertentu yang berhasil lolos melalui membran) [15]. Skema pemisahan membran secara umum ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Skema pemisahan membran

Proses membran dicirikan dengan adanya aliran umpan yang dibagi menjadi dua, yaitu aliran konsentrat dan aliran permeat, yang menyiratkan bahwa baik konsentrat maupun permeat merupakan produk. Apabila yang diinginkan adalah konsentrasi, maka konsentrat atau retentate biasanya akan menjadi aliran produk. Namun dalam kasus pemurnian, baik retentate maupun permeat dapat menghasilkan produk yang diinginkan tergantung pada pengotor yang harus dipisahkan [11].

Berdasarkan jenis bahannya, membran dibedakan menjadi membran alami dan membran sintetik. Membran alami yaitu membran yang terbentuk secara alamiah (tersusun dari protein dan lipida). Sedangkan membran sintetik yaitu membran yang biasanya tersusun dari bahan sintetik baik organik (polimer) maupun anorganik (keramik, gelas) [16].

Berdasarkan struktur dan prinsip pemisahannya, membran diklasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu [11]:

a) Membran berpori

Proses pemisahan dengan membran jenis ini berdasarkan ukuran partikel. Aplikasi dari membran ini adalah mikrofiltrasi dengan ukuran pori 0,1 – 10 μm dan ultrafiltrasi dengan ukuran pori 2 – 100 nm.

b) Membran tidak berpori

Proses pemisahan dengan membran jenis ini didasarkan pada perbedaan kelarutan dan atau difusivitas. Berdasarkan hal tersebut, sifat intrinsik membran akan menentukan selektivitas dan permeabilitasnya. Pengaplikasian membran tidak berpori dapat untuk pervaporasi, permeasi uap, separasi gas, dan dialisis.

c) Membran dengan pembawa

Proses pemisahan dengan membran ini terjadi karena adanya molekul pembawa yang memindahkan komponen yang diinginkan melewati pembatas. Molekul pembawa ini memiliki spesifik afinitas terhadap komponen yang diinginkan.

2.3 Membran selulosa ester

Membran selulosa ester adalah hasil reaksi dari selulosa asetat dan selulosa nitrat. Membran selulosa ester termasuk dalam klasifikasi membran berpori. Membran jenis ini memiliki struktur semikristalin dan tahan terhadap temperatur hingga 130°C tanpa

merubah struktur pori dari membran, memiliki porositas yang tinggi, tidak mudah larut dalam air walaupun material polimernya bersifat hidrofilik. Selulosa ester memiliki banyak keuntungan sebagai material membran, seperti mudah diproduksi, bahan mentahnya berasal dari sumber yang dapat diperbaharui, memiliki selektivitas yang tinggi [11]. Selain itu, selulosa ester memiliki titik transisi gelas 49 – 76 °C dan perubahan kristalinitas terjadi pada suhu 170,1 °C. Membran selulosa ester ini tidak memiliki titik leleh sehingga jika dipanaskan lebih lanjut akan mengalami degradasi [17]. Membran selulosa ester banyak diaplikasikan untuk keperluan laboratorium diantaranya adalah pada proses sterilisasi cairan biologi, mikrobiologi, penyaringan kontaminan-kontaminan, dan pemantauan udara [18].

2.4 Air Laut

Menurut Dewa [4], permukaan laut memiliki luas total mencapai 361 juta km², dengan rata-rata kedalaman 3.730 m dan total volume sekitar 1,347 miliar km³. Setiap 1 km³ air laut setara dengan berat 1,12 miliar ton dan sebanyak 40 juta ton mengandung bahan terlarut. Aspek paling unik dari bahan terlarut pada air laut adalah kadar garam atau salinitas. Salinitas merupakan jumlah kandungan garam yang terlarut dalam air laut, yang dinyatakan dalam per seribu (‰) setiap satu kilogram air laut. Salinitas air laut umumnya bervariasi antara 33 – 38‰, dengan rata-rata sekitar 35‰. Terdapat enam elemen utama yang merupakan sumber dari garam terlarut dalam air laut yang mencapai lebih dari 90‰, komposisi masing-masing elemen atau ion utama pada air laut dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi elemen utama pada air laut [4]

Jenis elemen/ion	Total ‰ pada garam (berdasarkan berat)
Natrium (Na ⁺)	55,04
Klorin (Cl ⁻)	30,61
Magnesium (Mg ²⁺)	3,69
Sulfur (SO ₄ ²⁻)	7,68
Kalsium (Ca ²⁺)	1,16
Kalium (K ⁺)	1,10
Bikarbonat (HCO ₃ ⁻)	0,41
Bromin (Br ⁻)	0,19

2.5 Konduktivitas larutan elektroit

Konduktivitas merupakan kebalikan dari tahanan. Hukum Kohlrausch menyatakan bahwa konsentrasi bergantung pada konduktivitas molar suatu senyawa yang terdisosiasi secara sempurna menjadi ion-ion dalam suatu larutan. Sifat gerakan molekuler dapat dipelajari lebih lanjut berdasarkan gerakan ion dalam larutan, karena ion dapat terbawa melalui pelarut akibat adanya beda potensial antara dua elektroda yang dicelupkan dalam sampel.

Pengukuran dasar yang digunakan dalam mempelajari gerakan ion adalah tahanan elektrik (resistivitas), R , dari larutan. Konduktivitas, G , dari suatu larutan merupakan kebalikan dari resistivitas. Konduktivitas suatu larutan bergantung pada jumlah ion yang ada, umumnya dikenal dengan konduktivitas molar, Λ_m , yang dapat dinyatakan oleh persamaan berikut:

$$\Lambda_m = \frac{\kappa}{C} \quad (2.1)$$

keterangan:

Λ_m : konduktivitas molar ($S m^2 mol^{-1}$),

κ : konduktivitas ($S m^{-1}$),

C : konsentrasi molar dari elektrolit yang ditambahkan (M).

Konduktivitas molar berbeda bergantung pada konsentrasi larutan. Hal ini terjadi berdasarkan jumlah ion dalam larutan yang mungkin tidak sebanding dengan konsentrasi elektrolit. Selain itu, disebabkan adanya ion yang saling berinteraksi secara kuat sehingga konduktivitas suatu larutan tidak sebanding dengan jumlah ion yang ada.

Hukum Kohlrausch menyatakan bahwa larutan elektrolit kuat yaitu zat yang dapat terionisasi sempurna, dengan konsentrasi rendah, memiliki variasi konduktivitas molar linier atau sebanding dengan akar konsentrasi. Persamaan hukum Kohlrausch dapat dinyatakan sebagai [11]:

$$\Lambda_m = \Lambda_m^o - \lambda \sqrt{C} \quad (2.2)$$

dimana:

Λ_m^o : konduktivitas molar pada pengenceran tak hingga, yaitu konduktivitas molar saat ion tidak saling berinteraksi

λ : koefisien yang bergantung pada stoikiometri elektrolit.

Hukum Kohlrausch juga dapat menetapkan secara eksperimental bahwa Λ_m^o dapat dinyatakan sebagai jumlah kontribusi dari ion bebasnya, hukum ini dikenal sebagai hukum Kohlrausch migrasi independent ion sebagai persamaan berikut [11]:

$$\Lambda_m^o = \nu_+ \lambda_+^o + \nu_- \lambda_-^o \quad (2.3)$$

keterangan:

ν_+ : koefisien stoikiometri kation

ν_- : koefisien stoikiometri anion

λ_+^o : konduktivitas molar ion pembatas kation

λ_-^o : konduktivitas molar ion pembatas anion

Tabel 2.2 Konduktivitas molar ion pembatas ($cm^2 equiv^{-1} ohm^{-1}$) pada 25°C [19]

Kation	λ_+^o	Anion	λ_-^o
H ⁺	349,8	OH ⁻	197,6
Li ⁺	38,69	Cl ⁻	76,34
Na ⁺	50,11	Br ⁻	78,3
K ⁺	73,52	I ⁻	76,8
NH ₄ ⁺	73,4	C ₂ O ₄ ²⁻	74,2
Mg ²⁺	53,06	NO ₃ ⁻	71,44
Ca ²⁺	59,50	CH ₃ CO ₂ ⁻	40,9
Zn ²⁺	53	SO ₄ ²⁻	80

2.6 Teori Debye-Hückel larutan elektrolit

Teori Debye-Hückel menampilkan teori mengenai efek tarik-menarik antar ion yang memungkinkan untuk menghitung koefisien aktivitas secara teoritis. Peter Debye dan Erich Hückel beranggapan bahwa ion adalah muatan-muatan titik yang jarak satu sama lainnya relative besar, bahwa tetapan dielektrik dari larutan elektrolit tidak tergantung pada konsentrasi zat terlarut, dan bahwa tetapan dielektrik dari air dapat digunakan dalam semua perhiungan, sehingga diperoleh rumus :

$$-\log \gamma_i = A z_i^2 \sqrt{I} \quad (2.4)$$

keterangan:

γ_i : koefisien aktivitas dari sebuah spesies ionik tunggal

A : konstanta dengan nilai 0,509

z_i : jumlah muatan ionik

I : kekuatan ionik larutan

Rumus di atas sangat membantu dalam menyediakan aturan untuk ekstrapolasi sampai konsentrasi nol dan sering disebut *Hukum Pembatasan Debye-Hückel*. Namun rumus ini tidak mungkin digunakan secara eksperimen karena tidak mungkin suatu larutan hanya mengandung satu spesies ionik tunggal. Koefisien aktivitas rata-rata untuk tipe elektrolit 1 : 1 didefinisikan dengan rumus [20]:

$$\gamma_{\pm} = \sqrt{\gamma_+ \gamma_-} \quad (2.5)$$

Suatu modifikasi rumus Debye-Hückel untuk larutan dengan spesies ion lebih dari satu dinyatakan sebagai dalam hukum Pembatasan Debye-Hückel [21]:

$$\log \gamma_{\pm} = -|z_+ z_-| A I^{1/2} \quad (2.6)$$

dimana :

- γ_{\pm} : koefisien aktivitas
- z_+ : muatan ionik kation
- z_- : muatan ionik anion
- A : konstanta dengan nilai 0,509
- I : kekuatan ion

Kekuatan ion untuk larutan yang terdiri dari dua jenis ion dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$I = \frac{1}{2} (b_+ z_+^2 + b_- z_-^2) / b^{\ominus} \quad (2.7)$$

keterangan:

- I : kekuatan ion
- b_+ : molalitas
- b_- : molalitas
- z_+ : muatan ionik kation
- z_- : muatan ionik anion

2.7 Penentuan kadar garam

2.7.1 Penentuan kadar Mg

Titration kompleksometri atau khelatometri merupakan salah satu bentuk analisis volumetrik yang melibatkan pembentukan kompleks berwarna sebagai penanda tercapainya titik akhir titrasi. Kompleks ini disebut khelat dan terjadi akibat reaksi antara analit dan titran yang saling mengompleks sehingga menghasilkan senyawa kompleks berwarna. Larutan asam etilen diamin tetra asetat (EDTA) merupakan larutan yang umumnya digunakan sebagai titran. EDTA umum

digunakan pada penentuan larutan kation logam karena konstanta pembentukan untuk kebanyakan kompleks kation logam-EDTA yang sangat tinggi, sehingga reaksi kesetimbangannya dapat diartikan sebagai berikut [22]:



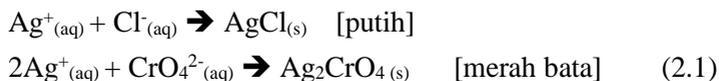
Kompleks yang stabil akan terbentuk apabila EDTA bereaksi dengan semua logam, kecuali logam alkali. EDTA dengan logam alkali tanah seperti magnesium (Mg) membentuk kompleks yang tidak stabil, sehingga penambahan indikator diperlukan untuk mendeteksi titik akhir titrasi. Indikator yang digunakan harus mampu menghasilkan suatu warna yang pasti ketika mencapai titik akhir titrasi.

Indikator kompleksometri adalah zat pewarna ionokromik yang mengalami perubahan warna yang pasti pada reaksi dengan logam tertentu. Indikator ini akan membentuk kompleks yang lemah dengan ion yang ada dalam larutan dan menghasilkan warna yang berbeda secara signifikan dari kompleks yang terbentuk [23]. Indikator yang dapat digunakan pada titrasi kompleksometri EDTA untuk penentuan kadar Mg adalah indikator Eriochrom Black-T (EBT).

EBT berubah menjadi merah ketika membentuk kompleks dengan Ca, Mg, Al atau ion logam lain. Ketika digunakan sebagai indikator dalam titrasi kompleksometri EDTA, karakteristik tercapainya titik akhir ketika penambahan EDTA yang cukup dan ion logam terikat ke indikator yang dikelat oleh EDTA, melepaskan molekul indikator bebas [24].

2.7.2 Penentuan kadar Cl⁻

Titrasi argentometri atau biasa disebut dengan titrasi pengendapan merupakan suatu metode yang umum digunakan dalam penentuan kadar ion klorida dari suatu larutan sampel melalui titrasi dengan perak nitrat (AgNO₃). Larutan AgNO₃ ditambahkan secara perlahan hingga endapan AgCl terbentuk seperti persamaan reaksi (2.1):



repository.ub.ac.id

Titik akhir titrasi ditandai ketika semua ion klorida terendapkan. Titrasi argentometri menggunakan kalium kromat sebagai indikator, untuk membentuk endapan Ag_2CrO_4 berwarna merah bata. Metode ini dapat digunakan untuk menentukan kadar ion klorida pada sampel air [25].



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilakukan antara bulan September hingga November 2018 di Laboratorium Kimia Fisik, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang.

3.2 Alat dan bahan penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat gelas, seperangkat sel dialisis, cawan petri, konduktometer merk *Zi Trans Instrumen* tipe HC3010, micrometer skrup, spektrofotometri inframerah (FTIR) Shimadzu 8400s.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah membran selulosa ester merk *Millipore Bedford, MA. 01730*, padatan NaCl murni, padatan $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ murni, indikator EBT, larutan EDTA 0,01 M, larutan $AgNO_3$ 0,025M, indikator K_2CrO_4 , larutan buffer pH 10.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahap penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a) Karakterisasi membran selulosa ester
 - a. Pengukuran ketebalan membran
 - b. Identifikasi dengan spektroskopi inframerah (FT-IR)
- b) Preparasi larutan sampel
 - a. Preparasi larutan NaCl
 - b. Preparasi larutan $MgCl_2$
 - c. Preparasi larutan yang mengandung NaCl dan $MgCl_2$
- c) Pembuatan kurva baku larutan NaCl dan $MgCl_2$
- d) Dialisis larutan garam menggunakan membran selulosa ester
 - a. Penataan rangkaian percobaan dialisis
 - b. Pengukuran laju alir
 - c. Dialisis larutan NaCl
 - d. Dialisis larutan $MgCl_2$
 - e. Dialisis larutan yang mengandung NaCl dan $MgCl_2$
- e) Analisis kuantitatif larutan dialisis dan konsentrat
 - a. Analisis garam magnesium secara kompleksometri

- b. Analisis garam klorida secara argentometri
- f) Analisis data dan Analisis hasil
 - a. Penentuan konduktivitas jenis

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Karakterisasi membran selulosa ester

b. Pengukuran ketebalan membran

Ketebalan membran dapat diketahui dengan melakukan pengukuran pada 4 titik dari membran selulosa ester komersial secara acak dengan menggunakan micrometer skrup.

c. Identifikasi dengan spektroskopi infra merah (FTIR)

Identifikasi gugus fungsi membran selulosa ester komersial dilakukan dengan spektrofotometer inframerah (FTIR). Analisis dilakukan untuk sampel membran secara langsung.

3.4.2 Preparasi larutan sampel

a. Preparasi larutan NaCl

Kristal NaCl ditimbang sebanyak 4,0012 g dimasukkan dalam gelas kimia 50 mL dan ditambah sedikit akuades. Garam dan akuades diaduk hingga kristal NaCl larut. Larutan NaCl dipindahkan ke dalam labu takar 100 mL dan ditandabatkan dengan akuades. Larutan dikocok agar homogen, kemudian diukur konduktivitasnya sebagai konduktivitas awal larutan NaCl.

b. Preparasi larutan MgCl₂

Kristal MgCl₂ ditimbang sebanyak 0,5015 g dimasukkan dalam gelas kimia 50 mL dan ditambahkan sedikit akuades. Garam dan akuades diaduk hingga kristal MgCl₂ larut. Larutan MgCl₂ dipindahkan ke dalam labu takar 100 mL dan ditandabatkan dengan akuades. Larutan dikocok agar homogen, kemudian diukur konduktivitasnya sebagai konduktivitas awal larutan MgCl₂.

c. Preparasi larutan campuran NaCl dan MgCl₂

Larutan yang mengandung kedua jenis garam disiapkan dengan mencampurkan larutan dengan perbandingan volume 1 : 1 sehingga diperoleh konsentrasi akhir NaCl 40000 ppm dan MgCl₂ 2650 ppm.

Larutan NaCl disiapkan dengan cara yang sama seperti preparasi pada 3.4.2.a, tetapi digunakan massa NaCl sebanyak

8,0005 g. Adapun untuk larutan $MgCl_2$, seperti halnya percobaan 3.4.2.b, namun massa kristal $MgCl_2$ yang digunakan sebanyak 1,0006 g.

Campuran kedua larutan garam disiapkan dengan menggabungkan larutan, masing-masing sebanyak 150 mL dan dihomogenkan dengan pengadukan. Larutan ini kemudian diukur konduktivitasnya.

3.4.3 Pembuatan kurva baku larutan NaCl dan $MgCl_2$

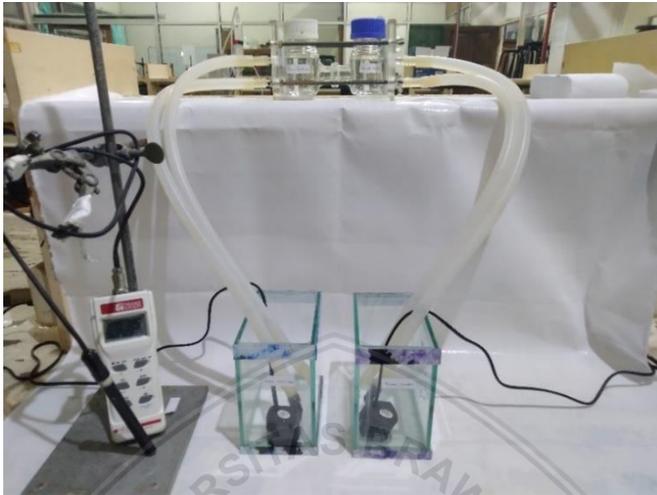
Pembuatan kurva baku NaCl dilakukan dengan membuat larutan NaCl dengan konsentrasi 0,01; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1; 1,2 M, sedangkan larutan $MgCl_2$ dengan variasi konsentrasi 0,001; 0,005; 0,01; 0,015; 0,02; 0,025; 0,03 M dan diukur konduktivitas masing-masing larutan. Nilai pengukuran konduktivitas larutan dikonversi menjadi konduktivitas molar. Hasil konversi konduktivitas molar diplotkan pada kurva dengan sumbu x adalah akar konsentrasi dan sumbu y adalah konduktivitas molar.

3.4.4 Dialisis larutan garam menggunakan membran selulosa ester

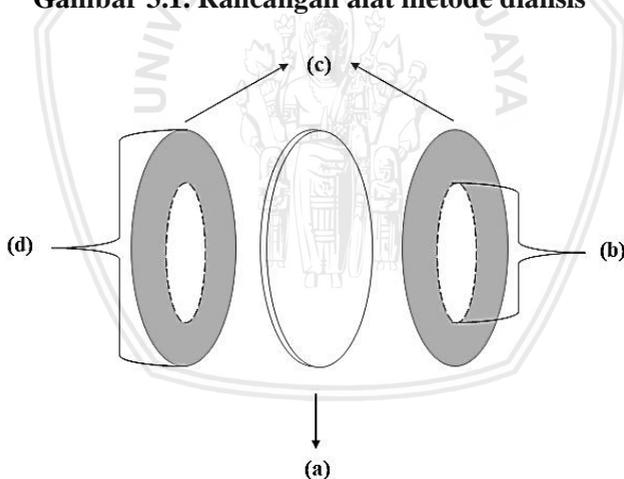
a. Penataan rangkaian percobaan dialisis

Rangkaian percobaan dialisis disusun sesuai dengan Gambar 3.1. Secara lengkap penjelasan setiap bagian diberikan pada Gambar L.B.1 pada Lampiran B.1. Membran selulosa ester yang digunakan disiapkan berbentuk lingkaran dengan diameter 3,6 cm. Membran diletakkan di antara dua sel dialisis yang telah diberi lapis tipis silikon dengan diameter dalam 2,2 cm dan diameter luar 3,6 cm (skema pada Gambar 3.2). Secara rinci sel dialisis diberikan pada Gambar L.B.1, Lampiran B. Selanjutnya kedua sel dialisis dihubungkan menggunakan kawat berbentuk spiral dan diperkuat dengan klem. Sel dihubungkan dengan selang silikon, baik pada bagian input maupun output cairan. Pada sel yang akan digunakan cairan sampel, selang input dipasang pada bagian bawah sedangkan selang output pada bagian atas. Pada sel yang akan digunakan akuades, pemasangan selang silikon berbalik arah. Selang input dipasang pada bagian atas sedangkan selang output pada bagian bawah. Adapun ujung lain selang silikon dihubungkan

dengan pompa sirkulasi. Pompa sirkulasi diletakkan dalam cairan yang ditempatkan dalam reservoir.



Gambar 3.1. Rancangan alat metode dialisis



Gambar 3.2. Skema letak membran pada sel dialisis

Keterangan gambar:

- (a) Membran
- (b) Diameter lingkaran dalam lapis silikon
- (c) Lapisan tipis silikon;
- (d) Diameter lingkaran luar lapis silikon.

b. Penentuan laju alir

Pada penelitian ini laju alir cairan, baik pada sisi larutan garam maupun akuades dibuat tetap. Laju alir tidak dilakukan pengaturan tetapi disesuaikan dengan kapasitas pompa sirkulasi yang digunakan. Laju alir diukur dengan cara menampung jumlah cairan yang keluar dari selang output selama 30 menit. Pengukuran dilakukan baik pada sisi akuades maupun larutan sampel.

c. Dialisis larutan NaCl

Dialisis dilakukan untuk larutan NaCl 40000 ppm pada berbagai variasi waktu. Membran selulosa yang akan digunakan dipasang pada rangkaian percobaan dialisis. Setelah rangkaian siap digunakan, kedua sel dialisis diisi dengan cairan, sel akuades diisi dengan 80 mL akuades dan sel umpan diisi 80 mL larutan NaCl 40000 ppm. Adapun reservoir untuk kedua cairan masing-masing diisi 220 mL cairan yang sesuai. Sebelum dilakukan dialisis, terlebih dahulu konduktivitas larutan pada sel umpan dan sel dialisis diukur menggunakan konduktometer. Dialisis dilakukan selama 180 menit, tetapi setiap 20 menit konduktivitas larutan, baik pada sel umpan maupun sel dialisis diukur. Setelah selesai, semua rangkaian dilepas dan dibersihkan. Baik sel dialisis maupun reservoir dicuci bersih dan dibilas dengan akuades.

d. Dialisis larutan MgCl₂

Dialisis untuk larutan MgCl₂ dilakukan dengan cara yang sama seperti halnya larutan NaCl, tetapi digunakan larutan MgCl₂ dengan konsentrasi 2650 ppm. Membran selulosa yang digunakan merupakan membran yang baru, dipasang pada rangkaian percobaan dialisis. Setelah rangkaian siap digunakan, kedua sel dialisis diisi dengan cairan, sel akuades diisi dengan 80 mL akuades dan sel umpan diisi 80 mL larutan MgCl₂ 2650 ppm. Reservoir untuk kedua cairan masing-masing diisi 220 mL cairan yang sesuai. Sebelum dilakukan dialisis, terlebih dahulu konduktivitas larutan pada sel umpan dan sel dialisis diukur menggunakan konduktometer. Dialisis dilakukan selama 140 menit, tetapi setiap 20 menit konduktivitas larutan, baik pada sel umpan maupun sel dialisis diukur. Setelah selesai, rangkaian dibersihkan untuk digunakan larutan yang berisi campuran NaCl dan MgCl₂.

e. Dialisis larutan yang mengandung NaCl dan MgCl₂

Dialisis dilakukan untuk larutan yang mengandung NaCl 40000 ppm dan MgCl₂ 2650 ppm dilakukan dengan cara yang sama seperti pada larutan NaCl maupun larutan MgCl₂. Larutan digunakan sebagai umpan adalah larutan yang mengandung kedua jenis garam perbandingan volume 1 : 1 sehingga diperoleh konsentrasi akhir NaCl 40000 ppm dan MgCl₂ 2650 ppm. Membran selulosa yang akan digunakan dipasang pada rangkaian percobaan dialisis. Setelah rangkaian siap digunakan, kedua sel dialisis diisi dengan cairan, sel akuades diisi dengan 80 mL akuades dan sel umpan diisi 80 mL. Adapun reservoir untuk kedua cairan masing-masing diisi 220 mL cairan yang sesuai. Sebelum dilakukan dialisis, terlebih dahulu konduktivitas larutan pada sel umpan dan sel dialisis diukur menggunakan konduktometer. Dialisis dilakukan selama 180 menit, tetapi setiap 20 menit konduktivitas larutan, baik pada sel umpan maupun sel dialisis diukur. Setelah selesai, semua rangkaian dilepas dan dibersihkan. Baik sel dialisis maupun reservoir dicuci bersih dan dibilas dengan akuades.

3.4.5 Analisis kuantitatif larutan dialisis dan konsentrat

a. Analisis garam magnesium secara kompleksometri

- **Pengenceran larutan sampel**

Larutan sampel, baik dialisis maupun umpan pada dialisis campuran, diencerkan dengan cara sebanyak 1 mL larutan sampel dimasukkan ke dalam labu takar 10 mL dan ditandabatkan dengan akuades. Larutan dikocok hingga homogen. Larutan diambil 1 mL, dimasukkan ke dalam labu takar 50 mL dan ditandabatkan dengan akuades, dikocok hingga homogen sehingga diperoleh larutan dengan pengenceran 50 kali.

- **Penentuan kadar garam magnesium**

Cairan sampel, baik umpan maupun dialisis, untuk larutan yang berisi campuran yang telah diencerkan diambil sebanyak 5 mL dan dipindahkan ke dalam labu takar 100 mL. Larutan kemudian ditambahkan tersebut ditambahkan 1 mL larutan buffer pH 10 dan 10 tetes sedikit indikator EBT

hingga larutan menjadi berwarna ungu. Larutan dititrasi dengan larutan EDTA 0,01 M hingga warna berubah menjadi biru. Volume yang diperoleh digunakan untuk menentukan kadar ion Mg^{2+} dalam sampel.

b. Analisis Kuantitatif untuk Cl^- Menggunakan Titration Argentometri

• **Penentuan kadar Cl^-**

Larutan dialisis maupun umpan untuk sampel uji yang telah diencerkan diambil sebanyak 10 mL. dan dipindahkan ke dalam erlenmeyer 100 mL. Larutan ditambah 3 tetes indikator K_2CrO_4 hingga larutan berwarna kuning, kemudian dititrasi menggunakan larutan $AgNO_3$ 0,025 M hingga terjadi perubahan warna menjadi merah bata. Volume yang diperoleh digunakan untuk menentukan kadar ion Cl^- .

3.4.6 Analisis hasil dan analisis data

a. Penentuan kadar Mg

$$Kadar Mg = \frac{1000}{V_{sampel}} \times M_{EDTA} \times Ar Mg \times V_{EDTA} \times f_p$$

b. Penentuan kadar Cl^-

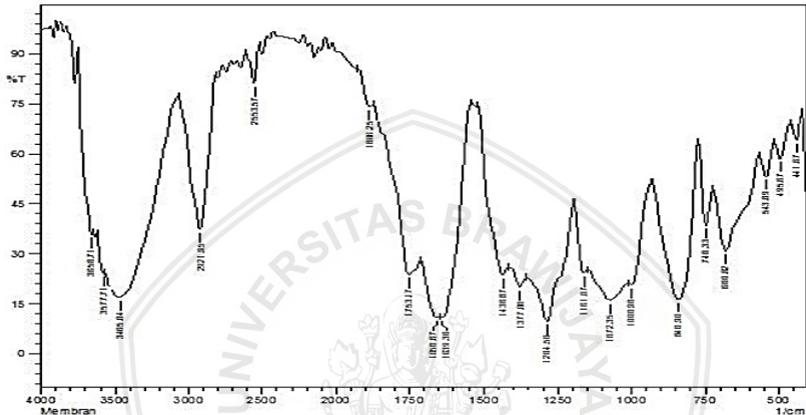
$$Kadar Cl = \frac{1000}{V_{sampel}} \times M_{AgNO_3} \times Ar Cl \times V_{AgNO_3} \times f_p$$



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakterisasi membran selulosa ester

Karakterisasi yang dilakukan meliputi penentuan struktur berdasarkan spektrofotometri FT-IR, ketebalan membran dan karakter pori. Hasil analisis sifat kimia terdapat pada spektrum FT-IR yang ditunjukkan oleh Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Spektrum FT-IR membran selulosa ester

Interpretasi spektrum FTIR yang dihasilkan menunjukkan adanya puncak khas tajam pada daerah bilangan gelombang 1753 cm^{-1} berasal dari vibrasi ulur karbonil, $-\text{C}=\text{O}$, dari gugus fungsi ester. Pergeseran dari nilai yang umum, yaitu 1753 cm^{-1} disebabkan adanya konjugasi yang berasal dari kerangka utama polimer. Vibrasi ulur dari ikatan $-\text{OH}$ ditunjukkan pada puncak 3465 cm^{-1} berasal dari gugus hidroksil pada selulosa yang berikatan hidrogen. Adapun selulosa nitrat sebagai campuran dalam membran dapat diidentifikasi dari adanya serapan pada 1377 cm^{-1} berasal dari vibrasi ulur simetrik gugus nitro $-\text{N}-\text{O}$ [26].

Ketebalan membran yang digunakan pada dialisis memiliki peranan penting. Oleh karenanya, sebelum digunakan, ketebalan membran diukur menggunakan mikrometer sekrup. Hasil pengukuran

berbagai posisi pada permukaan untuk beberapa lembar membran yang berbeda diperoleh ketebalan $0,1225 \pm 0,0022$ mm.

Dialisis merupakan fenomena transfer senyawa, dapat berbentuk ion ataupun senyawa netral, yang terjadi melalui proses difusi. Pemisahan antar spesi ditentukan oleh perbedaan konsentrasi serta laju difusi senyawa untuk melewati membran. Laju difusi senyawa sesuai hukum Fick, akan sebanding dengan jarak tempuh, dalam membran, hal ini akan setara dengan ketebalan karena jenis membran yang digunakan adalah berbentuk plat atau film tipis [11].

Adapun porositas membran yang digunakan telah diketahui berdasarkan penelitian sebelumnya [15]. Ukuran jari-jari untuk tiga pori terbesar, berturut-turut adalah $(0,439 \pm 0,048)$ μm , $(0,363 \pm 0,051)$ μm dan $(0,157 \pm 0,050)$ μm . Ukuran pori menunjukkan membran memiliki distribusi ukuran pori yang kurang homogen dan termasuk kategori membran mikrofiltrasi.

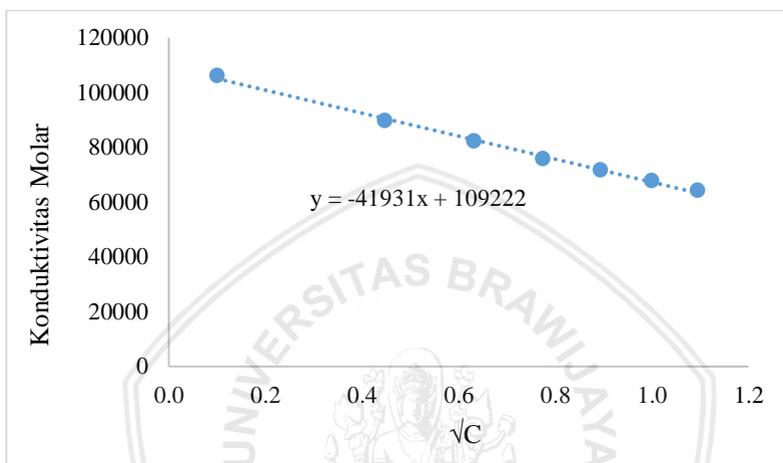
4.2 Dialisis larutan sampel garam

Sebelum dilakukan dialisis terlebih dahulu dilakukan pengukuran laju alir cairan pada kedua sisi. Hasil pengukuran pada sel berisi akuades dan pada sisi larutan garam menunjukkan laju alir yang relative sama yaitu 347 mL/menit. Laju alir cairan dalam dialisis berperan penting karena menentukan lama kontak antara ion-ion pada permukaan membran dengan akuades pada sisi lainnya serta mempengaruhi mobilitas molekul. Saat laju tinggi, maka molekul memiliki energi yang besar untuk bergerak sehingga laju difusi akan tinggi, namun hal ini akan menyebabkan kontak antara ion garam dengan akuades berlangsung cepat. Sebagai akibatnya akan mengurangi ion garam yang berdifusi ke dalam akuades pada sisi dialisis. Oleh karenanya pada penelitian ini laju alir cairan dibuat tetap.

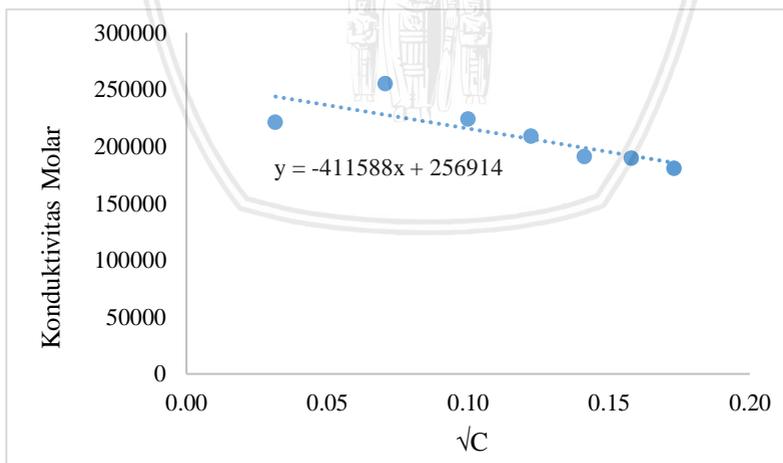
4.2.1 Pembuatan kurva baku larutan garam

Proses dialisis yang dilakukan pada penelitian ini diamati berdasarkan perubahan konduktivitas. Hal ini dapat dilakukan karena kedua garam, NaCl dan MgCl_2 merupakan larutan elektrolit kuat. Dalam suatu larutan elektrolit kuat maka garam akan terionisasi

sempurna menjadi anion dan kation yang berfungsi sebagai pembawa muatan. Namun pada konsentrasi tinggi tidak semua ion akan memiliki aktivitas yang sama dengan konsentrasinya. Oleh karenanya, hubungan antara konduktivitas dengan konsentrasi bukan merupakan hubungan linier, tetapi akan linier dengan akar konsentrasi. Hal ini sesuai dengan persamaan Kohlrausch. Kurva baku NaCl dan MgCl₂ berturut-turut diberikan pada Gambar 4.2. dan 4.3.



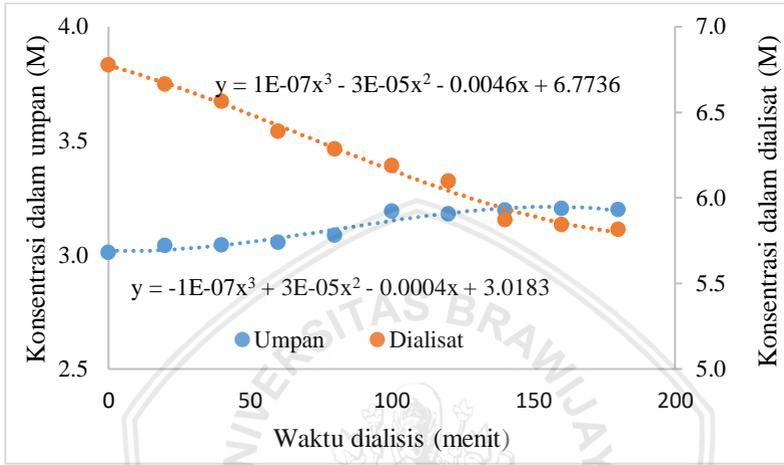
Gambar 4.2. Kurva baku larutan NaCl



Gambar 4.3. Kurva baku larutan MgCl₂

4.2.2. Dialisis larutan garam NaCl

Dialisis larutan garam, baik NaCl maupun $MgCl_2$, dengan menggunakan membran diukur berdasarkan perubahan konduktivitas larutan umpan garam selama dialisis berlangsung. Hasil dialisis untuk larutan NaCl, baik untuk umpan dan dialisat dicantumkan dalam Gambar 4.4.



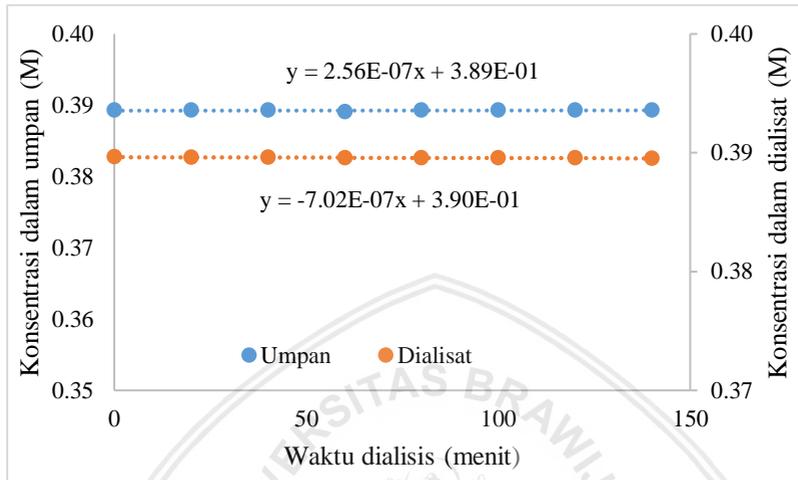
Gambar 4.4. Hasil dialisis untuk larutan NaCl

Berdasarkan hasil pada kurva, konsentrasi larutan NaCl dalam fasa umpan cenderung meningkat, sebaliknya dalam fasa dialisat mengalami penurunan. Peningkatan terjadi karena terjadinya proses pemekatan dalam sisi umpan sedangkan pengenceran pada sisi dialisat disebabkan adanya akuades yang berdifusi ke luar dari fasa umpan menuju fasa dialisat. Hasil ini didukung dari data volume akhir setelah dialisis berlangsung 180 menit. Volume awal pada masing-masing fasa adalah 300 mL namun volume akhir pada fasa umpan menjadi 180 mL sedangkan pada fasa dialisat menjadi 420 mL.

Berdasarkan persamaan garis polinomial kedua kurva maka akan diperoleh titik belok adalah sebagai waktu kesetimbangan. Untuk fasa umpan kesetimbangan dicapai saat 81,32 menit sedangkan untuk fasa dialisat dicapai setelah 142 menit.

4.2.3. Dialisis larutan garam $MgCl_2$

Hasil dialisis untuk larutan $MgCl_2$, baik untuk umpan dan dialisat dicantumkan dalam Gambar 4.5. Waktu dialisis dipilih hingga 140 menit didasarkan pada waktu setimbang untuk $NaCl$.

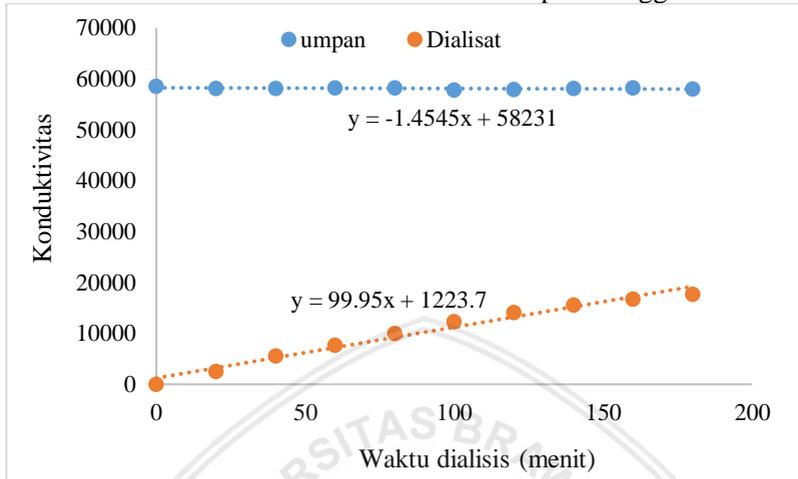


Gambar 4.5. Hasil dialisis untuk larutan $MgCl_2$

Hasil analisis untuk larutan $MgCl_2$ hingga waktu dialisis 140 menit belum menunjukkan adanya titik belok sehingga untuk $MgCl_2$ pada percobaan ini tidak ditentukan waktu setimbangnya. Namun tampak bahwa konsentrasi larutan $MgCl_2$, baik pada fasa umpan maupun fasa dialisat cenderung konstan. Hal ini menunjukkan garam $MgCl_2$ hanya sedikit yang mengalami difusi menuju fasa dialisat, sehingga tampaknya kesetimbangan tercapai dengan cepat.

4.2.4. Dialisis larutan campuran garam NaCl dan MgCl₂

Hasil dialisis untuk larutan campuran kedua jenis garam diberikan dalam Gambar 4.6. Waktu dialisis dipilih hingga 180 menit.



Gambar 4.6. Hasil dialisis untuk larutan campuran NaCl dan MgCl₂

Berdasarkan kurva pada Gambar 4.6 akan diperoleh laju difusi garam atas dasar berubahnya konduktivitas, baik dalam fasa umpan maupun fasa dialisat. Pada fasa umpan konduktivitas menurun dengan laju 1,4545, sedangkan dalam fasa dialisat meningkat dengan laju 69 kali lebih cepat yaitu 99,95. Tingginya laju difusi pada fasa dialisat kemungkinan disebabkan jumlah NaCl yang berdifusi menuju fasa akuades adalah jauh lebih banyak dibandingkan dengan jumlah MgCl₂ yang tertahan.

Sebagai pendukung untuk mengetahui hasil dialisis, pada penelitian ini kadar NaCl dan kadar MgCl₂ ditentukan secara volumetri. Hasil yang diperoleh dicantumkan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Kadar garam NaCl dan MgCl₂ setelah dialisis

Fasa	Waktu (menit)	Kadar NaCl (molal)	Kadar MgCl ₂ (molal)
Umpan	180	0,3886	0,3620
Dialisat	180	3,6386	0,3088

Selektivitas membran dapat diinterpretasi berdasarkan jumlah NaCl dan jumlah $MgCl_2$ yang melewati membran, dinyatakan sebagai perbandingan aktivitas kedua senyawa. Aktivitas diperoleh melalui penentuan koefisien aktivitas menurut hukum Debye-Hückel. Hasil aktivitas kedua jenis garam yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Aktivitas NaCl dan $MgCl_2$

Fasa	Aktivitas	
	NaCl	$MgCl_2$
Umpan	0,0936	0,0210
Dialisat	0,2974	0,0021

Berdasarkan hasil analisis data maka diperoleh kemampuan membran untuk memisahkan garam NaCl dan $MgCl_2$ adalah senilai 144,14. Hal ini memiliki makna saat 144 molekul garam NaCl berdifusi menuju fasa dialisat maka hanya 1 molekul $MgCl_2$ yang akan keluar menuju fasa dialisat. Sedangkan garam $MgCl_2$ cenderung tertahan dalam fasa umpan. Jika didasarkan pada perubahan aktivitas sebelum dan setelah dialisis maka membran yang digunakan mampu menahan hingga 90% garam $MgCl_2$. Difusi suatu senyawa dapat berlangsung karena mobilitas serta perbedaan konsentrasi. $MgCl_2$ akan lebih tertahan karena ukuran molekul yang lebih besar dibandingkan NaCl sehingga mobilitasnya lebih rendah. Di samping itu perbedaan konsentrasi NaCl yang lebih tinggi dibandingkan garam $MgCl_2$ juga mendorong difusi garam NaCl akan lebih cepat.

Atas hasil yang diperoleh, menunjukkan membran selulosa ester memiliki kemampuan untuk memisahkan garam NaCl dan $MgCl_2$, meskipun garam $MgCl_2$ juga tetap akan berdifusi keluar membrane. Hal ini disebabkan ukiran pori yang cukup besar sehingga keduanya akan berdifusi menuju fasa dialisat.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kesimpulan berikut:

1. Dialisis larutan NaCl menyebabkan konsentrasi pada fasa umpan meningkat hingga tercapai kesetimbangan pada 81,32 menit sedangkan untuk fasa dialisat dicapai setelah 142 menit. Adapun untuk larutan $MgCl_2$ konsentrasi pada fasa umpan maupun dialisat lebih cepat menjadi konstan karena garam $MgCl_2$ cenderung tertahan pada fasa umpan.
2. Membran selulosa ester memungkinkan digunakan untuk pemisahan garam NaCl dan $MgCl_2$, dengan selektivitas 144,14, meskipun garam $MgCl_2$ tetap berdifusi menuju fasa dialisat karena ukuran pori yang cukup besar.

5.2 Saran

Membran selulosa ester komersial termasuk kategori membran mikrofiltrasi. Oleh karena itu, agar pemisahan lebih baik perlu dilakukan modifikasi agar ukuran pori lebih kecil.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Geospasial, B. I. (2015). *Pentingnya Informasi Geospasial untuk Menata Laut Indonesia*. www.big.go.id. diakses tanggal 2 September 2018.
- [2] Pratama, A. M. (2018). *Kebutuhan Garam Nasional Capai 4,2 Juta Ton per Tahun*. PT. Kompas Cyber Media (Kompas Gramedia Digital Group). diakses tanggal 2 September 2018.
- [3] Sulistrtyaningsih, T., & Sunarto, W. (2017). Inovasi Pemurnian Garam (Natrium Klorida) Menggunakan Zeolit Alam sebagai Pengikat Impuritis Dalam Proses Kristalisasi. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 15(2), 147–156.
- [4] Wiadnya, D. G. R. (2012). *Laut dan Fungsinya*. www.wiadnyadgr.lecture.ub.ac.id. diakses tanggal 2 September 2018.
- [5] Sulistyaningsih, T., Sugiyo, W., Sedyawati, S. M. R. (2010). Pemurnian Garam Dapur Melalui Metode Kristalisasi Air Tua Dengan Bahan Pengikat Pengotor $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4\text{-NaHCO}_3$ dan $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4\text{-Na}_2\text{CO}_3$. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 8(1), 26–33.
- [6] Prestisya, I.A. (2016). *Pembuatan dan Karakterisasi Membran Nanofiber Selulosa Asetat dengan Teknik Electrospinning sebagai Hemodialisis Keratinin* (Skripsi). Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia. <http://respiratory.unair.ac.id>.
- [7] A.S. Dwi Saptati N.H, & Himma, N. F. (2017). *Perlakuan Fisiko-Kimia Limbah Cair Industri*. Malang: UB Press.
- [8] Advantec MFS, I. (2005). *Mixed Cellulose Esters (MCE) Membrane Filters*. <http://www.advantecmfs.com>. diakses tanggal 3 September 2018.
- [9] Xu, C., Xue, S., Wang, P., Wu, C., & Wu, Y. (2017). Diffusion dialysis for NaCl and NaAc recovery using polyelectrolyte complexes/PVA membranes. *Separation and Purification Technology*, 172, 140–146. doi:10.1016/j.seppur.2016.08.012
- [10] Kilo, A. L. (2017). *Termodinamika Proses Pelarutan Senyawa Ionik*. <http://dosen.ung.ac.id>. diakses tanggal 3 September 2018.
- [11] Mulder, J. (1996). *Basic Principles of Membrane Technology*

- (2nd ed.). Netherland: Springer-Science+Business Media, B.V.
- [12] Wenten, I. G., Khoiruddin, Aryanti, A. N. H. (2010). *Pengantar Teknologi Membran*. Bandung: Departemen Teknik Kimia-ITB.
- [13] Idris, A., & Yet, L. K. (2006). The effect of different molecular weight PEG additives on cellulose acetate asymmetric dialysis membrane performance. *Journal of Membrane Science*, 280(1–2), 920–927.
- [14] Ariwanda, R. (2006). *Dialisis Larutan Garam Menggunakan Membran Kitosan Termodifikasi Poli (Vinil Alkohol) dengan Poli (Etilena Glikol) sebagai Porogen* (Skripsi). Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia. Agricultural University). <https://respiratory.ipb.ac.id>.
- [15] Wicaksono, M. F. (2015). *Modifikasi Membran Selulosa Ester dengan Impregnasi* (Skripsi). Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia.
- [16] Adjie, B. P. (2008). *Pembuatan Membran dari Selulosa Asetat dan Polietilen Glikol Berat Molekul 20.000 untuk Pemisahan Gas CO₂ dan CH₄* (Skripsi). Universitas Islam Negeri Jakarta, Jakarta, Indonesia. <https://respiratory.uinjkt.ac.id>.
- [17] Sitanggang, F. A. (2014). *Pengaruh Hidrofilitas Membran terhadap Peningkatan Kemurnian Etanol secara Distilasi* (Skripsi). Universitas Brawijaaya, Malang, Indonesia.
- [18] Sterlitech. *MCE (Mixed Cellulose Ester) Membranes*. www.sterlitech.com. diakses tanggal 4 September 2018.
- [19] Sime, R. J. (1990). *Physical Chemistry : Methods, Techniques, and Experiments*. Sacramento: Saunders College Publishing.
- [20] Day, R.A. & Underwood, A. L. (2002). *Analisis Kimia Kuantitatif (edisi keenam)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [21] Atkins, P. (2010). *Physical Chemistry (9th ed.)*. New York: W. H. Freeman and Company.
- [22] Kiruthgia, B. *Complexometric Titration*. www.srmuniv.ac.in. diakses tanggal 6 September 2018.
- [23] Revolvly. *Complexometric Indicator*. www.revolvly.com. diakses tanggal 6 September 2018.

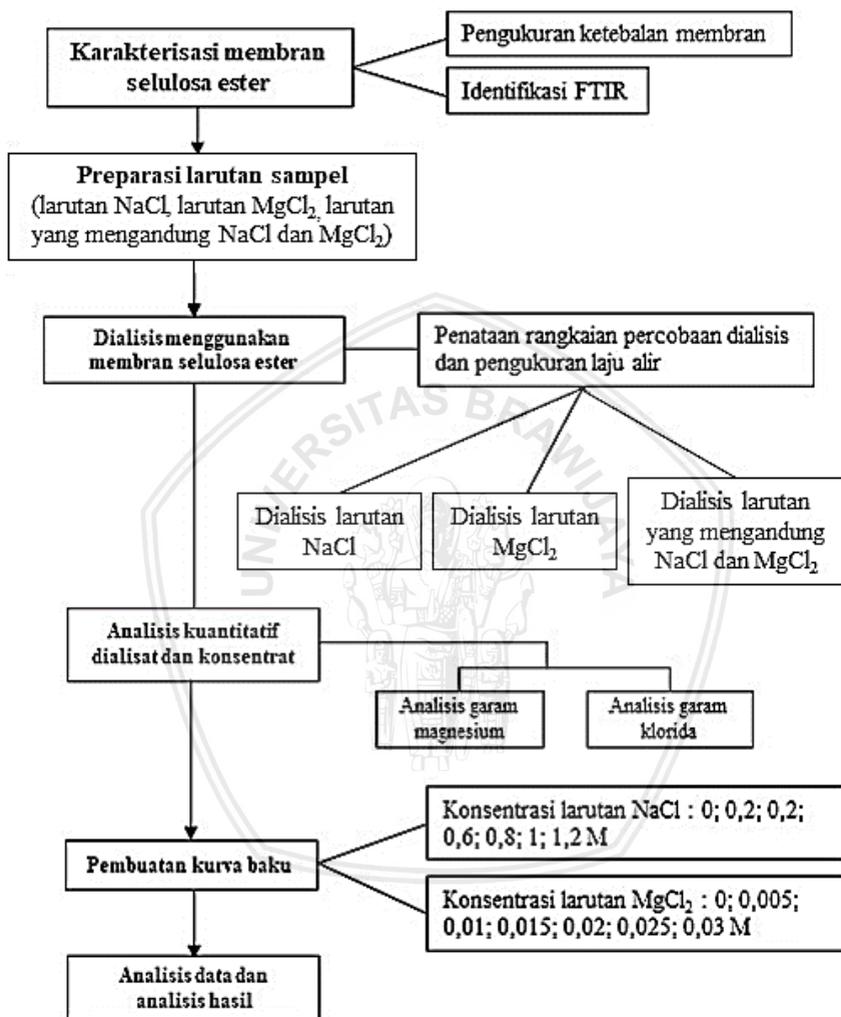
- [24] Revolvly. *Eriochrome Black T*. www.revolvly.com. diakses tanggal 6 September 2018.
- [25] Caterbury, U. *Determination of Chloride Ion Concentration by Titration (Mohr's Method)*. www.canterbury.ac.nz. diakses tanggal 20 September 2018.
- [26] Tresnawati, A. (2006). *Kajian Spektroskopi Infra Merah Transformasi Fourier dan Mikroskop Susunan Elektron Membran Selulosa Asetat Dari Limbah Nanas* (Skripsi). Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia. <https://respiratory.ipb.ac.id>.





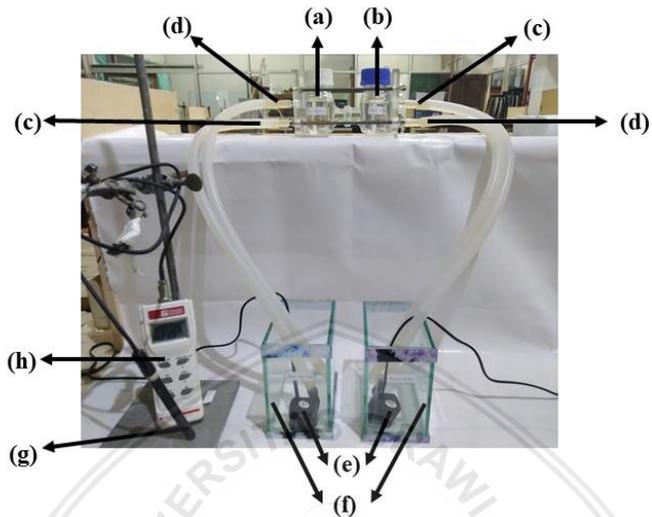
LAMPIRAN

Lampiran A. Tahapan Penelitian



Lampiran B. Rangkaian Alat

B.1 Rangkaian sel dialisis

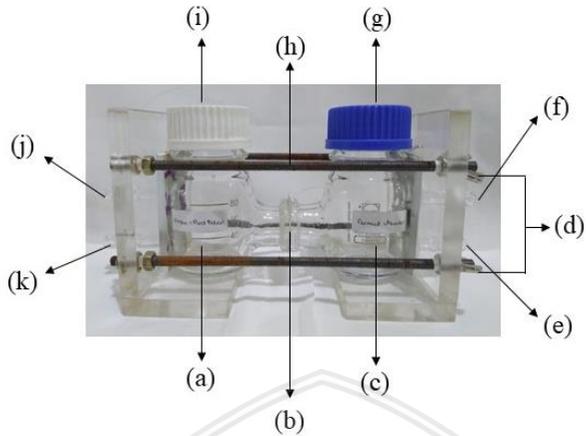


Gambar L.B.1. Rangkaian Percobaan Dialisis

Keterangan gambar :

- (a) Sel umpan berisi larutan garam
- (b) Sel berisi akuades
- (c) Saluran cairan masuk
- (d) Saluran cairan keluar
- (e) Pompa sirkulasi
- (f) Reservoir cairan (larutan garam/akuades)
- (g) Elektroda konduktometer
- (h) konduktometer

B.2 Sel dialisis



Gambar L.B.2. Rincian sel dialisis

Keterangan gambar :

- (a) Sel penampung larutan umpan
- (b) Lapisan membran dan silikon
- (c) Sel penampung larutan dialisat
- (d) Klem
- (e) Selang output dialisat
- (f) Selang input dialisat
- (g) Penutup sel dialisat
- (h) Kawat spiral
- (i) Penutup sel umpan
- (j) Selang output umpan
- (k) Selang input umpan

Lampiran C. Cara penggunaan konduktometer

Cara penggunaan konduktometer merk *Zi Trans Instrumen* tipe HC3010 yaitu:

- a) Kalibrasi menggunakan larutan baku KCl.
- b) Bilas elektroda dengan akuades dan keringkan menggunakan tisu.
- c) Nyalakan konduktometer dengan menekan tombol On/Off.
- d) Pengukuran Konduktivitas larutan sampel.
- e) Elektroda dicelupkan ke dalam larutan sampel.
- f) Tunggu hingga muncul tulisan READ tidak berkedip.
- g) Nilai Konduktivitas yang ditunjukkan pada layar adalah nilai Konduktivitas larutan yang diukur.
- h) Matikan konduktometer dengan menekan tombol On/Off.



Lampiran D. Karakterisasi membran selulosa ester

D.1 Hasil pengukuran ketebalan membran

Tabel L.D.1 Data pengukuran ketebalan membran

Pengulangan	Ketebalan (mm)	$(x_i - \bar{x})^2$
1	0,13	5.625E-05
2	0,15	0.0007563
3	0,11	0.0001563
4	0,10	0.0005063
Jumlah	0,49	0,001475
Rata-rata (\bar{x})	0,1225	

- $\bar{x} = \sum x_i/n$
- sd (standar deviasi) $= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$
 $= \sqrt{\frac{0,001475}{3}}$
 $= 0,0022$
- Tebal membran $0,1225 \pm 0,0022$ mm

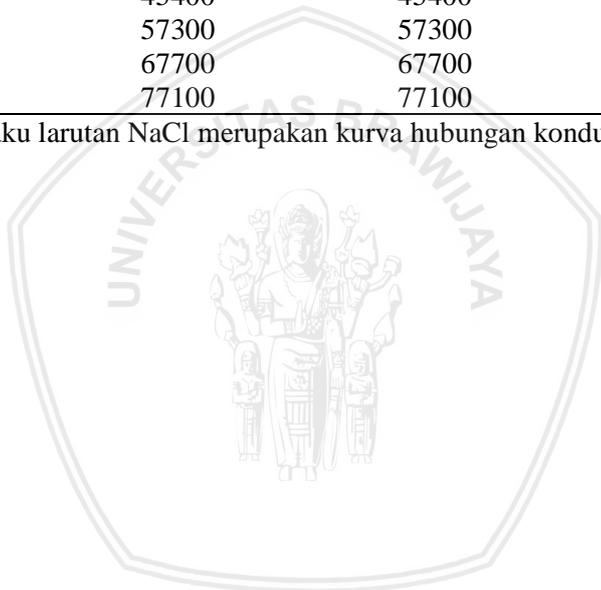
Lampiran E. Kurva Baku

E.1 Kurva baku NaCl

Tabel L.E.1 Data kurva baku NaCl

Konsentrasi (M)	Konduktivitas (μS)	Konduktivitas jenis (L_s)	Konduktivitas molar (Λ_m)	Akar konsentrasi \sqrt{C}
0,01	1061	1061	106100	0,10
0,20	17930	17930	89650	0,45
0,40	32900	32900	82250	0,63
0,60	45400	45400	75667	0,77
0,80	57300	57300	71625	0,89
1,00	67700	67700	67700	1,00
1,20	77100	77100	64250	1,10

Kurva baku larutan NaCl merupakan kurva hubungan konduktivitas molar terhadap akar konsentrasi



E.2 Kurva baku MgCl_2

Tabel L.E.1 Data kurva baku MgCl_2

Konsentrasi (M)	Konduktivitas (μS)	Konduktivitas jenis (L_s)	Konduktivitas molar (Λ_m)	Akar konsentrasi \sqrt{C}
0.001	221	221	221000	0,03
0.005	1276	1276	255200	0,07
0.010	2240	2240	224000	0,10
0.015	3130	3130	208667	0,12
0.020	3820	3820	191000	0,14
0.025	4740	4740	189600	0,16
0.030	5420	5420	180667	1,17

Kurva baku larutan MgCl_2 merupakan kurva hubungan konduktivitas molar terhadap akar konsentrasi



Contoh perhitungan untuk NaCl konsentrasi 0,01M :

a) *Konduktivitas jenis* (L_s) = $L \times k$

Dimana: L adalah konduktivitas larutan hasil pengukuran
 k adalah konstanta sel (1,00)

$$L_s = 1061 \times 1,00 = 1061$$

b) *Konduktivitas molar* (Λ_m) = L_s/C

Dimana: L_s adalah konduktivitas jenis

$$\Lambda_m = \frac{1061}{0,01} = 106100$$

c) *Akar konsentrasi* $\rightarrow (\sqrt{C})$

$$\sqrt{C} = \sqrt{0,01} = 0,10$$



Lampiran F. Data Hasil Pengamatan

F.1 Data Dialisis larutan NaCl

Tabel L.F.1.1 Data pengukuran konduktivitas larutan NaCl

Waktu (menit)	Konduktivitas Umpan (μS)			Konduktivitas rata-rata umpan (μS)	Konduktivitas Dialisat (μS)			Konduktivitas rata-rata dialisat (μS)
	NaCl (i)	NaCl (ii)	NaCl (iii)		NaCl (i)	NaCl (ii)	NaCl (iii)	
0	52600	53600	52200	52800	163.3	46.6	2.67	71
20	51500	53300	52000	52267	936	98.8	3160	1398
40	51200	53800	51600	52200	1853	21.5	5920	2598
60	50900	53600	51500	52000	2340	18.68	11740	4699
80	49700	53000	51700	51467	2360	25.5	15360	5915
100	50200	53700	45100	49667	3090	27	18210	7109
120	50300	53800	45500	49867	4160	13.28	20500	8224
140	49353	53700	45500	49518	4462	18.03	22000	11009
160	49020	53800	45100	49307	5045	37.3	22700	11367
180	48687	53900	45200	49262	5627	31.6	23400	11716

- *Konduktivitas rata – sata* (\bar{L}) = $\Sigma xi / \Sigma \text{pengulangan}$

Tabel L.F.1.2 Data hubungan konsentrasi terhadap waktu pada larutan NaCl

Waktu (menit)	Rerata Konduktivitas (μS)		^{a)} Konduktivitas molar (Δm)		Akar konsentrasi		Konsentrasi	
	Umpan	Dialisat	Umpan	Dialisat	Umpan	Dialisat	Umpan	Dialisat
0	52800	71	36476	49	1.7349	2.6036	3.0098	6.7789
20	52267	1398	36108	966	1.7437	2.5818	3.0404	6.6655
40	52200	2598	36062	1795	1.7448	2.5620	3.0442	6.5638
60	52000	4699	35924	3247	1.7481	2.5274	3.0557	6.3876
80	51467	5915	35555	4086	1.7569	2.5073	3.0865	6.2868
100	49667	7109	34312	4911	1.7865	2.4877	3.1916	6.1885
120	49867	8224	34450	5682	1.7832	2.4693	3.1799	6.0974
140	49518	11009	34266	7605	1.7876	2.4234	3.1956	5.8730
160	49307	11367	34162	7854	1.7901	2.4175	3.2044	5.8443
180	49262	11716	34231	8094	1.7884	2.4118	3.1985	5.8167

^{a)} ditentukan dari substitusi persamaan kurva baku NaCl

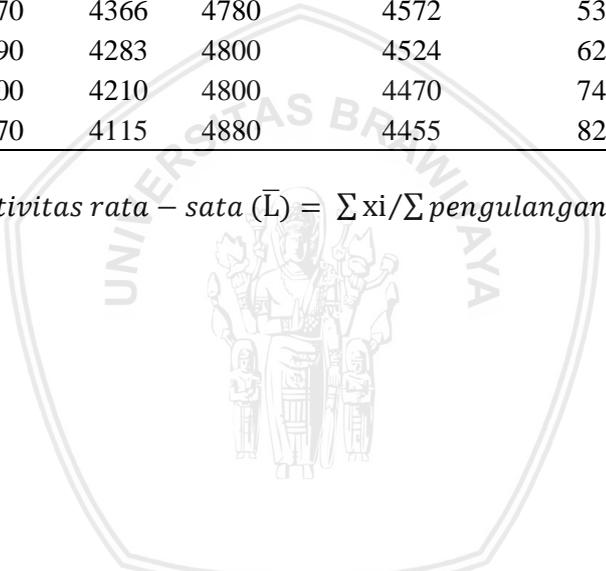
$$y = -41931x + 109222$$

F.2 Data Dialisis larutan MgCl₂

Tabel L.F.2.1. Data pengukuran konduktivitas larutan MgCl₂

Waktu (menit)	Konduktivitas Umpan (μS)			Konduktivitas rata-rata umpan (μS)	Konduktivitas Dialisat (μS)			Konduktivitas rata-rata dialisat (μS)
	MgCl ₂ (i)	MgCl ₂ (ii)	MgCl ₂ (iii)		MgCl ₂ (i)	MgCl ₂ (ii)	MgCl ₂ (iii)	
0	4720	4670	4710	4700	19	2	3	8
20	4690	4617	4770	4692	167	348	178	231
40	4600	4534	4770	4634	322	577	368	422
60	4600	4630	4770	4667	426	963	624	671
80	4570	4366	4780	4572	531	1035	860	809
100	4490	4283	4800	4524	621	1264	1039	974
120	4400	4210	4800	4470	744	1457	1217	1139
140	4370	4115	4880	4455	821	1721	1366	1303

- *Konduktivitas rata – rata (\bar{L}) = $\sum xi / \sum \text{pengulangan}$*

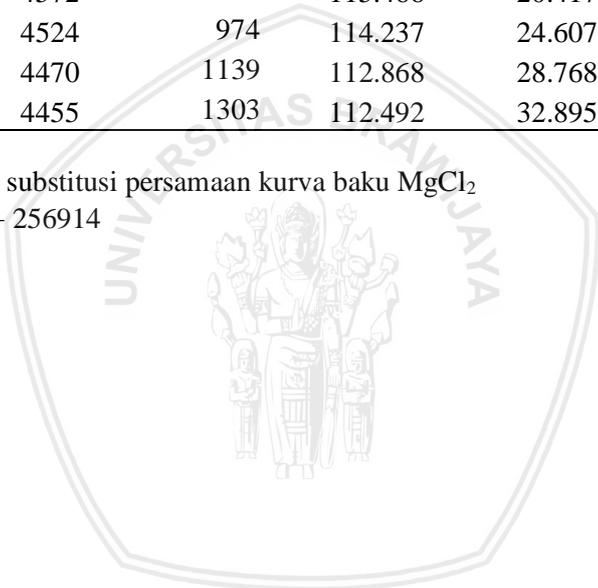


Tabel L.F.2.2 Data hubungan konsentrasi terhadap waktu pada larutan MgCl₂

Waktu (menit)	Rerata		^{a)} Konduktivitas molar		Akar konsentrasi		Konsentrasi	
	Konduktivitas (μS)		(Δm)					
	Umpan	Dialisat	Umpan	Dialisat	Umpan	Dialisat	Umpan	Dialisat
0	4700	8	118.675	0.204	0.62391	0.62420	0.38927	0.38963
20	4692	231	118.484	5.843	0.62391	0.62419	0.38927	0.38961
40	4634	422	117.022	10.665	0.62392	0.62418	0.38927	0.38960
60	4667	671	177.833	16.943	0.62377	0.62416	0.38909	0.38958
80	4572	809	115.466	20.417	0.62392	0.62415	0.38928	0.38957
100	4524	974	114.237	24.607	0.62392	0.62414	0.38928	0.38955
120	4470	1139	112.868	28.768	0.62393	0.62413	0.38929	0.38954
140	4455	1303	112.492	32.895	0.62393	0.62412	0.38929	0.38953

^{a)} ditentukan dari substitusi persamaan kurva baku MgCl₂

$$y = -411588x + 256914$$



F.3 Data Dialisis larutan campuran

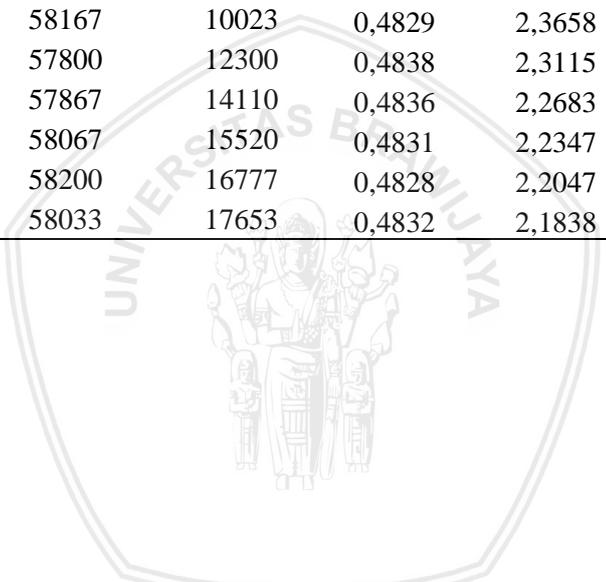
Tabel L.F.3.1 Data pengukuran konduktivitas larutan campuran

Waktu (menit)	Konduktivitas Umpan (μS)			Konduktivitas rata-rata umpan (μS)	Konduktivitas Dialisat (μS)			Konduktivitas rata-rata dialisat (μS)
	camp (i)	camp (ii)	camp (iii)		camp (i)	camp (ii)	camp (iii)	
0	58700	58500	58300	58500	2,71	5,93	6,69	5
20	58600	58400	57200	58067	2740	2560	2310	2537
40	58200	58600	57500	58100	6310	5740	4580	5543
60	58600	58400	57600	58200	8430	7310	7430	7723
80	58600	58200	57700	58167	10380	9910	9780	10023
100	58500	57800	57100	57800	11940	12650	12310	12300
120	58800	57500	57300	57867	13260	14970	14100	14110
140	58700	58100	57400	58067	14410	16440	15710	15520
160	58900	57700	58000	58200	15430	17870	17030	16777
180	58400	57900	57800	58033	16300	18530	18130	17653

Konduktivitas rata – rata (\bar{L}) = $\sum xi / \sum \text{pengulangan}$

Tabel L.E.3.2 Data hubungan konduktivitas terhadap waktu pada larutan campuran

Waktu (menit)	Rerata Konduktivitas (μS)		Akar konsentrasi		Konsentrasi	
	Umpan	Dialisat	Umpan	Dialisat	Umpan	Dialisat
0	58500	5	0,4821	2,6047	0,2324	6,7844
20	58067	2537	0,4831	2,5443	0,2334	6,4735
40	58100	5543	0,4830	2,4726	0,2333	6,1138
60	58200	7723	0,4828	2,4206	0,2331	5,8594
80	58167	10023	0,4829	2,3658	0,2332	5,5968
100	57800	12300	0,4838	2,3115	0,2340	5,3429
120	57867	14110	0,4836	2,2683	0,2339	5,1452
140	58067	15520	0,4831	2,2347	0,2334	4,9938
160	58200	16777	0,4828	2,2047	0,2331	4,8607
180	58033	17653	0,4832	2,1838	0,2335	4,7690



Lampiran G. Analisis kuantitatif pada larutan campuran setelah dialisis

G.1 Penentuan kadar garam klorida secara argentometri

Tabel L.G.1 Penentuan mmol Cl total

Sampel	V _{awal} (mL)	V _{akhir} (mL)	V _{sampel} (mL)	Pengenceran	V _{AgNO₃} (mL)	^{a)} dlm 10 mL (mmol)	^{b)} dlm 1 mL (mmol)	Rata-rata (mmol)	^{c)} dlm V _{akhir} (mmol)
Umpan	300	200	1	500	0,40 0,50	0,01 0,0125	5 6,25	5,625	1125
Dialisat	300	400	1	500	0,70 0,08	0,0175 0,02	8,75 10	9,375	3750

G.2 Penentuan kadar garam Mg secara kompleksometri

Tabel L.G.2 Penentuan mmol Mg total

Sampel	V _{awal} (mL)	V _{akhir} (mL)	V _{sampel} (mL)	Pengenceran	V _{EDTA} (mL)	^{a)} dlm 10 mL (mmol)	^{b)} dlm 1 mL (mmol)	Rata-rata (mmol)	^{c)} dlm V _{akhir} (mmol)
Umpan	300	200	1	500	0,36 0,34	0,0036 0,0034	1,8 1,7	1,75	350
Dialisat	300	400	1	500	0,16 0,14	0,0016 0,0014	0,8 0,7	0,75	300

Contoh perhitungan pada fasa umpan (pengulangan 1) untuk Cl:

a) Penentuan mol AgNO_3 dalam 10 mL

$$\text{mmol}_{\text{AgNO}_3} = V_{\text{AgNO}_3} \times M_{\text{AgNO}_3}$$

$$\text{mmol}_{\text{AgNO}_3} = 0,40 \text{ mL} \times 0,025 \text{ mol/L} = 0,01 \text{ mmol}$$

b) Penentuan mol AgNO_3 dalam 1 mL

$$\text{mmol}_{\text{AgNO}_3} = \text{mol}_{\text{AgNO}_3(\text{dalam } 10 \text{ mL})} \times \text{pengenceran}$$

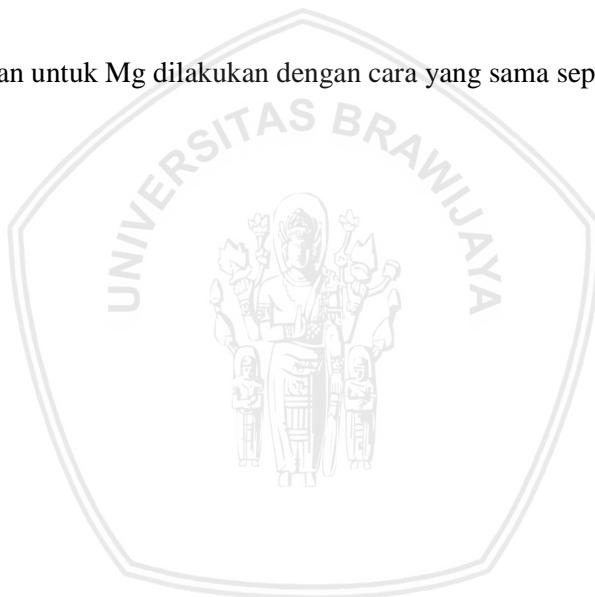
$$\text{mmol}_{\text{AgNO}_3} = 0,01 \text{ mmol} \times 500 = 5 \text{ mmol}$$

c) Penentuan mol Cl total setelah dialisis

$$\text{mmol Cl total} = V_{\text{akhir (umpun)}} \times \text{mol rata - rata}$$

$$\text{mmol Cl total} = 200 \times 5,625 \text{ mmol} = 1125 \text{ mmol}$$

*perhitungan untuk Mg dilakukan dengan cara yang sama seperti pada Cl



G.3 Penentuan konsentrasi NaCl dan MgCl₂

Tabel L.G.3.1.1 Penentuan konsentrasi Cl total

Sampel	Volume (mL)	mol Cl total	^{a)} Konsentrasi (M)
Umpan	200	1,125	5,625
Dialisat	400	3,75	9,375

Tabel L.G.3.1.2 Penentuan konsentrasi Mg (Molar)

Sampel	Volume (mL)	mol Cl total	^{a)} Konsentrasi (M)
Umpan	200	0,35	1,75
Dialisat	400	0,3	0,75

Contoh perhitungan pada fasa umpan:

a) Penentuan konsentrasi Cl total

$$[Cl] = \frac{1000}{V_{akhir}} \times mol\ Cl$$

$$[Cl] = \frac{1000\ mL/L}{200\ mL} \times 1,125\ mol = 5,625\ M$$

*perhitungan untuk Mg dilakukan dengan cara yang sama seperti pada Cl

G.3.2 Penentuan konsentrasi Cl total (Molal)

Tabel L.G.3.2.1 Penentuan konsentrasi MgCl₂

Sampel	mol Mg	^{a)} massa MgCl ₂ (g)	^{b)} massa air	^{c)} [MgCl ₂] (molal)
Umpan	0,35	33,25	966,75	0,3620
Dialisat	0,3	28,5	971,5	0,3088

Contoh perhitungan pada fasa umpan:

a) Penentuan massa MgCl₂

$$m \text{ MgCl}_2 = \text{mol Mg} \times Mr \text{ MgCl}_2$$

$$m \text{ MgCl}_2 = 0,35 \text{ mol} \times 95 \text{ g/mol} = 33,25 \text{ g}$$

b) Penentuan massa air

$$m \text{ air} = 1000 - m \text{ MgCl}_2$$

$$m \text{ air} = 1000 - 33,25 \text{ g} = 966,75 \text{ g}$$

c) Konsentrasi MgCl₂

$$[\text{MgCl}_2] = \frac{1000}{m \text{ air}} \times \text{mol MgCl}_2$$

$$[\text{MgCl}_2] = \frac{1000 \text{ g/kg}}{966,75 \text{ g}} \times 0,35 \text{ mol} = 0,3620 \text{ molal}$$

- $\text{mol MgCl}_2 = \text{mol Mg} = 0,35 \text{ mol}$,
sehingga mol Cl dalam MgCl₂ = $2 \times 0,35 = 0,7 \text{ mol}$

Tabel L.G.3.2.2 Penentuan konsentrasi NaCl

Sampel	^{a)} mol Cl dari NaCl	^{b)} m NaCl (g)	^{c)} m air (g)	^{d)} [NaCl] (molal)
Umpan	0,425	24,8625	975,1375	0,4358
Dialisat	3,15	184,275	815,725	3,8616

Contoh perhitungan pada fasa umpan:

a) Penentuan mol Cl dari NaCl

$$\text{mol Cl dari NaCl} = \text{mol Cl total} - \text{mol MgCl}_2$$

$$= 1,125 \text{ mol} - 0,7 \text{ mol} = 0,425 \text{ mol}$$

b) Penentuan massa NaCl

$$m \text{ NaCl} = \text{mol Cl dari NaCl} \times Mr \text{ NaCl}$$

$$m \text{ NaCl} = 0,425 \text{ mol} \times 58,5 \text{ g/mol} = 24,8625 \text{ g}$$

c) Penentuan massa air

$$m_{\text{air}} = 1000 - m_{\text{NaCl}}$$

$$m_{\text{air}} = 1000 - 24,8625 \text{ g} = 975,1375 \text{ g}$$

d) Konsentrasi NaCl

$$[\text{NaCl}] = \frac{1000}{m_{\text{air}}} \times \text{mol NaCl}$$

$$[\text{NaCl}] = \frac{1000 \text{ g/kg}}{975,1375 \text{ g}} \times 0,425 \text{ mol} = 0,4358 \text{ molal}$$

Molalitas ion Na = molalitas ion Cl = molalitas NaCl

G.4 Penentuan kekuatan ion

G.4.1 Molalitas NaCl dan MgCl₂

Tabel L.G.4.1 Hasil analisis molalitas NaCl dan MgCl₂

Sampel	C (molal)			
	Na	Cl dari Na	Mg	Cl dari Mg
Umpan	0,4358	0,4358	0,3620	0,7241
Dialisat	3,8616	3,8616	0,3088	0,6176

Molalitas ion Cl = molalitas ion Na = molalitas NaCl = 0,4358

Molalitas ion Cl = 2 x molalitas Mg = 2 x molalitas MgCl₂ = 0,7241

G.4.2 Penentuan kekuatan ion

Tabel L.G.4.2 Hasil perhitungan kekuatan ion

Sampel	Kuat ion				Total	d)Kekuatan ion	Akar I (\sqrt{I})
	a)Na	b)Cl dari NaCl	c)Mg	Cl dari MgCl ₂			
Umpan	0,4358	0,4358	1,4482	0,7241	3,0439	1,5219	1,5219
Dialisat	3,8616	3,8616	1,2352	0,6176	9,5760	4,7880	4,7880

Contoh perhitungan pada fasa umpan:

a) Penentuan kekuatan ion Na

$$I = \text{molalitas Na} \times (\text{muatan ion Na})^2$$

$$I = 0,4358 \times 1^2 = 0,4358$$

b) Penentuan kekuatan ion Cl dari NaCl

$$I = \text{molalitas Cl} \times (\text{muatan ion Cl})^2$$

$$I = 0,4358 \times (-1)^2 = 0,4358$$

c) Penentuan kekuatan ion Mg

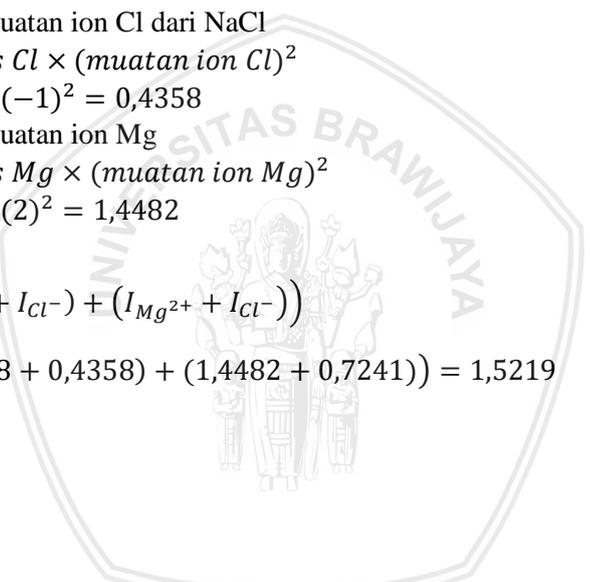
$$I = \text{molalitas Mg} \times (\text{muatan ion Mg})^2$$

$$I = 0,3620 \times (2)^2 = 1,4482$$

d) Kekuatan ion

$$I = \frac{1}{2} \left((I_{Na^+} + I_{Cl^-}) + (I_{Mg^{2+}} + I_{Cl^-}) \right)$$

$$I = \frac{1}{2} \left((0,4358 + 0,4358) + (1,4482 + 0,7241) \right) = 1,5219$$



G.5 Penentuan koefisien aktivitas

Tabel L.G.5 Hasil perhitungan koefisien aktivitas

Sampel	Koefisien aktivitas	
	NaCl	MgCl ₂
Umpan	0,0555	0,362
Dialisat	0,0059	0,309

Contoh perhitungan pada fasa umpan:

Penentuan koefisien aktivitas NaCl

$$\gamma_{\pm} = -\log|\text{muatan ion } Na^{+} \times \text{muatan ion } Cl^{-}| \times 0,059 \times \sqrt{I}$$

$$\gamma_{\pm} = -\log|1 \times (-1)| \times 0,059 \times 1,5219 = 0,0555$$

G.6 Penentuan aktivitas

Tabel L.G.5 Hasil perhitungan aktivitas

Sampel	Aktivitas	
	NaCl	MgCl ₂
Umpan	0,1027	0,0201
Dialisat	0,2972	0,0018

Contoh perhitungan pada fasa umpan:

Penentuan aktivitas NaCl

$$\text{aktivitas } NaCl = \gamma_{NaCl} \times C_{NaCl}$$

$$\text{aktivitas } NaCl = 0,0555 \times 0,4358 = 0,1027$$

G.7 Kemampuan membran

G.7.1 Kemampuan memisahkan NaCl dan MgCl₂

Ditentukan dengan membandingkan aktivitas NaCl dan MgCl₂ di dialisat, sehingga:

$$\text{kemampuan memisahkan } NaCl \text{ dan } MgCl_2 = \frac{0,2972}{0,0018} = 162,5$$

G.7.2 Kemampuan menahan MgCl₂

Ditentukan dari perubahan aktivitas MgCl₂ terhadap umpan

$$\begin{aligned} \text{kemampuan menahan } MgCl_2 &= \left(1 - \left(\frac{0,0018}{0,0201}\right)\right) \times 100\% \\ &= 90,9\% \end{aligned}$$