

PERBANDINGAN DI ANTARA MEMBRAN ASIMETRIK PENURAS
NANO POLISULFON DAN POLIETERSULFON BAGI
RAWATAN AIR SISA AKUAKULTUR

KHAIRULIDA KAMARUZAMAN

FAKULTI SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI SAINS DAN TEKNOLOGI MALAYSIA

2005

L2
12
FST
21
2005

PERBANDINGAN DI ANTARA MEMBRAN ASIMETRIK PENURAS NANO
POLISULFON DAN POLIETERSULFON BAGI RAWATAN AIR SISA
AKUAKULTUR

Oleh

Khairulida Kamaruzaman

Laporan Penyelidikan ini diserahkan untuk memenuhi
sebahagian keperluan bagi
Ijazah Sarjana Muda Teknologi (Teknologi Alam Sekitar)

Jabatan Sains Kejuruteraan
Fakulti Sains dan Teknologi
KOLEJ UNIVERSITI SAINS DAN TEKNOLOGI MALAYSIA
2005



JABATAN SAINS KEJURUTERAAN
FAKULTI SAINS DAN TEKNOLOGI
KOLEJ UNIVERSITI SAINS DAN TEKNOLOGI
MALAYSIA

PENGAKUAN DAN PENGESAHAN LAPORAN
PROJEK PENYELIDIKAN I DAN II

Adalah diakui dan disahkan bahawa laporan penyelidikan bertajuk:

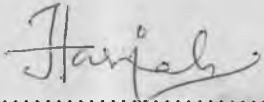
**PERBANDINGAN DI ANTARA MEMBRAN ASIMETRIK PENURAS NANO
POLISULFON DAN POLIETERSULFON BAGI RAWATAN AIR SISA
AKUAKULTUR**

Oleh **KHAIRULIDA BINTI KAMARUZAMAN** No. Matrik **UK 7557** telah diperiksa dan semua pembetulan yang disarankan telah dilakukan. Laporan ini dikemukakan kepada Jabatan Sains Kejuruteraan sebagai memenuhi sebahagian daripada keperluan memperoleh **IJAZAH SARJANA MUDA TEKNOLOGI (TEKNOLOGI ALAM SEKITAR)**, Fakulti Sains dan Teknologi, Kolej Universiti Sains dan Teknologi Malaysia.


Disahkan oleh:


.....
Penyelia Utama **DR. NORA'AINI BINTI ALI**
Nama: *Pensyarah*
Cop Rasmi: Jabatan Sains Kejuruteraan
Fakulti Sains dan Teknologi
Kolej Universiti Sains dan Teknologi Malaysia
21030 Kuala Terengganu

Tarikh: 23.4.05


.....
Penyelia Kedua (jika ada)
Nama:
Cop Rasmi:

Tarikh: 24-4-05


.....
Ketua Jabatan Sains Kejuruteraan
Nama: PM Ir Ahmad bin Jusoh
Cop Rasmi:

Tarikh: 23.4.05

PENGHARGAAN

Syukur kehadiran Allah SWT kerana dengan taufiq dan inayahNya saya berjaya menyiapkan tesis bagi Projek Tahun Akhir saya ini dengan selamat.

Jutaan terima kasih diucapkan kepada Dr. Nora'aini Ali, selaku penyelia utama serta Pn. Hasiah Salleh selaku penyelia kedua dan penyelia luar, En. Zul yang banyak memberikan panduan dan nasihat bagi menyiapkan projek ini.

Ucapan terima kasih juga buat semua pensyarah di Jabatan Sains Kejuruteraan yang telah memberi bimbingan dan tunjuk ajar berguna. Terima kasih juga ditujukan kepada staf-staf di makmal alam sekitar serta semua yang membantu saya sepanjang menyiapkan kerja-kerja makmal.

Ucapan terima kasih dan penghargaan khas buat kedua ibu bapa saya iaitu Kamaruzaman Din dan Khadijah Mohd Hazawi serta rakan-rakan lain yang banyak memberikan dorongan sepanjang menyiapkan tesis ini.

JADUAL KANDUNGAN

	Halaman
MUKASURAT JUDUL	i
BORANG PENGESAHAN DAN KELULUSAN TESIS	ii
PENGHARGAAN	iii
JADUAL KANDUNGAN	iv
SENARAI JADUAL	vii
SENARAI RAJAH	viii
SENARAI SINGKATAN	x
SENARAI LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
BAB 1	Pengenalan
	1.1 Pernyataan Masalah 2
	1.2 Objektif Kajian 3
	1.3 Skop Kajian 3
BAB 2	ULASAN BAHAN RUJUKAN
	2.1 Akuakultur 5

2.2	Fosforus	6
2.3	Ammonia	7
2.4	Membran	8
2.5	Aplikasi Penuras Nano	10
2.6	Rawatan Air Sisa Akuakultur	11
	2.6.1 <i>Aplikasi kaedah konvensional</i>	12
	<i>dalam merawat air sisa akukultur</i>	
2.7	Polimer	14
	2.7.1 <i>Polietersulfon</i>	15
	2.7.2 <i>Polisulfon</i>	17

BAB 3**BAHAN DAN METODOLOGI**

3.1	Bahan	18
3.2	Penyediaan Membran	19
3.3	Larutan Suapan	23
	3.3.1 <i>Larutan NaCl</i>	23
	3.3.2 <i>Air sisa akuakultur</i>	24
3.4	Fluks dan Experimen Penelapan	26
3.5	Prestasi Persembahan Membran	28
	3.5.1 <i>Larutan NaCl</i>	28
	3.5.2 <i>Air sisa akuakultur</i>	29
3.6	Struktur Membran	30

BAB 4**KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN**

4.1	Keluk Kalibrasi	33
-----	-----------------	----

4.2	Penelapan Fluks Air	37
4.3	Prestasi Membran	39
	4.3.1 <i>Penyingkiran NaCl</i>	39
	4.3.2. <i>Penyingkiran (TP)</i> <i>dan (TA)</i>	41
4.4	Morfologi Membran	45
4.5	Potensi Penggunaan	47
	Teknologi Membran Untuk Sistem Rawatan Air Sisa Akuakultur	

BAB 5

KESIMPULAN DAN CADANGAN

5.1	Kesimpulan	50
5.2	Cadangan	52

RUJUKAN	54
----------------	----

LAMPIRAN	57
-----------------	----

VITAE	68
--------------	----

SENARAI JADUAL

Jadual	Halaman
2.1 Kualiti air di dalam kolam untuk Jumlah Fosforus (TP) yang di perlukan bagi air akuakultur	7
2.2 Kualiti air di dalam kolam untuk Jumlah Ammonium (TA) yang di perlukan bagi air akuakultur	8
2.3 Jenis rawatan yang digunakan di dalam rawatan akuakultur	13
3.1 Komposisi larutan membran	18
4.1 Perbandingan kedua-dua membran dengan keperluan piawai	47

SENARAI RAJAH

Rajah	Halaman
2.1 Struktur Poli(fenil sulfona)	15
2.2 Struktur Poli(bifenil sulfona)	16
2.3 Struktur Polietersulfon	16
2.4 Struktur Polisulfon	17
3.1 Penyediaan radas untuk digunakan untuk penyediaan larutan membran.	19
3.2 Proses pengacuan larutan membran menggunakan mesin pengacu	21
3.3 Pembentukan lapisan membran di dalam takungan pengental yang mengandungi air suling	21
3.4 Carta alir penyediaan membran menggunakan teknik acuan basah / kering menggunakan mesin acuan elektrik semi automatik bagi kedua-dua polimer	22
3.5 Eksperimen ketelapan menggunakan sel penuras hujung tertutup dengan tekanan di antara 4 bar ke 20 bar	27
3.6 <i>Autocoater</i> (model JFC 1600) yang digunakan untuk menyembur dan meliputi bahagian membran dengan lapisan emas nipis	31
3.7 Sampel diimbas pada lapisan kulit menggunakan SEM (Model JSM-6260LA)	31

Rajah	Halaman
3.8 Carta alir eksperimen membran untuk membran PES dan PSf bagi kajian ini.	32
4.1 Graf konduktiviti melawan kepekatan NaCl dalam julat 0.001 M–1.0 M	34
4.2 Graf konduktiviti melawan kepekatan NaCl dalam julat 0.01 M – 1.0 M	34
4.3 Keluk kalibrasi untuk Jumlah Ammonium (TA)	36
4.4 Keluk kalibrasi untuk Jumlah Fosforus (TP)	36
4.5 Fluks air untuk membran PES. Kadar ketelapan air tulen ialah 52.12 m ³ /m ² sMPa, manakala pekali perkaitan (R ²) ialah 0.9897.	38
4.6 Fluks air untuk membran PSf. Kadar ketelapan air tulen ialah 3.6058 m ³ /m ² sMPa, manakala pekali perkaitan (R ²) ialah 0.9934.	38
4.7 Graf fluks melawan tekanan bagi perbandingan fluks penyingkiran NaCl untuk kedua-dua membran	40
4.8 Graf penyingkiran melawan tekanan bagi perbandingan penyingkiran NaCl untuk kedua-dua membran.	40
4.9 Graf fluks melawan tekanan bagi fluks penyingkiran air sisa akuakultur	42
4.10 Penyingkiran melawan tekanan bagi TP	44
4.11 Graf penyingkiran melawan tekanan untuk TA	44
4.12 Morfologi membran PES	46
4.13 Morfologi membran PSf.	46
4.14 Cadangan teknologi membran di dalam rawatan air sisa akuakultur	49

SENARAI SINGKATAN

Singkatan

AWWA	American Water Works Association
APHA	American Public Health Association
NH_4^+	Ion Ammonium Ioniks
NH_3	Ammonia tidak ionik
NMP	N-metilpirolidona
SEM	Mikroskop elekton imbasan
PES	Polietersulfon
PSf	Polisulfon
NaCl	Natrium Klorida
Tg	Kestabilan Termal
$\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$	Pirofosfat
PVP	Poli(vinil pirolidona)
WPCF	<i>Water Polution Control Federation</i>
-SO ₂	Sulfo
$\text{C}(\text{CH}_3)_2$	Isopropilidena
$\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}].2\text{H}_2\text{O}$	Natrium Nitroprusida

Singkatan

$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Ammonium Molidat
$(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6)$	Asid askorbik
k	Pekali pemindahan jisim
M_1	Molar yang kehendaki (mol)
V_1	Isipadu yang dikehendaki (mL)
M_2	Molar yang ketahui (mol)
V_2	Isipadu yang dipipetkan (mL)
J_v	Fluks telapan bagi larutan garam akueus atau fluks air tulen ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{s}$)
R_{obs}	Penyingkiran nyata (%)
R_{real}	Penyingkiran benar (%)
A	Luas membran berkesan (m^2)
t	Masa (s)
v	Isipadu larutan penyerapan di kumpul (mL)
r	Jejari sel pengacau (cm)
ν	Kelikatan Kinematik (m^2/s)
D_{i0}	Penyebaran pukal (m^2/s)
ΔP	Tekanan membrane (bar)
n	Bilangan liang
r_p	Saiz liang
t	Tortositi
Δx	Ketebalan membran
PWP	kebolehtelapan air tulen

Singkatan

INOS

Institut Oseonagrafi

TA

Jumlah Ammonium

TP

Jumlah Fosforous

SENARAI LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A Carta Gantt	57
B Pengiraan NaCl	58
C Bacaan Untuk Ammonia	60
D Bacaan Untuk Fosforus	61
E Bacaan NaCl Untuk Membran PES	62
F Bacaan TP Untuk Membran PES	63
G Bacaan TA Untuk Membran PES	64
H Bacaan NaCl Untuk Membran PSf	65
I Bacaan TP Untuk Membran PSf	66
J Bacaan TA Untuk Membran PSf	67

ABSTRAK

Minat dalam pengurangan isipadu aliran effluen air dan sumber air terhad adalah penyebab utama menggunakan teknologi membran. Di dalam kajian ini, perbandingan diantara membran Polietersulfon (PES) dan Polisulfon (PSf) telah di jalankan untuk mendapatkan polimer yang terbaik bagi aplikasi rawatan sisa akukultur. Dua formulasi dengan jenis polimer berlainan disediakan daripada tiga bahagian larutan yang terdiri daripada 18%PES/ 77%NMP/ 5%PVP dan 18%PSf/ 75%NMP/ 7%PVP dengan menggunakan teknik fasa balikan basah dan kering. Perbandingan membran asimetrik penuras nano di ukur dengan air tulin, eksperimen penyerapan garam, penyingkiran Jumlah Ammonia (TA) dan Jumlah Fosfat (TP) dan struktur membran menggunakan mikroskop electron imbasan (SEM). Di dalam kajian ini, sisa akuakultur perlu melalui pra rawatan dengan menggunakan kertas penuras kerana mempunyai kepekatan pepejal terampai yang tinggi sebelum sisa tersebut di turas menggunakan kedua-dua membran. Membran PSf menghasilkan penyingkiran NaCl yang tinggi (0-62.697%) dengan ketelapan air tulin ialah 3.6058 m³/m²sMPa. Manakala bagi penyingkiran TP, membran PES menghasilkan penyingkiran tinggi (0-96.488%) dengan ketelapan air ialah 52.12 m³/m²sMPa. Bagi penyingkiran TA, kedua-dua membran menghasilkan penyingkiran yang rendah. Daripada apa yang telah didapati, di cadangan membran PES adalah lebih sesuai untuk aplikasi rawatan sisa akuakultur kerana prestasi penyingkirannya dan sifat-sifat bahan.

ABSTRACT

The interest of reduction water effluent stream volume and the limitation of existing water supplies is the reason of using membrane technology. In this study, the comparison of Polyethersulfone (PES) and Polysulfone (PSF) membranes had been done to find out the best polymer membrane for the aquaculture waste treatment application. Two formulation with different type of polymer were prepared from a ternary dope consisting of 18%PES/ 77%NMP/ 5%PVP and 18%PSf/ 75%NMP/ 7%PVP using dry and wet phase inversion technique. These comparisons of asymmetric nanofiltration membranes are measured using pure water, salt permeation experiment, Total Ammonium (TA) and Total Phosphorus (TP) rejection and the membrane structure using scanning electron microscopy (SEM). In this study, aquaculture waste was subjected to pre-treatment by using a filter paper because of high concentration of suspended matter in these effluents before using both membranes. PSf membrane produced higher of NaCl (0-62.697%) with pure water permeability of $3.6058 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{sMPa}$. While for TP rejection, PES membrane produced higher rejection (0-96.45%) with pure water permeability of $52.12 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{sMPa}$. For the TA rejection, both membranes produced lower rejection. From the finding, it could be suggested PES membranes are more suitable for aquaculture waste treatment application due its rejection performance and material properties.

BAB 1

PENDAHULUAN

Dewasa ini, minat di dalam sistem akuakultur berasaskan tangki menggunakan air yang dirawat semula menjadi semakin popular dan penting di seluruh dunia. Terdapat banyak bahan pencemar di dalam sistem akuakultur yang memberikan kesan kepada ikan tetapi Ammonia dan fosforus merupakan pencemar yang terbesar di dalam air sisa akuakultur. Ammonia merupakan sisa nitrogen yang dihasilkan oleh kebanyakan ikan. Menurut Gang (2004), kesan pendedahan jangka pendek ikan terhadap kepekatan Ammonia yang tinggi akan menyebabkan peningkatan pengudaraan insang, kehilangan keseimbangan kerangsangan, sawan dan akan mati.

Manakala Fosforus akan menyebabkan masalah alam sekitar dengan pengeluaran secara melampau di dalam air akan menghasilkan kualiti air yang rendah menerusi proses eutrofikasi. Menurut Brit (2004) lagi, algae yang mati dan mereput akan menyebabkan masalah pengurangan oksigen dan boleh mengakibatkan ikan mati. Oleh kerana masalah-masalah ini, penyingkiran Ammonia dan Fosforus amat perlu dalam rawatan air sisa akuakultur. Aplikasi teknologi membran di dalam rawatan air

sisa akuakultur amat penting kerana kekurangan sumber air dan ia boleh mengurangkan aliran sisa effluen.

Menurut The Columbia Encyclopedia (2001) menyatakan, definisi membran dari segi biologi adalah nipis, lapisan tisu yang lembut dan mudah lentur yang melitupi permukaan atau pemisahan atau penyambungan bahagian, struktur atau organ haiwan atau tumbuhan. Manakala dari segi kimia, membran adalah sekeping lapisan nipis yang semulajadi atau bahan sintetik yang tidak telap kepada bendasing di dalam larutan.

Kebelakangan ini, membran penuras nano telah menjadi maju dan penting di dalam teknologi membran dengan peningkatan permintaan di dalam proses pemisahan di dalam semua proses. Ini kerana, dengan menggunakan tekanan operasi ini ia akan menghasilkan fluks yang tinggi, menahan anion multivalen dan molekul organik di atas 300 Dalton dan tekanan operasi yang rendah dan kos penyelenggaraan yang rendah (Lu *et al.*, 2002).

Di dalam kajian ini, perbandingan antara membran PES dan PSf telah dilakukan untuk mencari membran yang berkesan untuk rawatan air sisa akuakultur.

1.1 Pernyataan Masalah

Kelebihan proses aplikasi membran termasuklah mengurangkan kos operasi berbanding dengan teknologi kompetitif yang lain, menjimatkan tenaga, bahan kimia dan sebagainya. Oleh itu, peningkatan permintaan untuk kualiti air tinggi untuk

sistem akuakultur merupakan penyebab utama penggunaan teknologi membran. Ia juga untuk mencari membran polimer yang paling baik untuk digunakan dalam aplikasi rawatan air sisa akuakultur.

1.2 Objektif Kajian

Projek ini dijalankan untuk mencapai tiga objektif iaitu:

- i. Mencirikan membran asimetrik penuras nano PES dan PSf dengan menggunakan fluks air tulen dan penyerapan garam.
- ii. Membandingkan struktur membran PES dan PSf menggunakan alat mikroskop elektron imbasan (SEM).
- iii. Membandingkan prestasi pemisahan asimetrik penuras nano PES dan PSf untuk rawatan air sisa akuakultur.

1.3 Skop Kajian

Berikut merupakan skop kajian yang telah di jalankan. Rujuk Lampiran A untuk jadual kerja yang dijalankan sepanjang kajian ini.

- i. Membuat membran PES dan PSf menggunakan formulasi yang mengandungi 18%PES/ 77%NMP/ 5%PVP dan 18%PSf/ 75%NMP/ 7%PVP menggunakan teknik basah dan kering.
- ii. Menyediakan dan membuat eksperimen dengan menggunakan sel penuras hujung tertutup

- iii. Menentukan penyingkiran daripada eksperimen penyerapan menggunakan larutan 0.01M NaCl, dan penyingkiran Jumlah Ammonium (TA) serta Jumlah Fosforus (TP) dari air sisa akuakultur daripada sistem akuakultur berasaskan tangki di KUSTEM.
- iv. Menentukan struktur morfologi menggunakan (SEM).

BAB 2

ULASAN BAHAN RUJUKAN

Bab ini akan merangkumi maklumat dan perincian tentang kajian yang terdahulu seperti akuakultur, Fosforus, Ammonia dan polimer. Semua maklumat diperolehi daripada buku dan jurnal.

2.1 Akuakultur

Menurut Axelrod *et al.* (1986) dan Wheaton (1942), akuakultur merupakan bentuk agrikultur yang melibatkan penyediaan, pemuliharaan dan pemasaran haiwan dan tanaman akuatik di dalam mengawal alam sekitar. Penyebab utama akuakultur di pertimbangkan sebagai industri baru tumbuh di kebanyakan negara kerana populasi dunia yang tumbuh dengan pantas, menyediakan protein berkualiti tinggi yang murah dan permintaan bagi semua itu telah mencipta serta meningkatkan taraf hidup yang tinggi. Manakala menurut Swann (1992), sistem peredaran air tertutup merujuk kepada kaedah pengeluaran air yang melepasi dan merawatnya hanya sekali. Oleh itu, kurang air diperlukan oleh sistem ini berbanding dengan kolam atau kawasan terbuka lain.

Akuakultur yang berjaya dan bagus bergantung kepada sumber air yang digunakan kerana ia menyediakan oksigen dan makanan, merupakan tapak perkumuhan, mengawal suhu badan serta tempat perlindungan daripada penyakit yang disebabkan oleh organisma (Parker, 2002). Oleh itu, kualiti air mesti diawasi dan dikekalkan.

Air mengandungi kation dan anion. Jumlah dan jenis kation serta anion yang terkandung di dalam air akan memberi kesan kepada kualiti air. Salah satu perubahan besar dipengaruhi ion ialah pH, di mana air akan menjadi lebih berasid atau lebih beralkali kepada kehidupan akuatik (Walker, 1990). Menurut Boyd (1990), air untuk sistem akuakultur menyokong sistem yang sangat kompleks. Sistem akuakultur yang berjaya memerlukan pemahaman tentang kimia air, pemerhatian berterusan dan pengujian. Menurut Hatch Company (1992), pengujian biasa untuk mengawasi kualiti air ialah menggunakan kolorimetrik, titrimetrik dan kaedah elektrik.

2.2 Fosforus

Menurut The Columbia Encyclopedia (2001), daripada sudut kimia, Fosforus merupakan ion poliatomik atau mengandungi keseluruhan satu atom Fosforus dan empat oksigen. Di dalam bentuk ionik, ia membawa cas -3 formal dan bersimbol PO_4^{3-} . Di dalam sistem kehidupan ion fosfat boleh juga dicipta menerusi proses hidrolisis, ion besar yang di panggil pirofosfat yang mana mempunyai struktur $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$



Manakala dari segi ekologi, kehadiran fosforus akan menghasilkan pertumbuhan banyak organisma. Dengan kehadiran tahap fosforus secara tidak semulajadi akan menyebabkan ketidakseimbangan ekologi dan akan menghasilkan 'bloom' kepada sesetengah populasi organisma dan juga nutrien lain.

Ia akan menyebabkan masalah alam sekitar jika pengeluaran Fosforus secara melampau kepada air dan membawa kepada penurunan kualiti air menerusi proses eutrofikasi (Brit, 2004). Di dalam agrikultur, Fosforus merujuk kepada satu daripada tiga nutrien tumbuhan dan merupakan komponen baja. Merujuk kepada Boyd (1990), untuk kualiti air di dalam kolam untuk Jumlah Fosforus (TP) yang diperlukan di dalam air akuakultur dinyatakan di Jadual 2.1 di bawah.

Table 2.1 Kualiti air di dalam kolam untuk Jumlah Fosforus (TP) yang diperlukan bagi air akuakultur

Elemen	Bentuk dalam air	Kepekatan diperlukan
Fosforus	Ion Fosfat (HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-)	0.005-0.2 mg/l

Sumber dari Boyd (1990).

2.3 Ammonia

Ammonia boleh menjadi toksik kepada ikan pada satu sistem peredaran akuakultur. Menurut Miller *et al.* (1983), sumber utama Ammonia dalam sistem ini ialah bahan kumuhan ikan sebagai hasil metabolisme protein dan makanan yang tidak dimakan dan sisa yang terdapat di dalam tangki pembiakan. Manakala menurut Paller *et al.*

(1988), ammonia wujud di dalam dua bentuk dalam keseimbangan dalam air iitu bertukar menjadi ion ammonium (NH_4^+) dan ammonia tidak bertukar (NH_3). Ammonia yang tidak bertukar menjadi bentuk yang lebih toksik. Bentuk keseimbangan adalah bergantung pada suhu dan pH. Jika pH rendah, lebih banyak ammonia berada dalam bentuk tidak berion.

Kedua-dua bentuk membentuk kumpulan yng sama sebagai jumlah ammonia nitrogen dan tahap toksik untuk ternyahion ammonia bergantung pada spesis itu sendiri tetapi tahap di bawah 0.02 ppm merupakan tahap selamat. Kepekatan ammonia yang tinggi amat merbahaya kerana selalunya ia membataskan guna semula sistem air yang mana air dikitar semula secara berterusan (Swann, 1992). Merujuk kepada Boyd (1990), untuk kualiti air dalam kolam bagi kadar ammonia yang diperlukan dinyatakan dalam Jadual 2.2.

Jadual 2.2 Kualiti air di dalam kolam untuk Jumlah Ammonium (TA) yang di perlukan bagi air akuakultur

Bentuk dalam air	Kepekatan diperlukan
Ammonium (NH_4^+)	0.2 – 2 mg/l
Ammonia (NH_3)	< 0.1 mg/l

Sumber dari Boyd (1990).

2.4 Membran

Menurut Mulder (1997), membran adalah penyekat yang terpilih di antara dua fasa yang membenarkan pengangkutan pergerakan sesetengah komponen tetapi menahan

komponen lain. Perkataan terpilih adalah merupakan sifat kepada membran atau proses membran. Membran boleh menjadi homogen atau pelbagai, berstruktur simetrik atau asimetrik, pepejal atau cecair yang boleh membawa cas positif atau negatif satu neutral satu bipolar.

Pengangkutan menerusi membran boleh disebabkan oleh perolakan atau pembauran oleh molekul individu yang dirangsang atau digalakkan oleh lapangan elektrik atau kepekatan, tekanan atau suhu gradien. Ketebalan membran boleh berbeza daripada terkecil iaitu 100 mikron kepada beberapa mms. Sistem pemisahan membran memisahkan aliran masukan kepada dua aliran keluaran yang dikenali sebagai telapan dan tahanan. telapan merupakan bahagian bendalir yang melepasi menerusi membran semi telap di mana aliran pekat mengandungi sebahagian yang telah disingkirkan oleh membran.

Di dalam kajian ini, dua jenis fasa balikan digunakan iaitu fasa balikan kering dan fasa balikan basah. Menurut Barth *et al.* (2000), fasa balikan kering akan berlaku di dalam atmosfera dengan cara pengeringan pelarut mudah meruap atau dengan cara penyerapan air sebagai bukan pelarut daripada kelembapan udara. Manakala bagi fasa balikan basah, adalah dengan cara merendamkan filem larutan polimer ke dalam mandian pengental yang mengandungi bahan bukan pelarut di mana ia akan menukarkan pelarut dan bukan pelarut akan mengambil tempat. Di sini membran akan terbentuk.

Menurut Barth *et al.* (2000) lagi, struktur membran dan sifatnya dipengaruhi oleh komposisi (kepekatan, pelarut, aditif) larutan polimer, bahan penyokong, ketebalan

filem polimer. Semua faktor ini boleh disesuaikan dengan cara larutan kepekatan perlu dicairkan pada penyokong di antara diameter wayar yang diinginkan, bukan pelarut atau campuran bukan pelarut, suhu larutan polimer, mandian pengental atau persekitaran, jarak masa fasa balikan kering dilakukan dan akhir sekali ialah kelembapan udara.

2.5 Aplikasi Penuras Nano

Mekanisma pemisahan melibatkan kedua-dua kesan sterik (ayakan) dan elektrik (Donnan) yang membenarkan ia berkesan untuk julat bagi pemisahan campuran (sama ada neutral atau cas) dan garam (Raman, 1994). Penuras nano terletak diantara membrane osmosis balikan (RO) yang tidak berliang dengan Nisbah Sekatan Berat Molekul (*Molecular Weight Cut Off*) di antara 200- 10000 g/mol. Di mana pemisahan merupakan fungsi utama pekali penyebaran larutan organik terlarut dan bukan organik (Rautenbath *et al.*, 1990).

Sekali lagi, Rautenbath *et al.*, (1990) menyatakan selain kesan ayakan molekul, penuras nano mempunyai satu lagi mekanisma pemisahan iaitu kesan cas melalui pelekangan permukaan kumpulan contohnya asid karboksil dan sulfonan.

Kelemahan paling utama dalam penggunaan membran secara meluas termasuk kotoran membran yang mengakibatkan fluks menurun semasa operasi (Wang *et al.*, 2000). Beberapa jenis kotoran boleh berlaku dalam sistem membran contohnya kotoran berhablur, kotoran organik, kotoran zarah, kotoran koloid dan kotoran mikrob (Flemming., 1997).

Aplikasi teknologi membran terbahagi kepada tiga kategori umum: proses, rawatan sisa dan penapisan air (secara umumnya melibatkan sumber air). Air guna semula menerusi proses pemisahan membran secara umumnya dijangka datang daripada aplikasi rawatan sisa di mana kos pelupusan atau peraturan yang dikenakan walaupun kebanyakannya berkembang secara beransur-ansur ke dalam aplikasi proses dengan pemulihan dan guna semula melibatkan bahan berharga.

Di dalam sesetengah kes, ketulenan yang tinggi dan penggunaan isipadu air yang tinggi, air itu sendiri merupakan sumber untuk membuktikan proses dari segi ekonomi. Contoh aplikasi membran penuras nano adalah di dalam rawatan air, air sisa, pemisahan gas, aplikasi makanan, dan perubatan.

Aplikasi membran PSf lebih sesuai kepada pemisahan gas oleh kerana struktur polimer dan ia lebih fleksibel. Kajian bagi penggunaan membran PSf banyak dibuat bagi aplikasi pemisahan gas. Manakala untuk membran PES, merujuk kepada kajian terdahulu, lebih sesuai untuk pemisahan larutan akues.

2.6 Rawatan Air Sisa Akuakultur

Dalam sistem peredaran akukultur, air yang digunakan semula mesti mencapai tahap piawai untuk mengekalkan tahap kesihatan pembiakan organisma (Bergheim *et al.*, 2000). Ini amat penting untuk menyingkirkan sisa secara cekap dan kerap untuk meminimalkan kesan negatif pada persekitaran akuatik.

Jadual 2.3 Jenis rawatan yang digunakan di dalam rawatan akuakultur

Faktor Kualiti Air	Kaedah Rawatan
Oksigen	Pengudaraan: mekanikal (empangan, kincir, pancutan) atau kimia; tumbuh organisma fotosintetik
Ammonia (NH ₃)	Tukar kepada nitrit dan nitrat dengan penitratan bakteria di dalam penuras atau tangki pengudaraan; jerap pada resin penukar ion; pemindahan kepada atmosfera melalui buih udara.
CO ₂	Dos kapur
pH	Guna penuras batu kapur, cengkerang kepah, tiram untuk netralkan.
Pepejal Terampai	Letak dalam kolam atau tangki, penuras mekanikal, pengumpul, guna organisma pemakan partikulat.
Permintaan Oksigen Biokimia (BOD)	Singkir sisa pepejal dan ammonia
Nitrit (NO ₂)	Tukar kepada nitrat dengan penitratan bakteria
Nitrat(NO ₃)	Tukar kepada nitrogen dengan penitratan bakteria; nutrien untuk organisma akuatik lain. Contohnya algae.
Fosfat	Bekalkan organisma akuatik lain
Warna	Karbon teraktif, ozon
Bakteria atau pathogen lain	Pancaran ultra-ungu, klorin, rawatan ozon
Cl ⁻	Karbon teraktif, UV, natrium sulfit
N ₂	Nyahherapan melalui perlucutan udara (air stripping)

Sumber dari Muir,1982.

2.7 Polimer

Perkataan polimer adalah daripada perkataan Greek 'Poly' yang bermaksud banyak dan 'meros' iaitu bahagian atau unit. Polimer adalah kumpulan banyak unit. Untuk mencipta polimer, banyak monomer (satu unit) digabungkan. Perkataan polimer biasa digunakan untuk menggantikan plastik tetapi banyak biologi dan molekul bukan organik merupakan polimer. Semua plastik adalah polimer tetapi bukan semua polimer adalah plastik (Shi *et al.*, 2002).

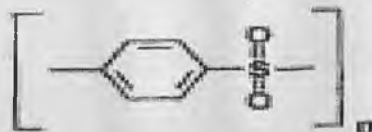
Polimer komersil dibentuk menerusi tindak balas kimia dalam bekas besar di bawah pemanasan dan tekanan. Ramuan lain yang ditambah untuk mengawal bagaimana polimer dibentuk dan menghasilkan panjang molekul dan sifat-sifat yang dikehendaki. Proses kimia ini dipanggil pempolimeran. Homopolimer terhasil daripada proses penghasilan polimer yang hanya mengandungi satu monomer sahaja.

Kopolimer merujuk kepada polimer yang mengandungi dua monomer yang berlainan yang digabungkan ke dalam rantaian polimer yang sama. Manakala kopolimer (di mana boleh secara rawak, blok atau graf) boleh berbeza nombor unit berulang (Stille, 1962). Terpolimer dihasilkan daripada menggunakan tiga monomer berbeza. Di dalam kajian ini, polimer polietersulfon dan polisulfon digunakan sebagai bahan membran. Daripada sudut kimia, kedua-dua polimer dicirikan melalui kumpulan aril yang di hubungkan oleh sulfo ($-SO_2$) dan kumpulan eter (O) (Anton *et al.*, 2000).

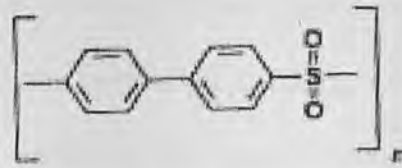
2.7.1 Polietersulfon

Merujuk kepada Charles *et al.*, (2003), gelang aromatik dihubungkan hanya melalui kumpulan sulfon menghasilkan polimer yang berhablur. Poli(fenil sulfona) (Rajah 2.1) cair dan hancur pada suhu di atas 500°C . Manakala Poli(bifenil sulfona) (Rajah 2.2) suhu cairnya di julat antara $410\text{-}430^{\circ}\text{C}$. Ciri-ciri ini menunjukkan dua bahan ini tidak mempunyai keupayaan pemprosesan termoplastik. Tetapi dengan pengenalan rangkaian eter akan menambahkan dan menjadikan polimer lebih fleksibel serta mengurangkan penghabluran. Sudut ikatan C-SO₂-c dalam aril sulfon ialah 105°C , di mana sudut COC ialah 124°C (Anton *et al.*, 2000). Sudut yang tidak sesuai akan mengurangkan simetri rantaian dan menghasilkan polimer amorfus.

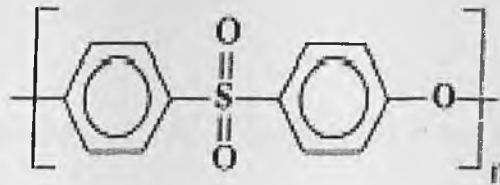
Suhu kaca menentukan kestabilan termal bagi amorfus PES. Elemen struktur dengan ciri dipolar atau keperluan sterik meningkatkan suhu kaca polimer (Anton *et al.*, 2000). PES lebih hidrofilik dan mempunyai kestabilan termal yang lebih tinggi iaitu $T_g = 190^{\circ}\text{C}$ (Wayne *et al.*, 1991). Rajah 2.3 menunjukkan formula bagi keseluruhan struktur. Lebih tinggi suhu peralihan kaca, lebih tegar polimer dan dalam keadaan tinggi kestabilan dalm pelarut (Beerlage *et al.*, 1990)



Rajah 2.1 Struktur Poli(fenil sulfona). (Charles *et al.*, 2003)



Rajah 2.2 Struktur Poli(bifenil sulfona) (Charles *et al.*, 2003)



Rajah 2.3 Struktur Polietersulfon. (Beerlage *et al.*, 1990)

Oleh kerana jisim molekul PES meningkat, rintangan kepada bahan kimia akan di baiki dan rintangan bahan untuk pecah berkurangan (Anton *et al.*, 2000). Pada suhu tinggi polimer PES mempunyai rintangan terhadap air, larutan akues, asid akues bukan organik, asid organik, alkohol dan minyak.

PES mempunyai ciri bahan penting seperti mempunyai suhu stabil yang tinggi dan ciri mekanikal yang baik seperti tegar, boleh ditegangkan dan kuat. Selain itu, ia memiliki rintangan kimia yang tinggi, rintangan hidrolisis, rintangan api semulajadi dan mempunyai ciri-ciri dielektrik yang baik. Tetapi semua ciri-ciri ini merupakan kelebihan komersial sahaja. Ini kerana proses penghasilan PES adalah sama dengan termoplastik yang lain dan ia senang dibentuk dengan penyuntikan acuan, penyemperitan dan mesin (Anton *et al.*, 2000).

Polimer ini telah menjadi satu bahan membran yang penting dalam pemisahan tetapi, sifat hidrofobik yang mana ia di kawal oleh stuktur PES yang menyebabkan fluks

membran rendah dan kotoran senang berlaku. Kelemahan ini memberi kesan pada aplikasi penggunaannya dalam pemisahan membran. Oleh itu amat perlu untuk mengubahsui permukaan membran PES melalui kaedah fizikal dan kimia untuk membaiki sifat hidrofilik PES.

2.7.2 Polisulfon

Merujuk kepada Anton *et al.* (2000), polisulfon (PSf) mempunyai kaitan tambahan *isopropylidene* (-C(CH₃)₂) yang mengubah sifat fizikal bahan, terutamanya titik peralihan kaca, T_g. merujuk kepada Wayne (1991) PSf (T_g = 190⁰C) mempunyai kestabilan termal yang rendah berbanding dengan PES (T_g = 225⁰C). Manakala merujuk kepada Charles *et al.*, (2003) PSf adalah hidrofobik kerana cincin aromatik di hubungkan hanya dengan kumpulan sulfon yang mana ia adalah berhablur (Rajah 2.5). Ini akan melemahkan penyerapan bahan organik.

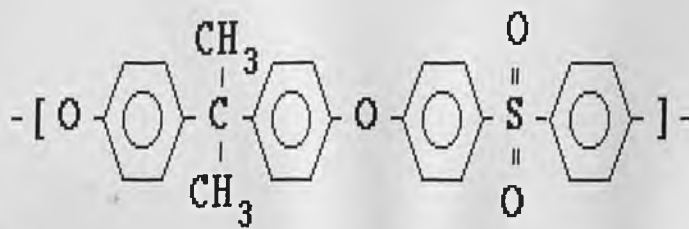


Figure 2.5 Struktur Polisulfon. (Charles *et al.*, 2003)

2.6.1 Aplikasi Kaedah Konvensional Dalam Merawat Air Sisa Akuakultur

Terdapat beberapa kaedah fizikal, biologi yang telah digunakan dalam sistem rawatan air sisa akuakultur. Rawatan fizikal yang biasa digunakan ialah penyingkiran pepejal termasuk pemendakan, penurasan pasir dan penuras mekanikal (Alciatore, 1971). Pengoksidaan pepejal organik (nitrifikasi dan penyahnitrifikasi) proses rawatan biologi contohnya penapis cucur (trickling filter) dan penyentuh biologi berputar (rotating biological contactors) telah digunakan (Anderson, 1974). Ia juga menyatakan kedua-dua kaedah ini mempunyai kelemahan seperti pengeluaran sisa yang tinggi, permintaan guna tenaga yng tinggi dan perlu diselenggara dengan kerap untuk mengekalkan kualiti air.

Menggunakan teknologi konvensional, langkah pembasmian kumn dan bakteria masih perlu dilakukan walaupun selepas rawatan tertiar (Wheaton, 1977). Pelbagai jenis rawatan yang sedang diaplikasikan di dalam merawat air sisa akuakultur dinyatakan di dalam Jadual 2.3 (Muir,1982).

BAB 3

BAHAN DAN METODOLOGI

Bab ini akan merangkumi secara terperinci kaedah yang digunakan pada kajian ini seperti penyediaan membran, fluks dan eksperimen ketelapan dan mencirikan membran.

3.1 Bahan

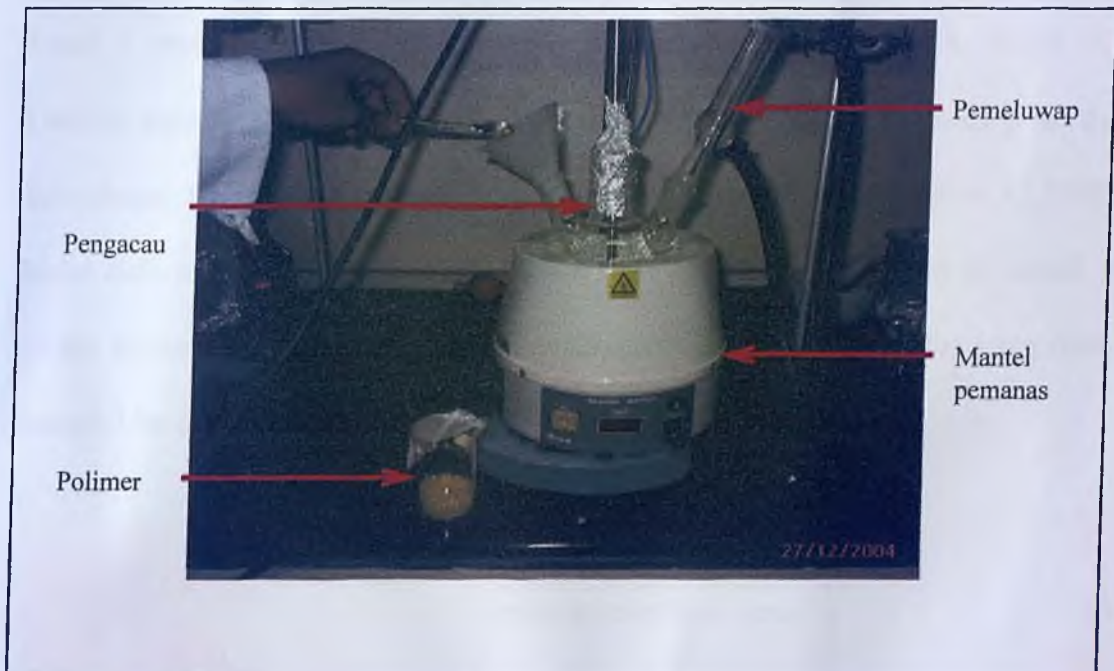
Bagi pembentukan membran, PES dan PSf telah digunakan sebagai polimer asas. NMP digunakan sebagai pelarut dan PVP digunakan sebagai bukan pelarut. Semua bahan ini didapati daripada MERCK Company. Air digunakan sebagai medium mandian akues. Untuk rawatan lanjut, metanol digunakan. Komposisi larutan membran ditunjukkan di Jadual 3.1.

Jadual 3.1 Komposisi larutan membran

Polimer	Pelarut	Bukan Pelarut
PES 18%	NMP 77%	PVP 5%
PSf 18%	NMP 75%	PVP 7%

3.2 Penyediaan Membran

Sebelum digunakan, polimer dikeringkan semalaman pada suhu 60°C di dalam ketuhar. Semua alatan seperti mantel pemanas dan pengacau magnetik (Model HS-30D) dipasang di dalam kebuk wasap (Rajah 3.1). Pelarut NMP dikacau selama 15 minit dalam suhu 50°C ke 60°C . selepas 15 minit, dua sudu kecil polimer dimasukkan ke dalam pelarut tadi. Polimer ini dikacau sehingga larut.



Rajah 3.1 Penyediaan radas untuk digunakan untuk penyediaan larutan membran.

Setelah polimer larut, dua sudu kecil polimer lagi dimasukkan. Proses ini akan berulang sehingga semua polimer larut. Proses ini mengambil masa kira-kira 5 hingga 6 jam untuk melarutkan keseluruhan polimer yang diperlukan. Selepas semua polimer dilarutkan, bukan pelarut iaitu PVP dimasukkan ke dalam larutan dan dikacau sehingga PVP larut dan menjadi homogen.

Satu jam sebelum larutan di simpan di dalam botol, suhu mantel pemanasan ditutup. Ini untuk merendahkan suhu larutan kepada suhu bilik dan untuk mengelakkan wap air dari terbentuk di dinding botol. Larutan ini kemudian disimpan di dalam botol dan diletakkan ke dalam mandian ultrasonik selama 2 jam untuk menyingkirkan buih daripada larutan tersebut. Selepas diletakkan di dalam mandian ultrasonik, ia di biarkan di dalam suhu bilik selama 24 jam sebelum diacu.

Kemudian, membran asimetrik penuras nano dibuat menggunakan teknik acuan basah / kering menggunakan mesin acuan elektrik semi automatik (Rajah 3.2). Larutan membran ini dituang dan diratakan di atas kepingan plat kaca pada suhu kelembapan relatif menggunakan kadar ricih 87.5 s^{-1} . Menurut Ismail *et al.* (2002), kadar ricih mesin pengacu boleh ditentukan menggunakan persamaan di bawah. Di dalam kajian ini, kelajuan acuan yang digunakan ialah 20 saat, panjang yang diukur ialah 0.35m dan ketebalan ditetapkan pada $200\mu\text{m}$.

$$\text{Kadar Ricih} = \frac{\text{Kelajuan pisau pengacu (m/s)}}{\text{Ketebalan membran (mm)}} \quad (3.1)$$

$$\text{Kelajuan} = \frac{\text{Panjang membran (m)}}{\text{Kelajuan pengacu (s)}} \quad (3.2)$$

Kemudian, larutan yang telah diacu dan pinggan kaca dimasukkan ke dalam mandian pengental yang mengandungi air suling pada suhu bilik. Membran terhasil apabila pinggan kaca yang mengandungi larutan tadi dimasukkan ke dalam mandian pengental seperti ditunjukkan pada Rajah 3.3. Membran dibiarkan di dalam takungan pengental selama 24 jam.

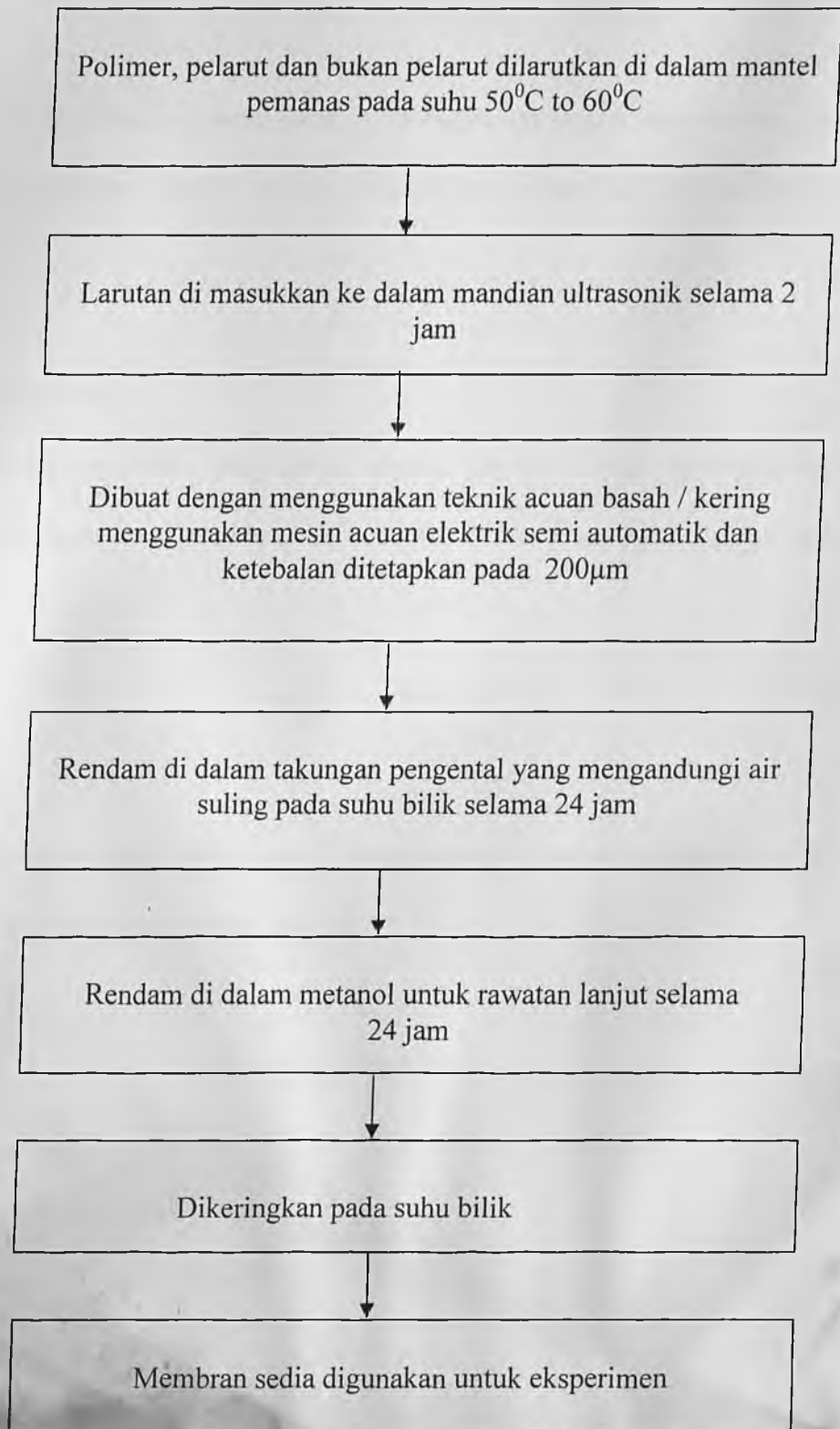
Selepas itu, membran direndam di dalam metanol selama 24 jam untuk rawatan lanjut. Akhirnya ia dikeringkan pada suhu bilik sebelum ia digunakan untuk eksperimen. Rujuk Rajah 3.4 untuk ringkasan proses penyediaan membran.



Rajah 3.2 Proses pengacuan larutan membran menggunakan mesin pengacu



Rajah 3.3 Pembentukan lapisan membran di dalam takungan pengental yang mengandungi air suling.



Rajah 3.4 Carta alir penyediaan membran menggunakan teknik acuan basah / kering menggunakan mesin acuan elektrik semi automatik bagi kedua-dua polimer.

3.3 Larutan Suapan

Terdapat 2 jenis larutan suapan yang telah digunakan untuk menentukan prestasi penyerapan membran. Berikut adalah langkah penyediaan bagi kedua-dua larutan suapan.

3.3.1 Larutan NaCl

Untuk menentukan kesan penyerapan garam, larutan NaCl digunakan. Berikut merupakan prosedur untuk membuat 500 mL 0.1 M NaCl menggunakan persamaan di bawah:

$$\frac{m}{JMR} = g/mol \quad (3.3)$$

Kemudian, menggunakan persamaan di bawah untuk mengira jumlah NaCl yang diperlukan untuk dicairkan kepada 1000 mL.

$$M_1V_1 = M_2V_2 = mol.liter \quad (3.4)$$

Dimana,

M_1 = Molar yang kehendaki.

V_1 = Isipadu yang dikehendaki.

M_2 = Molar yang ketahu.

V_2 = Isipadu yang dipipetkan.

Oleh kerana kepekatan NaCl yang tidak diketahui boleh ditentukan, maka keluk kalibrasi dibuat dengan memplotkan graf linear konduktiviti piawai melawan

kepekatan. Larutan NaCl dengan kepekatan berlainan diuji dengan menggunakan meter konduktiviti untuk bacaan konduktiviti.

3.3.2 Air Sisa Akuakultur

Air sisa akuakultur telah diambil daripada sistem akuakultur yang berasaskan tangki di KUSTEM dan telah disejukkan ke dalam peti sejuk pada suhu 4⁰C. Pengawetan tidak diperlukan kerana eksperimen dijalankan dengan segera. Terdapat dua parameter yang digunakan di dalam kajian ini untuk mengukur kecekapan penyingkiran membran. Kedua-dua parameter merujuk kepada Waste and Wastewater, 18th edition, AWWA, APHA, WPCF. Parameter-parameter tersebut ialah Jumlah Ammonium (TA) dan Jumlah Fosforus (TP). Berikut merupakan penyediaan untuk kedua-dua parameter.

3.3.2.a Penyediaan TA dan TP

Kedua-dua piawai merujuk kepada Waste and Wastewater, 18th edition, AWWA, APHA, WPCF. Untuk Jumlah Ammonium, larutan piawai ammonia disediakan dengan melarutkan 3.67 g ammonium sulfat (ammonium sulfat telah dikeringkan semalaman pada suhu 100⁰C dalam ketuhar sebelum digunakan) di dalam 1 L air ternyahion. 10mL daripada larutan ini dicairkan di dalam 1 L air ternyahion. Ini akan menghasilkan kepekatan 10 mg/L NH₄.

Untuk TP, larutan piawai disediakan dengan melarutkan 1.432 g anhidros kalium dihidrogen fosfat ke dalam air suling dan dicairkan kepada 1 L. Kemudian 10 mL daripada larutan ini dicairkan lagi kepada 1 L air suling. Ini akan menghasilkan kepekatan 10 mg/L PO₄³⁻.

3.3.2.b Penyediaan Reagen

Bagi TA, terdapat 6 reagen telah disediakan untuk parameter ini. Reagen pertama ialah air ternyahion. Di dalam proses ini, air suling akan melalui kolum penukar kation di dalam bentuk hidrogen untuk menghasilkan air ternyahion. Reagen kedua ialah larutan fenol. Sebanyak 20 g fenol dilarutkan ke dalam 200ml yang mengandungi 95% etanol. Reagen ketiga ialah larutan natrium nitroprusida. Sebanyak 1.0 g natrium nitroprusida, $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ telah dilarutkan ke dalam 200 ml air ternyahion. Larutan ini telah disimpan di dalam botol gelap. Reagen keempat ialah reagen *alkaline*. Reagen ini disediakan dengan melarutkan 100 g natrium sitrat dan 5 g of natrium hidroksida ke dalam 500 ml air ternyahion. Larutan ini stabil pada jangka masa tidak tetap. Reagen kelima ialah larutan natrium hipoklorida. Bagi larutan ini, larutan komersial hipoklorida iaitu Chlorox telah digunakan. Reagen terakhir bagi TA ialah larutan pengoksidaan. Kira-kira 100 daripada reagen alkalin dan 25 ml Chlorox telah dicampurkan. Reagen ini perlu di sediakan hanya ketika eksperimen dijalankan.

Untuk Jumlah Fosforus, terdapat 6 reagen yang telah disediakan. Reagen pertama ialah larutan Ammonium molibdat. 4 g Ammonium molibdat ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$) telah dilarutkan ke dalam 100ml air suling. Reagen kedua ialah larutan asid sulfurik 5N*. untuk penyediaan reagen ini, 140 ml asid sulfurik pekat telah dimasukkan ke dalam 800 ml air suling. Larutan ini dibiarkan sejuk kepada suhu bilik. Kemudian ia dicairkan kepada 1 L. Reagen ketiga ialah larutan asid askorbik. Untuk menyediakan reagen ini, 1.76 g asid askorbik ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) telah dilarutkan ke dalam 100 ml air suling. Reagen keempat ialah larutan kalium antimonil tartarat. Reagen yang terakhir ialah reagen gabungan yang terdiri daripada 15 ml larutan ammonium molibdat, 50 ml

larutan asid sulfurik 5N*, 30 ml larutan asid askorbik dan 5 ml larutan kalium antimonil tartarat.

3.4 Fluks dan Eksperimen Penelapan

Fluks dan eksperimen ketelapan telah dilakukan dengan menggunakan sel penuras hujung tertutup yang dibekalkan daripada Sterlitech HP4750 Stirred Cell dan menggunakan gas nitrogen (Rajah 3.5). Pengacau magnetik diletakkan di dalam badan sel semasa proses penurasan untuk mengelakkan kecerunan kepekatan terjadi semasa proses penurasan (Barth *et al.*, 2000). Di dalam eksperimen ini, pengacau magnetik mengacau pada 400 rpm. Pada masukan gas nitrogen, tekanan gas ini dikawal oleh manometer, larutan akan dikenakan daya untuk melepasi membran dan hasil akan dikumpulkan daripada bahagian larutan keluaran (Barth *et al.*, 2000).

Untuk air sisa akuakultur, proses eksperimen adalah sama, tetapi sebelum air sisa akuakultur di membuat ujian ketelapan, ia perlu melalui proses pra-rawatan menggunakan kertas turas kerana ia mengandungi kepekatan pepejal terampai yang tinggi (Wu *et al.*, 2002). Berikut ada persamaan yang telah digunakan untuk mengira ketelapan fluks:

$$J_v = P_m \Delta P \quad (3.5)$$

$$J = \frac{v}{t \times A} = m^3 / m^2 \cdot s \quad (3.6)$$

Dimana,

J_v = Fluks telapan bagi larutan garam akueus atau fluks air tulen

($m^3/m^2 \cdot s$).

A = Luas membran berkesan (m^2)

t = Masa (s)

v = Isipadu larutan penyerapan di kumpul.



Rajah 3.5 Eksperimen ketelapan menggunakan sel penuras hujung tertutup dengan tekanan diantara 4 bar ke 20 bar

Berikut merupakan persamaan yang telah digunakan di dalam kajian ini untuk mengira jumlah penyingkiran membran.

$$\ln\left(\frac{1 - R_{obs}}{R_{obs}}\right) = \ln\left(\frac{1 - R_{real}}{R_{real}}\right) + \frac{J_v}{k} \quad (3.7)$$

Dimana,

R_{obs} = Penyingkiran nyata

R_{real} = Penyingkiran benar

J_v = Fluks telapan bagi larutan garam akueus atau fluks air tulen
(m^3/m^2s).

K = Pekali pemindahan jisim

3.5 Prestasi Persembahan Membran

Ketelapan membran, penyingkiran garam, penyingkiran Jumlah Fosforus (TP) dan penyingkiran Jumlah Ammonium (TA) telah ditentukan berdasarkan fluks air tulen, natrium klorida dan eksperimen ketelapan air sisa akuakultur.

3.5.1 Larutan NaCl

Selepas eksperimen ketelapan larutan NaCl menggunakan kedua-dua membran, semua sampel diuji menggunakan meter konduktiviti untuk mendapatkan bacaan konduktiviti. Bagi kajian ini, pekali pemindahan jisim, k merupakan fungsi bagi kelajuan pengacau. Oleh itu hubungkait pekali pemindahan jisim bagi sel pengacau, k ialah:

$$k = k' \omega^n \quad (3.10)$$

$$k = k' \omega^{0.567} \quad (3.11)$$

Dimana,

$$k' = 0.23 \left(\frac{r^2}{\nu} \right)^{0.567} \left(\frac{\nu}{D_{i\infty}} \right)^{0.33} \frac{D_{i,\infty}}{r} \quad (3.12)$$

Dimana,

r = Jejari sel pengacau (cm)

$R_{i\infty}$ = Penyingkiran jisim

ν = Kelikatan kinematik (m^2/s)

R_{i0} = Penyingkiran jisim

D_{i0} = Saiz penyebaran (m^2/s)

3.5.2 Air Sisa Akuakultur

Semua sampel air sisa akuakultur sebelum dan selepas dirawat dengan membran telah di analisis untuk menentukan penyingkiran TA dan TP. Kedua-dua parameter merujuk kepada Waste and Wastewater, 18th edition, AWWA, APHA, WPCF.

3.5.2.a Jumlah Ammonium (TA)

Telapan dan tahanan daripada ujian ketelapan dicairkan kepada 10 ml di dalam tabung uji. Kemudian, 0.2 ml larutan fenol, 0.2 ml larutan natrium nitroprusida dan 0.5 ml reagen pengoksidaan di masukkan kedalam tabung uji yang mengandungi sampel dan digoncang. Larutan ini di biarkan selama 1 jam supaya pembentukan warna berlaku. Selepas 1 jam, dengan menggunakan UV spektrofotometer, kadar penyerapan diukur pada 640 nm.

3.5.2.b Jumlah Fosforus (TP)

A) Proses Pencernaan

Sample air sisa akukultur dicairkan kepada 50 ml dengan menggunakan air suling dan 1 titisan larutan penanda phenolphthalein telah di tambah. Jika warna merah terbentuk, asid sulfurik di titiskan sehingga warna hilang. Kemudian 1ml larutan asid sulfurik dan 0.4 g ammonium telah di tambah.

Apabila ammonium persulfat larut, sampel di didihkan sehingga isipadu menjadi 10 ml. Selepas ia sejuk, 1 titis larutan phenolphthalein dan natrium hidroksida ditambah sehingga warna pink terbentuk. Kemudian, sampel dicairkan kepada 50 ml dengan air suling. Sampel-sampel ini telah sedia untuk analisis TP.

B) Analisis Jumlah Fosforus (TP)

Sampel daripada proses pencernaan ditambahkan dengan 1 titis larutan penanda phenolphthalein. Jika warna merah terbentuk, 5N larutan asid sulfurik di tambah sehingga warna hilang. Kemudian larutan reagen gabungan sebanyak 8 ml dimasukkan dan digoncang. Larutan ini di biarkan selama 10 minit supaya pembentukkan warna berlaku.

Selepas 10 minit, dengan menggunakan UV spektrofotometer, kadar penyerapan diukur pada 880 nm menggunakan reagen kosong untuk kosong. Reagen kosong di buat menggunakan 50 ml air suling yang telah menjalani proses pencernaan dan prosedur asid askorbik.

3.6 Struktur Membran

Struktur membran telah dicirikan menggunakan SEM (Model JSM P/N HP475) di makmal INOS. Selepas menyembur dan meliputi bahagian dengan lapisan emas nipis menggunakan Autocoater (Model JFC 1600) seperti yang di tunjukkan pada Rajah 3.6. Membran, di selaputi dengan lapisan emas nipis untuk mengelakkan membran daripada rosak atau terbakar di sebabkan oleh sinaran electron.

Kemudian sampel di imbas di lapisan kulit menggunakan SEM (Model JSM-6260LA) seperti yang di tunjukkan di Rajah 3.7. Rajah 3.8 menunjukkan carta alir eksperimen membran yang telah dijalankan untuk kajian ini.

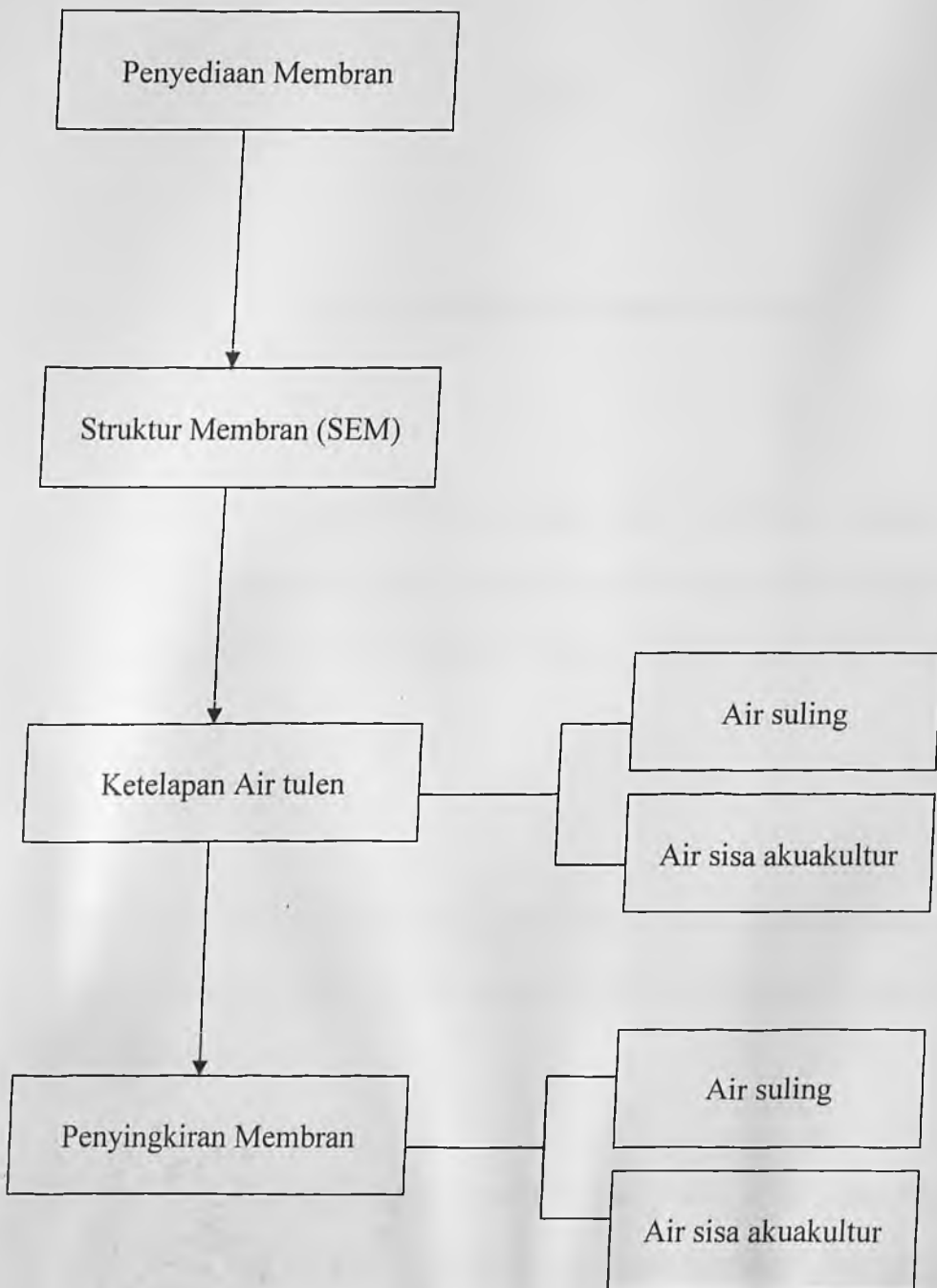
Rajah 3.7 Sampel diimbas pada lapisan kulit menggunakan SEM (Model JSM-6260LA)



Rajah 3.6 Autocoater (model JFC 1600) yang digunakan untuk menyembur dan meliputi bahagian membran dengan lapisan emas nipis



Rajah 3.7 Sampel diimbias pada lapisan kulit menggunakan SEM (Model JSM-6260LA)



Rajah 3.8 Carta alir eksperimen membran untuk membran PES dan PSf bagi kajian ini.

BAB 4

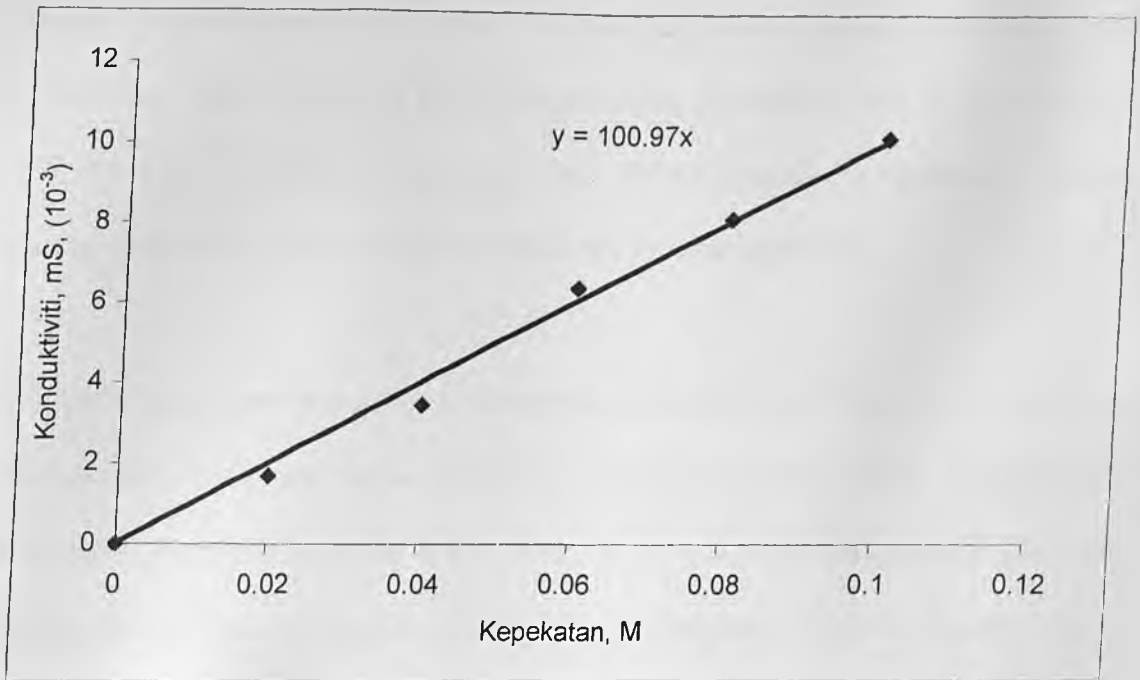
KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Untuk menentukan kepekatan larutan suapan bagi eksperimen penelapan, bacaan konduktiviti NaCl sebagai larutan suapan dan penyerapan Ammonia dan Fosforus dalam air sisa akuakultur untuk larutan suapan perlu ditentukan terlebih dahulu.

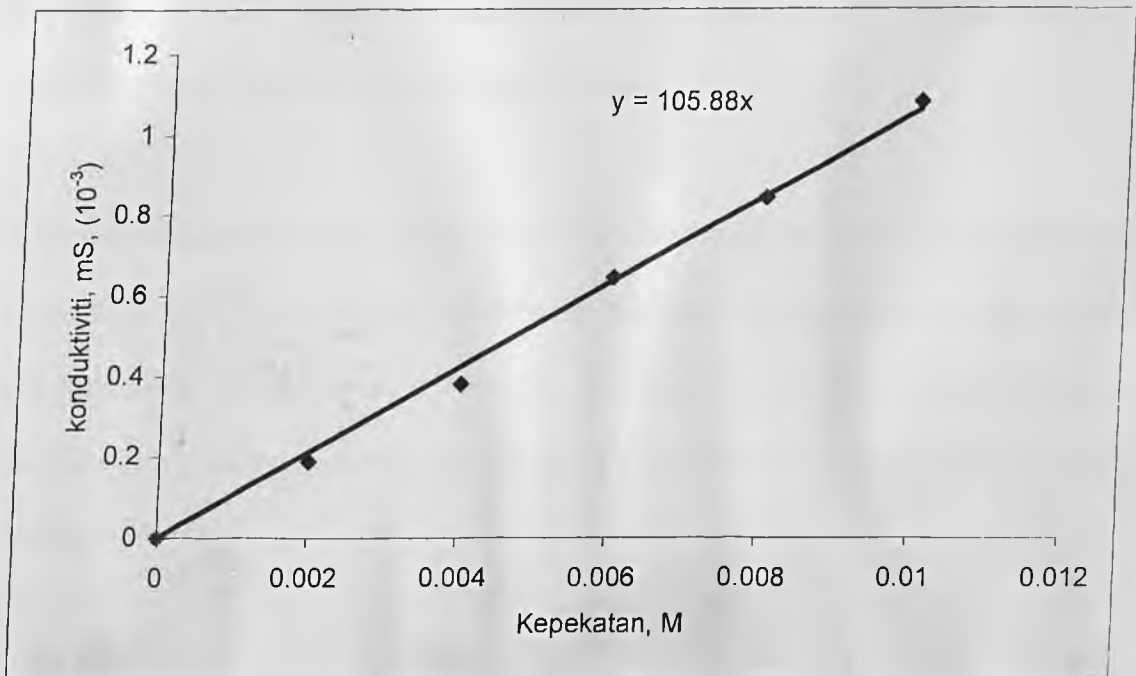
4.1 Keluk Kalibrasi

Terdapat dua keluk kalibrasi untuk bacaan NaCl. Keluk kalibrasi yang pertama adalah di dalam julat 0.001 M-1 M. terdapat lima kepekatan sampel iaitu 0.0, 0.02, 0.04, 0.06, 0.08 dan 0.1.

Keluk kalibrasi kedua ialah untuk kepekatan NaCl 0.01- 0.1M, lima kepekatan sampel iaitu 0.0, 0.002, 0.004, 0.006, 0.008 dan 0.010 disediakan. Daripada bacaan konduktiviti yang didapati daripada meter konduktiviti, keluk kalibrasi telah dibina dan ditunjukkan pada Rajah 4.1 da 4.2. Rujuk kepada Lampiran B untuk bacaan NaCl bagi kedua-dua larutan kepekatan.



Rajah 4.1 Graf konduktiviti melawan kepekatan NaCl dalam julat 0.001 M–1.0 M.



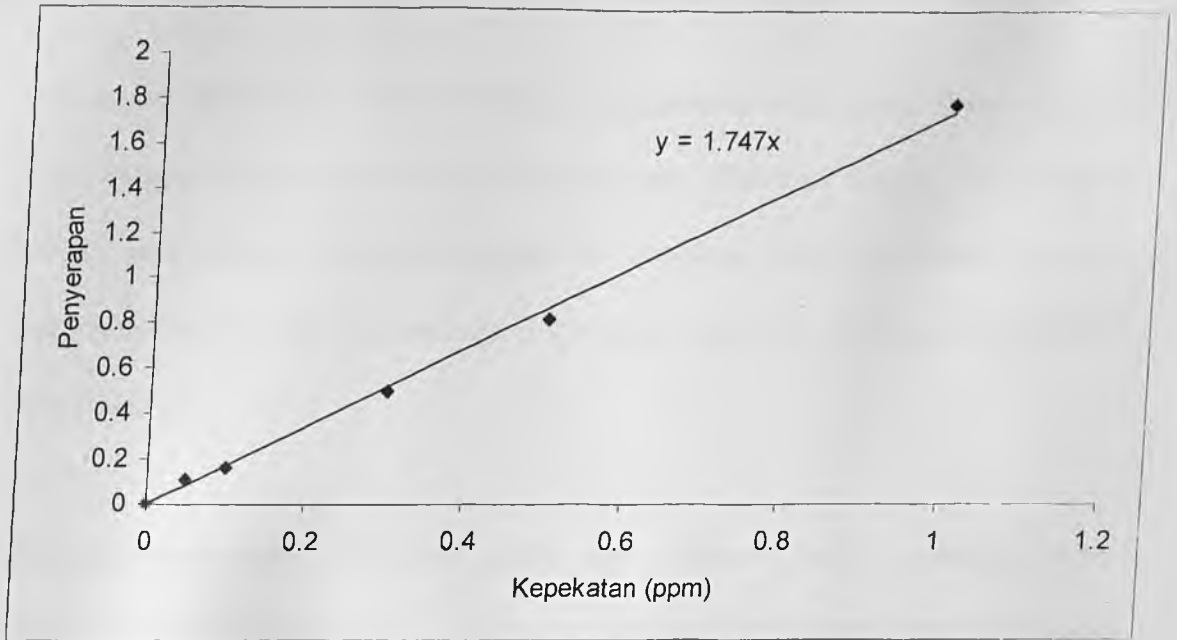
Rajah 4.2 Graf konduktiviti melawan kepekatan NaCl dalam julat 0.01 M – 1.0 M.

Untuk Ammonium, tujuh sampel dengan kepekatan yang ditentukan telah disediakan. Tujuh kepekatan piawai sampel yang digunakan iaitu 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 dan 1.2. bacaan penyerapan bagi sampel-sampel ini ditentukan dengan menggunakan UV spektrofotometer pada jarak gelombang 640 μ m.

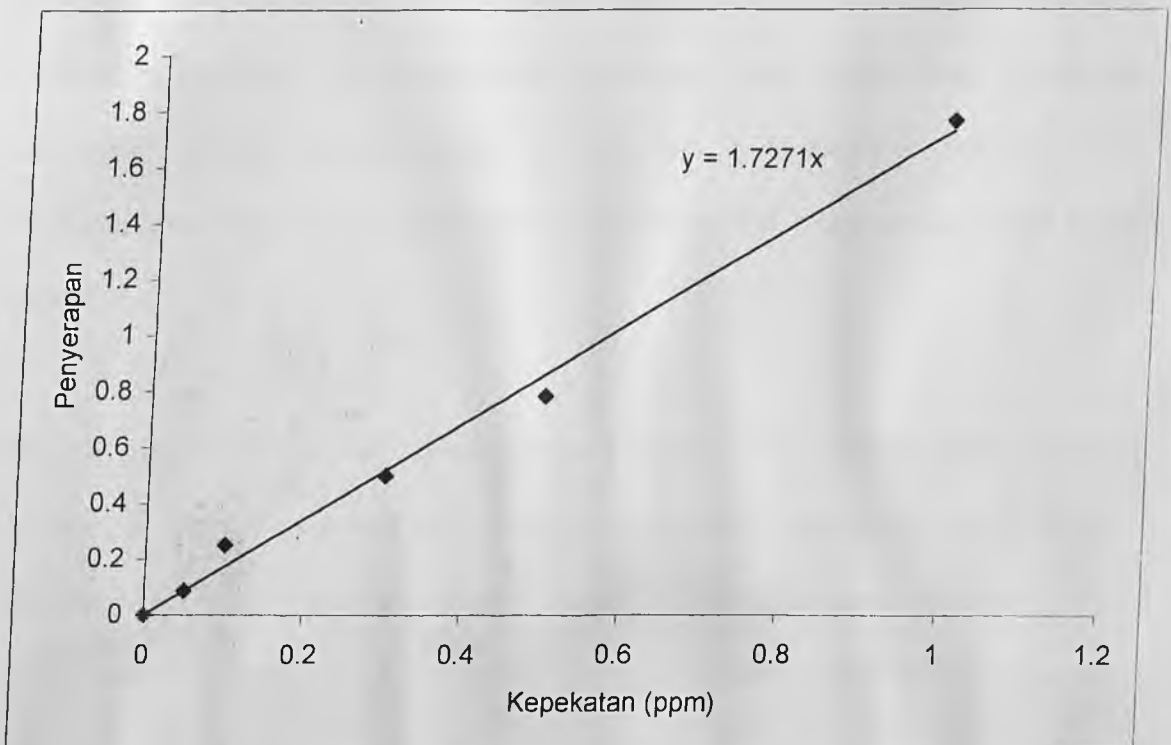
Daripada bacaan penyerapan yang diperolehi, keluk kalibrasi dibina dan ditunjukkan pada Rajah 4.3. daripada keluk kalibrasi ini, diketahui larutan suapan mengandungi kepekatan Ammonia sebanyak 0.951 ppm, di mana ia perlu dikurangkan daripada kandungan air sisa akuakultur. Rujuk kepada Lampiran C untuk bacaan keluk kalibrasi TA.

Bersamaan dengan Fosforus, lima sampel dengan kepekatan yang diketahui disediakan. Lima kepekatan sampel piawai iaitu 0, 0.5, 1.0, 1.5 dan 2.0 telah disediakan. Bacaan penyerapan bagi sampel ini ditentukan dengan menggunakan UV spektrofotometer pada jarak gelombang 880 μ m.

Daripada bacaan penyerapan yang di perolehi, keluk kalibrasi dibina dan ditunjukkan pada Rajah 4.4. daripada keluk kalibrasi ini, diketahui larutan suapan mengandungi kepekatan Fosforus sebanyak 0.7791 ppm, di mana ia perlu dikurangkan daripada kandungan air sisa akuakultur. Rujuk kepada Lampiran D untuk bacaan keluk kalibrasi TP.



Rajah 4.3 Keluk kalibrasi untuk TA



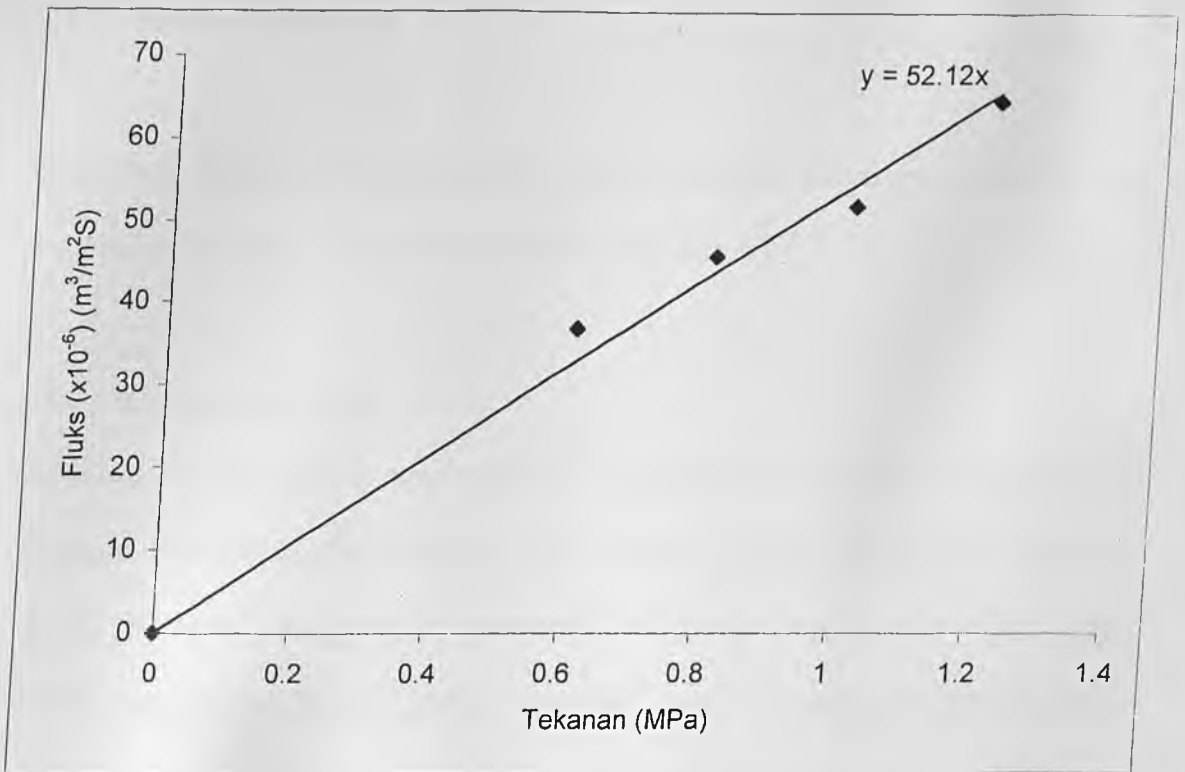
Rajah 4.4 Keluk kalibrasi untuk TP

4.2 Penelapan Fluks Air

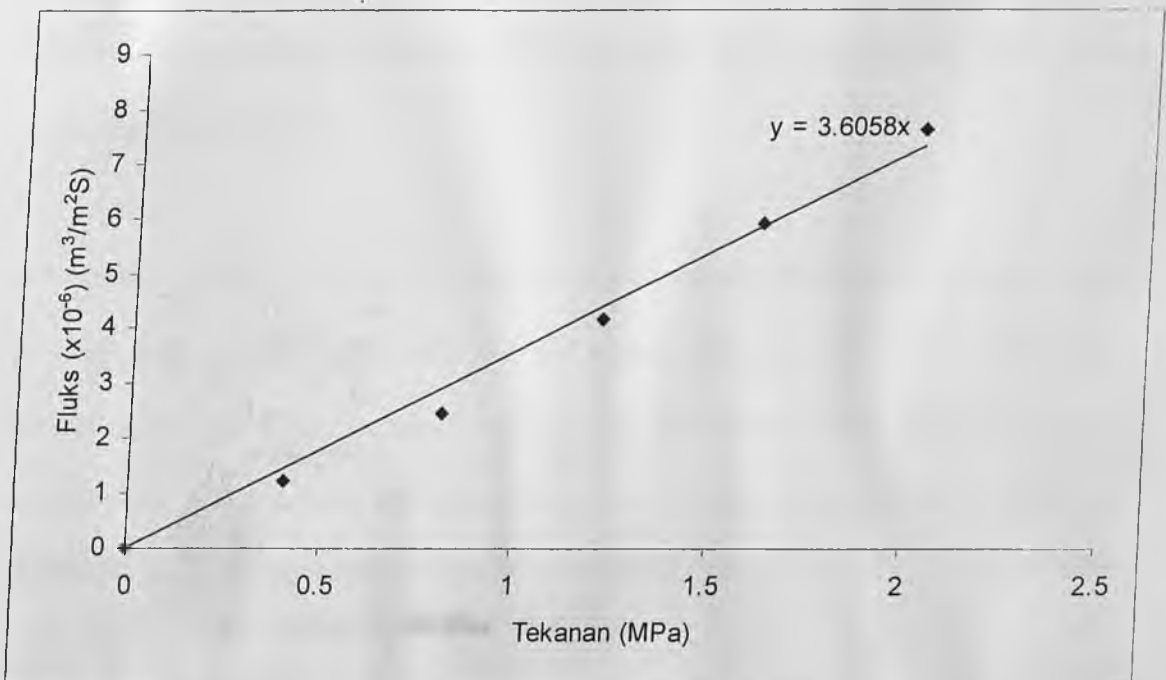
Pekali kebolehtelapan telah ditentukan menggunakan eksperimen fluks air tulen. Graf tekanan melawan fluks bagi penelapan telah diplotkan dengan menggunakan bacaan yang didapati daripada eksperimen penelapan untuk penelapan air tulen menggunakan air suling. Bacaan bagi eksperimen yang telah dijalankan ditunjukkan pada Rajah 4.5.

Daripada eksperimen, fluks air tulen dan tekanan yang dikenakan telah mempamerkan hubungan linear yang mana mengikut persamaan Hagen-Poiseuille iaitu $J_v = P_m \Delta P$. Lengkuk cerun melambangkan pekali kebolehtelapan, P_m . Daripada kajian ini, keputusan menunjukkan kebolehtelapan untuk membran PES bagi air suling adalah $52.12 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{sMPa}$ berbanding dengan membran PSf iaitu $3.6058 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{sMPa}$. Ini menunjukkan perbezaan yang ketara bagi kedua-dua membran kerana daripada Rajah 4.5 dan 4.6, menunjukkan membran PES menghasilkan fluks yang tinggi manakala membran PSf menghasilkan fluks yang rendah.

Daripada graf 4.5 dan 4.6, menunjukkan membran PES adalah lebih berliang berbanding dengan membran PSf. Dengan pengenalan rangkaian eter di dalam struktur PES telah menyumbangkan kepada kebolehlenturan membran dan pengurangan kehabluran (Anton *et al.*, 2000). Rujuk kepada Lampiran E dan H untuk bacaan bagi fluks air tulen untuk kedua-dua membran.



Rajah 4.5 Fluks air untuk membran PES. Kadar ketelapan air tulen ialah 52.12 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{sMPa}$, manakala pekali perkaitan (R^2) ialah 0.9897.



Rajah 4.6 Fluks air untuk membran PSf. Kadar ketelapan air tulen ialah 3.6058 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{sMPa}$, manakala pekali perkaitan (R^2) ialah 0.9934.

4.3 Prestasi Membran

Eksperimen penelapan telah dijalankan untuk menentukan kecekapan membran bagi penyingkiran garam, TA dan TP di dalam larutan suapan.

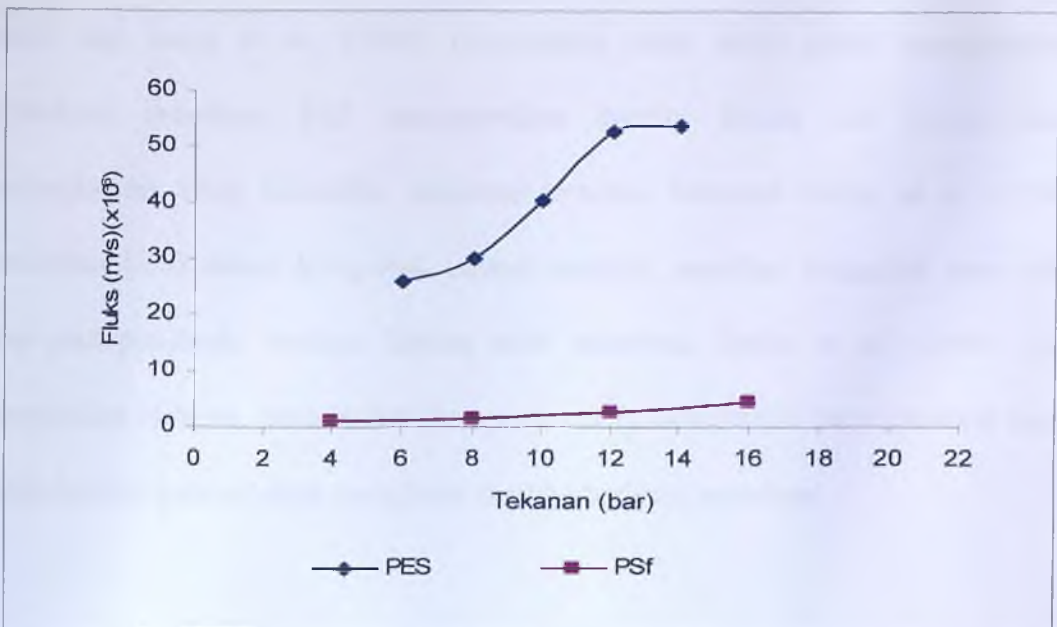
4.3.1 *Penyingkiran NaCl*

Keputusan daripada kajian menunjukkan penyingkiran maksimum menggunakan membran PES untuk memindahkan NaCl daripada larutan NaCl ialah sebanyak 11.1%. Manakala menggunakan membran PSf untuk penyingkiran NaCl ialah 62.7%. Berlawanan dengan kajian terdahulu yang menyatakan penyingkiran menggunakan membran PES adalah tinggi daripada penyingkiran membran PSf.

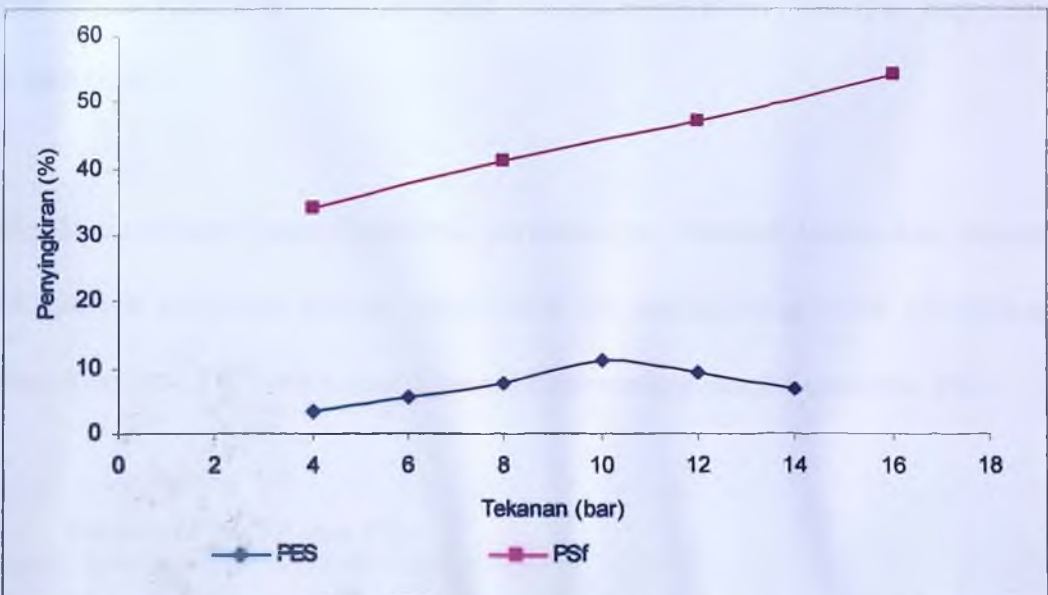
Kedua-dua membran di Rajah 4.7 dan 4.8 menunjukkan dengan peningkatan tekanan, penyingkiran akan meningkat juga. Penyingkiran daripada kedua-dua membran menunjukkan membran PSf menyingkir dan memindahkan NaCl tinggi daripada membran PES.

Bersamaan dengan Luoa *et al.* (2004), ia menyatakan PES telah menjadi bahan pemisah yang penting tetapi sifat hidrofobik yang dikawal oleh struktur PES akan membawa kepada fluks membran yang rendah dan mudah kotor yang mana akan memberikan kesan kepada lapangan aplikasi dan penggunaan pemisahan membran pada masa akan datang.

NaCl untuk kedua-dua membran.



Rajah 4.7 Graf fluks melawan tekanan bagi perbandingan fluks penyingkiran NaCl untuk kedua-dua membran.



Rajah 4.8 Graf penyingkiran melawan tekanan bagi perbandingan penyingkiran NaCl untuk kedua-dua membran.

Sekali lagi Luo *et al.* (2004) menyatakan amat perlu untuk mengubahsuai permukaan membran PES menggunakan kaedah fizikal dan kimia untuk meningkatkan tahap hidrofilik membran tersebut. Menurut Belfer *et al.* (1999), perubahan kecil dalam komposisi larutan tuangan, mandian pengental atau aditif akan mempengaruhi struktur lapisan aktif membran. Belfer *et al.* (1999), juga menyatakan bahawa, penambahan komponen yang mempunyai berat molekul tinggi kepada larutan polimer akan mengubah struktur berliang membran.

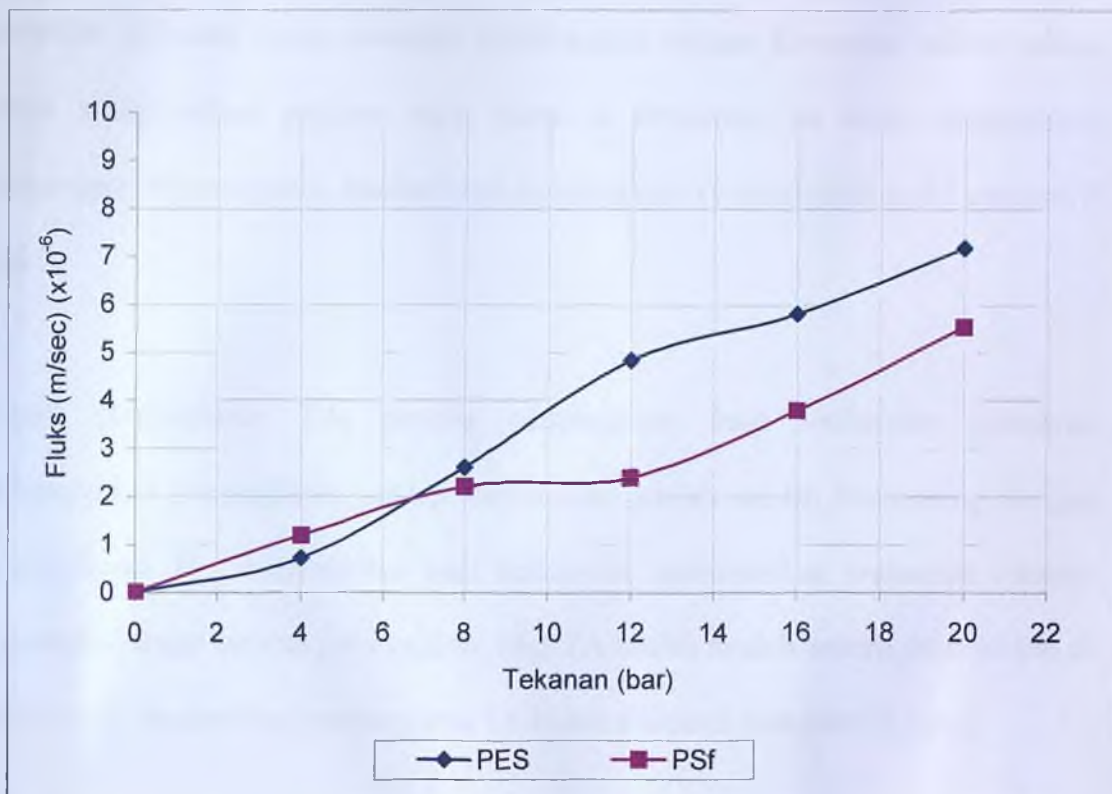
Menurut Charles *et al.* (2003), PSf agak hidrofobik kerana cincin aromatik yang dihubungkan hanya dengan kumpulan sulfon menghasilkan polimer yang berhablur. Ini adalah merupakan faktor penyebab yang menyebabkan penyingkiran NaCl menggunakan membran polimer ini lebih tinggi berbanding dengan membran PES. Rujuk kepada Lampiran E dan H untuk bacaan eksperimen penelapan bagi kedua-dua membran.

Daripada keputusan yang diperolehi, perbandingan diantara kedua-dua membran menunjukkan perbezaan prestasi yang ketara. Ini menunjukkan untuk penyingkiran garam, membran PSf lebih sesuai digunakan berbanding dengan membran PES.

4.3.2 Penyingkiran TP dan TA

Untuk fluks air sis akuakultur, kedua-dua membran telah diuji dengan menggunakan tekanan 4, 8, 12, 16 dan 20 bar. Bacaan bagi fluks untuk kedua-dua membran di di antara 84.9% to 96.5%. Menurut kepada keputusan (Lampiran F dan I), perbandingan prestasi berdasarkan pada kadar Fosforus menggunakan membran boleh manjau tinggi ketara (membran TP penghasilan penelapan per unit luas membran (fluks penelapan) yang di buat diantara membran.

Rajah 4.9 menunjukkan peningkatan fluks meningkat dengan peningkatan fluks meningkat dengan peningkatan tekanan. Rajah 4.9 juga menunjukkan dengan menggunakan tekanan tinggi, fluks air sisa akuakultur menggunakan membran PES lebih tinggi berbanding fluks bagi membran PSf.



Rajah 4.9 Graf fluks melawan tekanan bagi fluks penyingkiran air sisa akuakultur

Untuk penyingkiran TP, peratus penyingkiran bagi kedua-dua membran meningkat apabila tekanan dan fluks meningkat seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.10. Untuk membran PES, penyingkiran TP daripada kandungan air sisa akuakultur ialah di antara 84.9% to 96.5%. Merujuk kepada Noordman (1997), penyingkiran jumlah Fosforus menggunakan membran boleh menjadi tinggi kerana penyingkiran TP

dipengaruhi oleh kekuatan ionik yang menunjukkan kesan elektrik merupakan daya pemisahan yang utama.

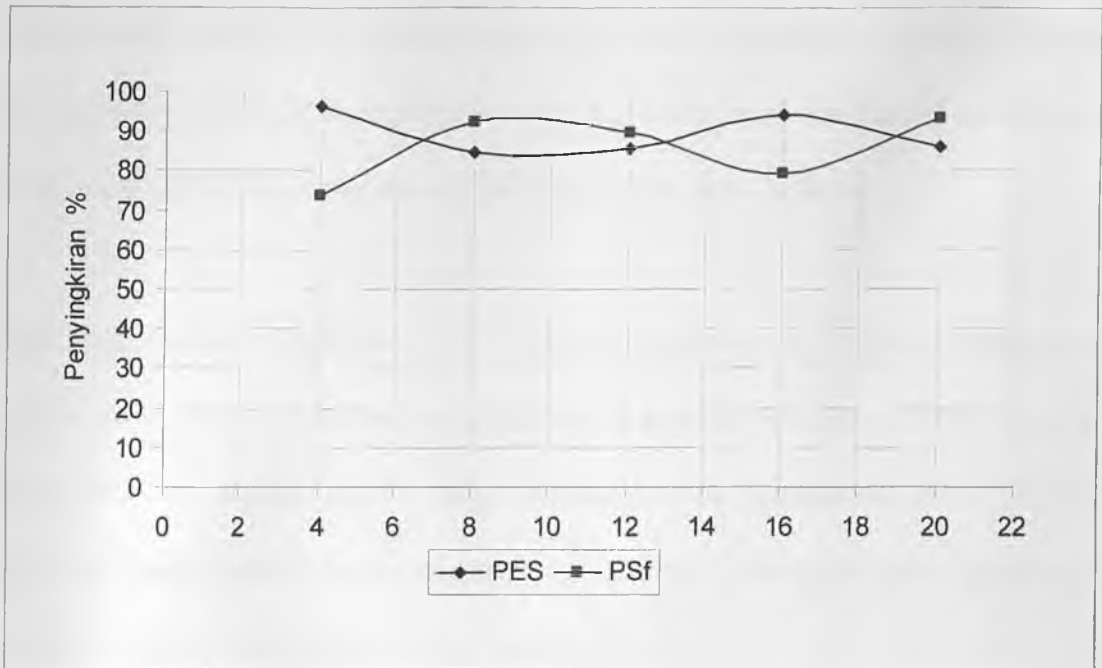
Manakala menggunakan membran PSf, penyingkiran adalah di antara 73.9 % to 93.0% sahaja. Ini kerana menurut Charles *et al.*(2003), struktur PSf itu sendiri yang hidrofilik di mana cincin aromatik dihubungkan dengan kumpulan sulfon sahaja untuk menghasilkan polimer yang mana ia berhablur. Ini akan melemahkan penyerapan bahan organik. Bacaan bagi penyingkiran TP boleh dilihat di Lampiran F dan I.

Untuk penyingkiran TA, peratus penyingkiran bagi kedua-dua membran menunjukkan penyingkiran jumlah Ammonium adalah rendah berbanding dengan penyingkiran TP. Penyingkiran bagi kedua-dua menunjukkan walaupun tekanan meningkat, tetapi peratus penyingkiran bagi TA adalah rendah seperti ditunjukkan di Rajah 4.11. Bacaan bagi penyingkiran TA boleh dilihat di Lampiran G dan J.

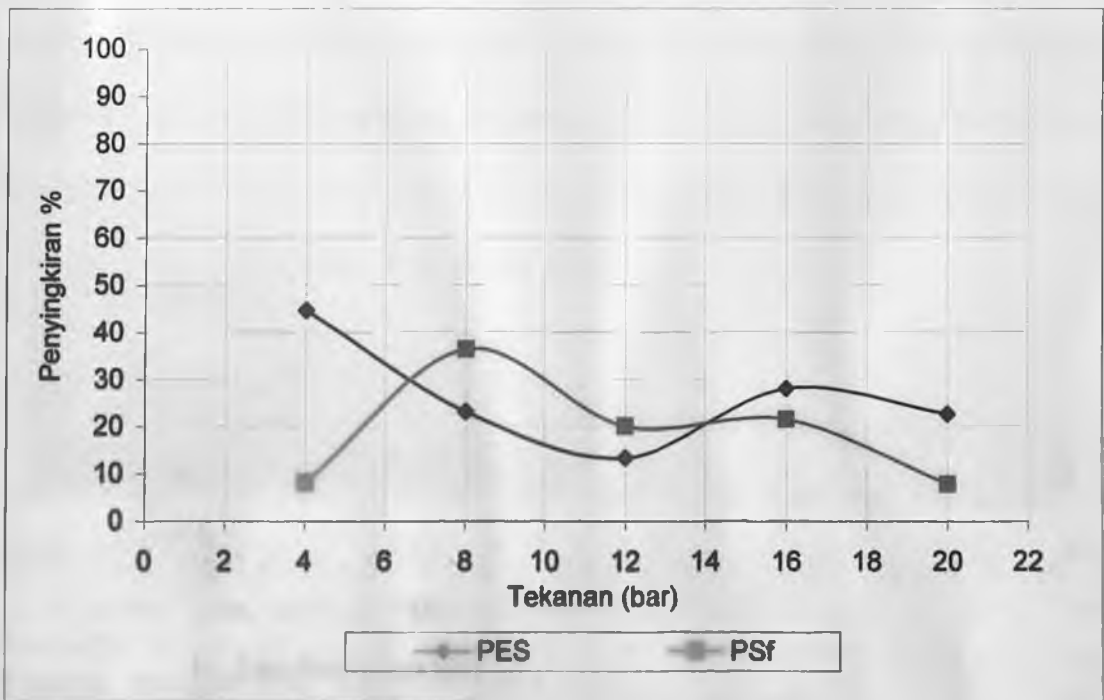
Daripada keputusan yang diperolehi, pengutuban kepekatan memainkan peranan penting. Daripada graf yang ditunjukkan di Rajah 4.10 dan 4.11, dengan peningkatan tekanan, penyingkiran menjadi lebih rendah. Bagi penyingkiran TA, merujuk kepada Rajah 4.11, kedua-dua membran pada tekanan 20 bar menghasilkan peratus penyingkiran yang semakin rendah. Membran PES pada tekanan 16 bar menunjukkan peratus penyingkiran sebanyak 28.1% tetapi peratus penyingkiran menurun apabila tekanan 20 bar dikenakan di mana peratus penyingkiran ialah 22.7%. Manakala bagi membran PSF pada 16 bar, peratus penyingkiran ialah 21.6%

Rajah 4.11 Graf penyingkiran melawan tekanan untuk TA

tetapi apabila tekanan 20 bar dikenakan, peratus penyingkiran menurun sehingga 7.9%.



Rajah 4.10 Penyingkiran melawan tekanan bagi TP



Rajah 4.11 Graf penyingkiran melawan tekanan untuk TA

4.4 Morfologi Membran

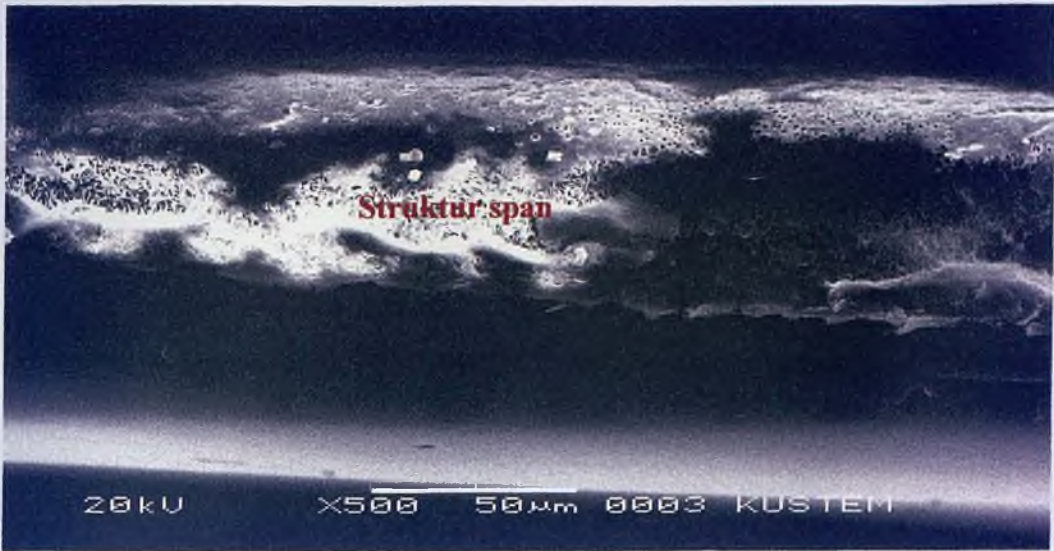
Kedua-dua membran telah disediakan dengan menggunakan teknik yang sama iaitu menggunakan teknik fasa balikan basah dan kering. Keputusan daripada imbasan menggunakan alat SEM menunjukkan membran yang telah disediakan mempunyai struktur asimetrik yang mana ia mengandungi dua struktur berbeza.

Bagi pembentukan membran PES, daripada keputusan alat SEM menunjukkan pembentukan struktur span berliang. Gambarajah struktur membran PES ditunjukkan di Rajah 4.11. Serupa seperti yang dinyatakan oleh Strathmann *et al.* (1975), membran dengan struktur span yang berliang selalunya mempunyai fluks yang tinggi dan menghasilkan penyingkiran yang rendah.

Bagi membran PSf, daripada keputusan yang didapati menunjukkan di bahagian permukaan teratas membran, lapisan kulit yang padat terbentuk. ini merupakan faktor penyebab membran PSf menghasilkan penyingkiran garam yang tinggi berbanding dengan membran PES tetapi membran ini menghasilkan fluks yang lebih rendah berbanding dengan membran PES (Rajah 4.12).

Terdapat juga struktur yang mempunyai jejari tirus dari liang tunggal daripada bahagian atas sehingga ke bahagian permukaan bawah membran. Permukaan di dalam liang juga diselaputi dengan lapisan polimer padat. Semua membran berstruktur ini mempunyai kulit kedua berterusan pada permukaan bawah membran. Semua struktur ini menyebabkan membran PSf membran yang padat.

Rajah 4.11 Gambarajah struktur membran PES



Rajah 4.12 Morfologi membran PES. Daripada komposisi ketiga yang mengandungi PES/NMP/PVP: 18/77/5 dan menggunakan teknik fasa balikan basah dan kering.



Rajah 4.13 Morfologi membran PSf. Daripada komposisi ketiga yang mengandungi PSf/NMP/PVP: 18/75/7 dan menggunakan teknik fasa balikan basah dan kering.

4.5 Potensi Penggunaan Teknologi Membran Untuk Sistem Rawatan Air

Sisa Akuakultur

Merujuk daripada keputusan yang diperolehi, perbandingan daripada kedua-dua membran untuk eksperimen penelapan bagi penyingkiran TP dan TA dinyatakan di dalam Jadual 4.1 dibawah.

Jadual 4.1 Perbandingan kedua-dua membran dengan keperluan piawai

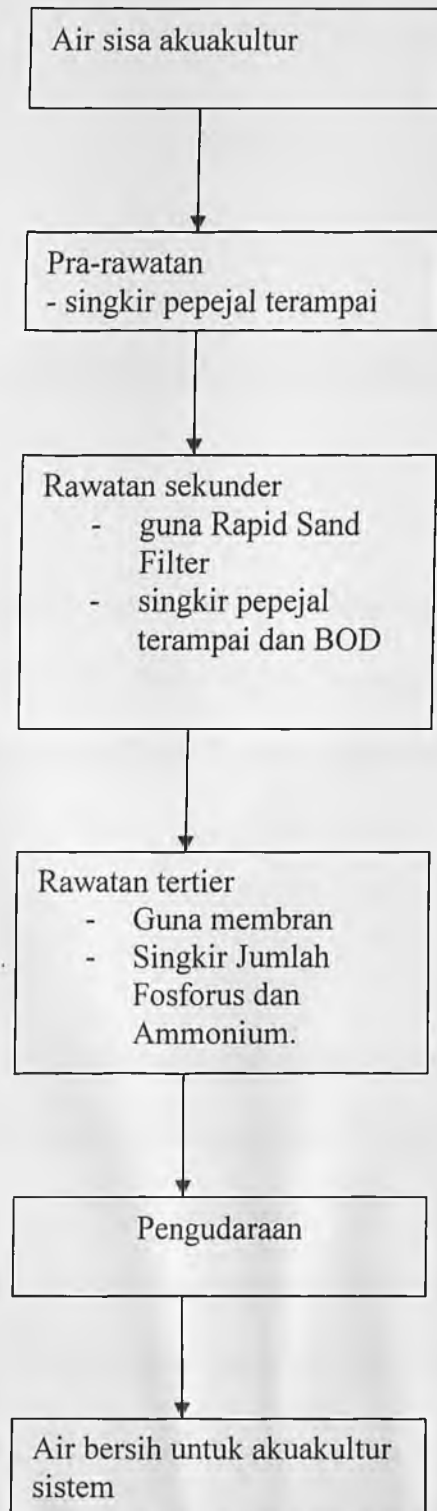
Parameter	C_{suapan} (mol/lit)	C_{keluar} (mol/lit)		% penyingkiran		Keperluan piawai (mg/lit)
		PES	PSf	PES	Psf	
TP	0.867	0.02	0.13	96.5	73.9	0.05-0.2
TA	1.070	0.67	1.19	44.7	0.31	0.2-2

Daripada Jadual 4.1, perbandingan di antara kedua-dua membran dengan keperluan piawai telah dinyatakan. Keputusan daripada eksperimen ini menunjukkan penyingkiran TP dan TA menggunakan membran menghasilkan penyingkiran yang mematuhi keperluan piawai untuk kualiti air akuakultur. Daripada keputusan yang didapati juga, membran PES menunjukkan prestasi membran yang baik dengan peratus penyingkiran yang tinggi bagi kedua-dua parameter iaitu TP dan TA.

Untuk tekanan operasi optimum, membran PES menghasilkan peratus penyingkiran paling tinggi dengan yang digunakan di antara 0-5 bar. Manakala bagi membran PSf, ia memerlukan tekanan yang lebih tinggi untuk menyingkirkan TP dan TA berikutan struktur dan kebolehlenturan yang lebih hidrofobik dan ini akan mengurangkan penyerapan bahan organik.

Dengan menggunakan teknologi membran, keputusan yang didapati adalah jauh lebih tinggi dan mempunyai banyak kelebihan berbanding daripada kaedah rawatan konvensional lain. Sistem rawatan konvensional lain mempunyai banyak kelemahan seperti menghasilkan enapceamar yang banyak, permintaan tenaga yang tinggi dan memerlukan penyelenggaraan yang lebih kerap berbanding dengan teknologi membran. Dengan menggunakan teknologi membran, jumlah penggunaan tenaga dapat dikurangkan.

Untuk meningkatkan kecekapan penyingkiran dan mengurangkan kos operasi, sistem membran boleh digunakan di dalam rawatan tertier bagi sistem rawatan air sisa akuakultur sebagai rawatan biologi menurut Cornwell (1998). Carta alir cadangan teknologi membran di dalam rawatan air sisa akuakultur di tunjukkan di Rajah 4.13. Ini boleh menilai kebolehan penyingkiran termasuk sifat fluk membran penuras nano di dalam rawatan air sis akuakultur kerana teknologi membran adalah selamat digunakan. Manakala kadar peratus penyingkirannya lebih tinggi daripada teknik konvensional lain.



Rajah 4.14 Cadangan teknologi membran di dalam rawatan air sisa akuakultur.

BAB 5

KESIMPULAN DAN CADANGAN

Daripada kajian yang dibuat, keputusan telah dianalisis dan dibandingkan. Bagi aplikasi penyingkiran garam, membran PSf lebih sesuai, manakala bagi membran PES, ia lebih sesuai digunakan bagi penyingkiran dalam rawatan air sisa akuakultur.

5.1 Keputusan

Daripada kajian yang dibuat, perbandingan dengan menggunakan membran PES dan membran PSf telah dilakukan. Bagi membran PES, ia menggunakan komposisi PES/NMP/PVP: (18/77/5) dan membran PSf menggunakan komposisi PSF/NMP/PVP: (18/75/5). Kedua-dua membran dibuat menggunakan teknik fasa balikan basah dan kering. Daripada penemuan, ia boleh disimpulkan:

- i. Bagi pengujian penyerapan fluks air menunjukkan membran PES porous daripada membran PSf. Merujuk kepada Rajah 4.5, pekali ketelapan bagi membran PES ialah $52.12 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{s MPa}$. Manakala pekali ketelapan bagi membran PSf ialah $3.6058 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{s MPa}$. Ini menunjukkan perbezaan ketara bagi kedua-dua membran. Keputusan ini disokong dengan struktur bagi

membran PES di mana merujuk kepada Rajah 4.14 menunjukkan membran PES merupakan membran mempunyai struktur span dan ini menjadikan ia membran porous.

- ii. Persembahan membran untuk NaCl, membran PSf menghasilkan penyingkiran lebih baik daripada membran PES di mana ia menyingkir 62.697% berbanding dengan membran PES yang mana menghasilkan penyingkiran hanya 11.094%. Merujuk kepada struktur membran PSf di Rajah 4.15; ini menunjukkan, membran PSf merupakan membran padat. Ini boleh disimpulkan bahawa, bagi penyingkiran garam, membran PSf menghasilkan peratusan penyingkiran lebih tinggi daripada membran PES.
- iii. Persembahan membran untuk air sisa akuakultur, kedua-dua membran menghasilkan penyingkiran TP yang tinggi tetapi, membran PES menghasilkan penyingkiran yang lebih tinggi daripada membran PSf. Membran PES menghasilkan penyingkiran diantara 0- 96.488% menggunakan tekanan 4-20 bar. Manakala membran PSf, menghasilkan penyingkiran TP diantara 0-93.021%.
- iv. Penyingkiran bagi TA bagi kedua-dua membran menunjukkan walaupun tekanan semakin meningkat tetapi penyingkiran semakin menurun. Daripada keputusan yang didapati, kepekatan polarisasi jelas memainkan peranan. Daripada graf yang ditunjukkan di Rajah 4.10 dan Rajah 4.11 dengan peningkatan tekanan, penyingkiran menurun. Bagi penyingkiran

TA, merujuk kepada Rajah 4.11, kedua-dua membran pada tekanan 20 bar menghasilkan penyingkiran yang rendah.

- v. Penyingkiran TP boleh menjadi agak tinggi kerana di pengaruhi oleh kekuatan ion yang mana menunjukkan kesan elektrik merupakan daya utama pemisahan.
- vi. Daripada penemuan, ia boleh disimpulkan bahawa bagi aplikasi untuk penyingkiran garam, membran PSf lebih sesuai manakala membran PES lebih sesuai bagi rawatan air sisa akuakultur berdasarkan prestasi persembahan penyingkiran dan sifat polimer tersebut.

5.2 Cadangan

Faedah aplikasi proses membran termasuklah pengurangan kos operasi berbanding kepada teknologi kompetitif, penjimatan penggunaan bahan, tenaga, bahan kimia dan sebagainya. Minat dalam sistem akuakultur berdasarkan tangki menggunakan air yang dirawat semakin popular dan penting.

- i. Oleh itu dengan peningkatan permintaan untuk kualiti air yang tinggi bagi penggunaan akuakultur merupakan factor utama penggunaan teknologi membran. Bagi merawat air sisa akuakultur menggunakan membran, banyak faktor perlu dikaji dan di analisis.

- i. Di dalam kajian ini, persembahan membran menggunakan ujian ketelapan dengan penggunaan tekanan di antara 4 – 20 bar dikaji. Pada masa akan datang, kajian perlu menekankan tekanan rendah antara 0-4 bar.

- ii. Untuk kajian masa hadapan, kajian perlu menekankan formulasi polimer di antara 18% - 20% untuk mencari dan membandingkan peratus penyingkiran.

RUJUKAN

- Alciatore, A. F. and E. L. Neu. 1971. Comparison of Filteraids. *Chemical Engineering Progress* 67: 49-50.
- Anderson, Dennis. 1974. A Biological Trickling Filter System for Water Reuse in Trout Rearing. Minnesota Department of Natural Resources, Fisheries Section, Investigational Report No. 322, St. Paul.
- Anton, Ticktin, and Weiser, K. E. 2000. *Chemical Encyclopedia*, Fifth Edition, pp 40-56.
- APHA (American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation). 1992. *Standard Methods for the Examination of water and Wastewater*. 18th edition. APHA. Washington, DC.
- Axelrod, H., and W. Vorderwinkler. 1986. *Encyclopedia of tropical fishes*. T.F.H. Publications, Inc., Neptune City, New Jersey. 631 pp.
- Barth, C., Goncalves. M.C., Pines. A.T.N. & Roeder, J. 2000. Wolf. B.A. Asymmetric polysulfone and polyethersulfone membrane: Effects of thermodynamic conditions formation on their performance. *Journal of membrane science* 169: 287-299.
- Beerlage, M.A.M., Mulder, M.H.V., Smolders, C.A and Strathmann, H. 1976. Chapter 1 Introduction: ultrafiltration membranes for nonaqueous systems.
- Belfer, C. A., Cinthia, B. S., and José, C. C. 1999. Preparation and characterization of polyethersulfone membranes for use in supercritical medium. *Journal of Membrane Science* 65: 273–278
- Bergheim, H., Joanna G., Philip, W., Westerman, C. M. and Thomas M. 2000. Water treatment and waste characterization evaluation of an intensive recirculating fish production system. *Aquacultural Engineering* 16:133-147.
- Boyd, C. E. (1990). *Water quality in ponds for aquaculture*. Birmingham, AL: Birmingham Publishing Company, pp 35.

- Brit, T., William, J., and Shulin, C. 2004. Reducing phosphorus discharge from flow-through aquaculture I: facility and effluent characterization. *Aquaculture Engineering* 32: 129-144.
- Cornwell, D.A & Davis, M.L. 1998. Introduction to environmental engineering. WCB Mc Graw-Hill, New York, pp 339-418.
- Charles, E. Nd Carraher, Jr. 2003. *Polymer Chemistry Sixth Edition Revised and Expanded*. Marcel Dekker. Pp306.
- Flemming, H.C. 1997. Reverse osmosis membrane biofouling, *Exp. Therm. Fluid Sci.* 14 : 382.
- Gang, H. L., Jamu, D.M., and Piedrahita, R.H. 2004. An organic matter and nitrogen dynamics model for the ecological analysis of integrated aquaculture/agriculture system. *Aquacultural Engineering* 17: 583-592
- Hach Company. (1992). *Hach water analysis handbook*. Loveland, CO: Hach.
- Ismail, A.F., Hassan, A.R., and Ng, B.C. 2002. Effect of shear rate on the performance of nanofiltration membrane for water desalination. *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, 24:879-889.
- Luo, M.L., Zhao, J. Q., Tang, W. & Sheng, C. 2004. Hydrophilic modification of poly(ether sulfone) ultrafiltration membrane surface by self-assembly of TiO₂ nanoparticles. *Puca College of Materials Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China.*
- Lu, H.Y., Bargeman, G., and Vollenbroek, J.M. 2002. Nanofiltration of multi-component feeds. Interactions between neutral and charged components and their effect on retention. *Journal of Membrane Science* 21: 11-20.
- Miller, G.E. and G.S. Libey, 1983. Oxygen recharge and ammonia stripping capabilities of various closed culture configurations. *Aquacultural Engineering*, 2:263-277.
- Muir, J. F and Robert, R. J. 1982. *Recent advances in aquaculture*. Westview Press, Colorado, pp 380.
- Mulder, M. 1997. *Basic principles of membrane technology*. Kluwer Academic Publishers. pp 12-13.
- Noordman, T.R., Vonk, P., Damen, V.H.J.T., Brul, R., Schaatsma, S.H., De Hass, M., and Wesselingh, J.A. 1997. Rejection of phosphate by ZrO₂ ultrafiltration membrane. *Journal of Membrane Science* 135: 203-210.
- Paller, M.H. and W.M. Lewis. 1988. Use of ozone and fluidized biofilters for increased ammonia removal and fish loading rates. *The Progressive Fish-Culturist*, 50:141-147.

- Parker, R. 2002. *Aquaculture Science*. Thomson Learning, US, pp 33.
- Raman, L. P., Cheryan, M., & Rajagaopalan, N. 1994. Consider Nanofiltration for membrane separation, *Chem. Eng. Prog.* 3:68.
- Rauntenbach, R. & Groschl, A. 1990. separation potential of nanofiltration membranes, *desalination* 77:73.
- Shi, D. N., Haley, M. J. and Jakobi, R. 2002. *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*. Wiley-Interscience: New York, pp460
- Stille, J.K. 1962. *Introduction to polymer chemistry*. John Wiley & Sons Inc., New York, pp 358-370
- Strathmann, H., Kock, K., Amar, P., and Baker, R. W. 1975. The formation mechanism of asymmetric membranes. *Desalination*, 16:179-203.
- Swann, LaDon. 1992. *A Basic Overview of Aquaculture*. Aquaculture Extension Specialist Illinois-Indiana Sea Grant Program Purdue University West Lafayette. Technical Bulletin Series 102.
- The Columbia Encyclopedia, Sixth Edition. 2001.
<http://www.bartleby.com/65/me/membrane.html>. Akses pada 25 Januari 2005.
- Walker, S. S. (1990). *Aquaculture*. Stillwater, OK: Mid-America Vocational Curriculum Consortium, Inc, pp 230-256
- Wang, Y., Kim, J.H., Choo, K.H., Lee, & Y.S., Lee, C.H. 2000. Hydrophilic modification of polypropylene microfiltration membranes by ozone-induced graft polymerization, *J. Membr. Sci.* 169: 269.
- Wayne, W.Y.L., Guiver. M.D. & Matsuura. T. 1991. Phase separation in polysulfone / solvent / water and polyethersulfone / solvent / water system. *Journal of membrane science* 59: 219-227.
- Wheaton, F. W. 1977. *Aquacultural engineering*. A Wiley-Interscience Publication, New York, pp 3-20.
- Wu, T. Y., Mohammad, A.W., Anuar, N. & Rahman, R.A. 2002. Potential use of nanofiltration membrane in treatment of wastewater from fish and surimi industries. *Songklanakarin J.Sci. Technol.*, 24: 977-987.

LAMPIRAN A: CARTA GANTT

AKTIVITI	SEMESTER 5					SEMESTER 6			
	7	8	9	10	11	12	1	2	3
1. Ulasan Bahan Rujukan	■	■	■	■	■	■	■		
2. Pemilihan Bahan	■	■	■						
3. Penyediaan Larutan						■			
4. Penyediaan Membran						■			
5. Pencirian Membran							■		
6. Penulisan				■	■	■	■	■	
7. Laporan Teknikal									■

LAMPIRAN B: PENGIRAAN NaCl

Stock Solution NaCl (0.1M)

$$\text{JMR NaCl} = 58.4428$$

$$\text{No. mol} = MV / 1000$$

$$m / \text{JMR} = MV / 1000$$

thus,

$$\begin{aligned} m(\text{g}) &= [0.1 (500) / 1000] \times 58.4428 \\ &= 2.92 \text{ g} \end{aligned}$$

2.92g NaCl di perlukan untuk dilarutkan di dalam V (air suling) untuk mendapat M mol.

$$M_1 = 0.1\text{M}$$

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$V_1 = (M_2 V_2) / M_1$$

Kepekatan, M_2 (M)	Larutan V_2 (mL)	$V_1, \text{H}_2\text{O}$ (mL)	Konduktiviti (S)
0	50	0	0
0.02	50	10	1.951×10^{-6}
0.04	50	20	4.16×10^{-3}
0.06	50	30	6.20×10^{-3}
0.08	50	40	8.00×10^{-3}
0.1	50	50	9.59×10^{-3}

Kepekatan, M_2 (M)	Larutan V_2 (mL)	V_1 , H_2O (mL)	Konduktiviti (S)
0	50	0	0
0.002	50	10	244×10^{-6}
0.004	50	20	493×10^{-6}
0.006	50	30	677×10^{-6}
0.008	50	40	859×10^{-6}
0.010	50	50	1100×10^{-6}

LAMPIRAN C: BACAAN UNTUK AMMONIA

Jenis Sampel	Kepekatan, (ppm)	Penyerapan (Abs)
1	0	0
2	0.05	0.106333
3	0.1	0.168
4	0.3	0.821333
5	0.5	0.821333
6	1	1.778666
Air sisa akuakultur	0.951	1.6616667

LAMPIRAN D: BACAAN UNTUK FOSFORUS

Jenis Sampel	Kepekatan, (ppm)	Penyerapan (Abs)
1	0	0
2	0.05	0.087333
3	0.1	0.250667
4	0.3	0.498667
5	0.5	0.785
6	1	1.764333
Air sisa akuakultur	0.77786	0.673

LAMPIRAN E: BACAAN NaCl UNTUK MEMBRAN PES

PES/NMP/PVP
18/77/5

Luas membran 1.46E-03 m²
volume 5.00E-06 m³

FLUKS

(BAR)	pa	minit	saat	saat	m/s
0	0.000E+00	0	0	0.00	0.00E+00
6	6.080E+05	1	33	93.00	3.68E-05
8	8.106E+05	1	15	75.00	4.57E-05
10	1.013E+06	1	6	66.00	5.19E-05
12	1.216E+06	0	53	53.00	6.46E-05

D NaCl 1.609586E-09 m/s Luas membran 1.46E-03 m²
k= 4.474634E-05 isipadu 1.00E-05 m³

bar	Tekanan-l Pa	Masa saat	Kond Suapan mS/cm	Kond Permeate mS/cm	Kond Retentate mS/cm	Fluks m/s	fluks (m/s) x10-6)	(Jv/k)	exp(G)	Cf mol/litre	Cp mol/litre	Cr mol/litre	Cb mol/litre	Cw mol/litre	Robs (%)	Rreal (%)
0	0.00E+00	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	607950	264.0	1.043	1.043	1.053	2.59E-05	25.944	0.5798	1.7857	0.00949	0.00949	0.01011	0.0098	0.0100	3.1505	5.4899
8	810600	229.0	1.043	1.027	1.043	2.99E-05	29.910	0.6684	1.9512	0.00949	0.00935	0.01001	0.0098	0.0101	4.1668	7.8202
10	1013250	170.0	1.043	1.037	1.077	4.03E-05	40.290	0.9004	2.4606	0.00949	0.00944	0.01034	0.0099	0.0106	4.8264	11.0939
12	1215900	130	1.043	1.056	1.076	5.27E-05	52.687	1.1775	3.2461	0.00949	0.00961	0.01033	0.0099	0.0106	3.0357	9.2252
14	1.42E+06	127	1.043	1.063	1.070	5.39E-05	53.932	1.2053	3.3377	0.00949	0.00967	0.01027	0.0099	0.0104	2.1085	6.7068

LAMPIRAN F: BACAAN TP UNTUK MEMBRAN PES

PES/NMP/PVP
18/77/5

Luas membran **1.46E-03** m²
isipadu **2.00E-05** m³

(BAR)	pa	minit	saat	saat	m/s
0	0.000E+00	0	0	0.00	0.00E+00
4	4.053E+05	320	12	19212.00	7.13E-07
8	8.106E+05	87	8	5228.00	2.62E-06
12	1.216E+06	47	6	2826.00	4.85E-06
16	1.621E+06	39	19	2359.00	5.81E-06
20	2.027E+06	31	42	1902.00	7.20E-06

D fosf ###
k= ###

Luas membran **1.46E-03** m²
volume **2.00E-05** m³

(BAR)	Tekanan-1 Pa	masa min	saat	masa saat	Abs Suapan mS/cm	Abs Permeate mS/cm	Abs Retentate mS/cm	Fluks m/sec	fluks (m/s)[x10-6]	Cr mol/litre	Cp mol/litre	Cr mol/litre	Cb mol/litre	Penyingkiran (%)
0	0.00E+00	0	0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	4.053E+05	320	12	19212.0	0.739	0.018	0.286	7.13E-07	0.713	0.86737	0.02113	0.33568	0.6015	96.4878
8	8.106E+05	87	8	5228.0	0.739	0.078	0.291	2.62E-06	2.620	0.86737	0.09155	0.34155	0.6045	84.8544
12	1.216E+06	47	6	2826.0	0.739	0.075	0.292	4.85E-06	4.847	0.86737	0.08803	0.34272	0.6050	85.4510
16	1.621E+06	39	19	2359.0	0.739	0.030	0.281	5.81E-06	5.807	0.86737	0.03521	0.32981	0.5986	94.1176
20	2.027E+06	31	42	1902.0	0.739	0.070	0.278	7.20E-06	7.202	0.86737	0.08216	0.32629	0.5968	86.2340

LAMPIRAN G: BACAAN TA UNTUK MEMBRAN PES

pure water flux

PES/NMP/PVP

18/7/15

Luas membran 1.46E-03 m²
 Isipadu 2.00E-05 m³

(BAR)	pa	minit	saat	saat	m/s
0	0.000E+00	0	0	0.00	0.00E+00
4	4.053E+05	320	12	19212.00	7.13E-07
8	8.106E+05	87	8	5228.00	2.62E-06
12	1.216E+06	47	6	2826.00	4.85E-06
16	1.621E+06	39	19	2359.00	5.81E-06
20	2.027E+06	31	42	1902.00	7.20E-06

D NH₄⁺ ### Luas membran 1.46E-03 m²
 k= ### isipadu 2.00E-05 m³

bar	Tekanan-1 Pa	masa saat	Abs Suapan mS/cm	Abs Permeate mS/cm	Abs Retentate mS/cm	Fluks m/s	fluks (m/s) x10-6)	Cr mol/litre	Cp mol/litre	Cr mol/litre	Cb mol/litre	Penyingkiran (%)
0	0.00E+00	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	4.053E+05	19212.0	1.870	1.167	2.349	7.13E-07	0.713	1.07041	0.66800	1.34459	1.2075	44.67883
8	8.106E+05	5228.0	1.870	1.664	2.466	2.62E-06	2.620	1.07041	0.95249	1.41156	1.2410	23.24723
12	1.216E+06	2826.0	1.870	2.159	3.118	4.85E-06	4.847	1.07041	1.23583	1.78477	1.4276	13.43224
16	1.621E+06	2359.00	1.870	1.598	2.573	5.81E-06	5.807	1.07041	0.91471	1.47281	1.2716	28.066622
20	2.027E+06	1902.00	1.870	1.539	2.113	7.20E-06	7.202	1.07041	0.88094	1.20950	1.1400	22.760351

LAMPIRAN H: BACAAN NaCl UNTUK MEMBRAN PSf

PSf/NMP/PVP
18/75/7

Luas membran $1.46E-03$ m²
isipadu $5.00E-06$ m³

(BAR)	pa	minit	saat	saat	m/s
0	0.000E+00	0	0	0.00	0.00E+00
4	4.053E+05	0	2777	2777.00	1.23E-06
8	8.106E+05	0	1398	1398.00	2.45E-06
12	1.216E+06	0	822	822.00	4.17E-06
16	1.621E+06	0	580	580.00	5.90E-06
20	2.027E+06	0	449	449.00	7.63E-06

D NaCl $1.609586E-09$ m/sec Luas membran $1.46E-03$ m²
k= $4.474634E-05$ isipasu $1.00E-05$ m³

Tekanan-1 Pa	masa saat	Kond Suapan mS/cm	Kond Permeate mS/cm	Kond Retentate mS/cm	Fluks m/s	fluks (m/s)x10 ⁻⁶	(Jv/k)	exp(G)	Cf mol/litre	Cp mol/litre	Cr mol/litre	Cb mol/litre	Cw mol/litre	RobS (%)	Rreal (%)
0.00E+00	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.053E+05	6131.0	1.094	0.760	1.133	1.12E-06	1.117	0.0250	1.0253	0.00996	0.00692	0.01088	0.0104	0.0105	33.6028	34.1621
8.11E+05	4281.0	1.094	0.687	1.140	1.60E-06	1.600	0.0358	1.0364	0.00996	0.00625	0.01094	0.0104	0.0106	40.1734	41.0357
1.22E+06	2823.0	1.094	0.638	1.191	2.43E-06	2.426	0.0542	1.0557	0.00996	0.00581	0.01143	0.0107	0.0110	45.7123	47.0607
1.62E+06	1592	1.094	0.581	1.242	4.30E-06	4.302	0.0961	1.1009	0.00996	0.00529	0.01192	0.0109	0.0115	51.6688	54.0641
2.03E+06	1141	1.094	0.494	1.276	6.00E-06	6.003	0.1342	1.1436	0.00996	0.00450	0.01225	0.0111	0.0121	59.5100	62.6971

LAMPIRAN I: BACAAN TP UNTUK MEMBRAN PSf

PSf/NMP/PVP
18/75/7

Luas membran **1.46E-03** m²
isipadu **2.00E-05** m³

(BAR)	pa	min	saat	saat	m/s
0	0.000E+00	0	0	0.00	0.00E+00
4	4.053E+05	0	11549	11549.00	1.19E-06
8	8.106E+05	0	6174	6174.00	2.22E-06
12	1.216E+06	0	5711	5711.00	2.40E-06
16	1.621E+06	0	3615	3615.00	3.79E-06
20	2.027E+06	0	2471	2471.00	5.54E-06

D fosf ###
k= ###

Luas membran **1.46E-03** m²
isipadu **2.00E-05** m³

(BAR)	Tekanan-1 Pa	masa min	saat	masa saat	Abs Suapan mS/cm	Abs Permeate mS/cm	Abs Retentate mS/cm	Fluks m/sec	fluks (m/sec)x10-6	Cf mol/litre	Cp mol/litre	Cr mol/litre	Cb mol/litre	Penyingkiran (%)
0	0.00E+00	0	0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	4.053E+05	0	11549	11549.0	0.739	0.113	0.126	1.19E-06	1.186	0.86737	0.13263	0.14789	0.5076	73.8728
8	8.106E+05	0	6174	6174.0	0.739	0.033	0.129	2.22E-06	2.219	0.86737	0.03873	0.15141	0.5094	92.3963
12	1.216E+06	0	5711	5711.0	0.739	0.042	0.068	2.40E-06	2.399	0.86737	0.04930	0.07981	0.4736	89.5911
16	1.621E+06	0	3615	3615.0	0.739	0.107	0.288	3.79E-06	3.789	0.86737	0.12559	0.33803	0.6027	79.1626
20	2.027E+06	0	2471	2471.0	0.739	0.061	1.009	5.54E-06	5.544	0.86737	0.07160	1.18427	1.0258	93.0206

LAMPIRAN J: BACAAN TA UNTUK MEMBRAN PSf

PSf/NMP/PVP
18/75/7

Luas membran **1.46E-03** m²
isipadu **2.00E-05** m³

(BAR)	pa	minit	saat	saat	m/s
0	0.000E+00	0	0	0.00	0.00E+00
4	4.053E+05	0	11549	11549.00	1.19E-06
8	8.106E+05	0	6174	6174.00	2.22E-06
12	1.216E+06	0	5711	5711.00	2.40E-06
16	1.621E+06	0	3615	3615.00	3.79E-06
20	2.027E+06	0	2471	2471.00	5.54E-06

D NH₄⁺ ### cm²/s Luas membran **1.46E-03** m²
k= ### isipadu **2.00E-05** m³

Tekanan-1 Pa	masa saat	Abs Suapan mS/cm	Abs Permeate mS/cm	Abs Retentate mS/cm	Fluks m/s	fluks (m/s) x10-6)	Cr mol/litre	Cp mol/litre	Cr mol/litre	Cb mol/litre	Penyingkiran (%)
0.00E+00	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.053E+05	11549.0	1.870	2.071	2.285	1.19E-06	1.186	1.07041	1.18546	1.30796	1.1892	0.3129
8.106E+05	6174.0	1.870	1.311	2.247	2.22E-06	2.219	1.07041	0.75043	1.28620	1.1783	36.3128
1.216E+06	5711.0	1.870	1.849	2.755	2.40E-06	2.399	1.07041	1.05839	1.57699	1.3237	20.0432
1.621E+06	3615.00	1.870	1.677	2.408	3.79E-06	3.789	1.07041	0.95993	1.37836	1.2244	21.5989
2.027E+06	2471.00	1.870	1.755	1.939	5.54E-06	5.544	1.07041	1.00458	1.10990	1.0902	7.8498

VITAE

Nama : Khairulida Bt. Kamaruzaman
Alamat (Kekal) : No. 30, Taman Indera,
Titi Gantong,
32600 Bota,
Perak
No. Telefon : 09-7735750
E-mail : ida_kayrull@yahoo.com
Tarikh Lahir : 26 Februari 1980
Tempat Lahir : Bota, Perak.
Warganegara : Malaysia
Bangsa : Melayu
Jantina : Perempuan
Agama : Islam
Pendidikan : Kolej Universiti Sains dan Teknologi Malaysia (KUSTEM)
Politeknik Shah Alam
Sek. Men. Keb. Dato' Abdul Rahman Ya'akub
Aktiviti : i) Ahli jawatankuasa pameran Minggu Alam Sekitar
Terengganu, 2005.
Penerbitan : i) N. Ali, A.W. Mohammad, A. Jusoh, M.R. Hasan, N.
Ghazali, K. Kamaruzaman. Treatment of Aquaculture
Wastewater using Ultra-low Pressure Asymmetric
Polyethersulfone (PES) Membrane. Desalination and
The Environment, 22-26 May 2005, Santa Margherita,
Ligure, Italy. (dihantar and diterima)

- ii) Khairulida Kamaruzaman, Nora'aini Ali, Hasiah Salleh. Study on the comparison of Polietersulfon and Polisulfon nano filtration membrane for aquaculture waste water treatment. (Department of Engineering Science Technical Report, Faculty of Science and Technology, 2005)
- iv) Nora'aini Ali., Norhana,B., Edwin, K. M., Khairulida, K., Nurliza, G., Nurul Syazana, A. H., and Willie, P. 2005. Teknologi Alternatif: Pemisahan Cecair-cecair MenggunakanMembran. Minggu Alam Sekitar Terengganu. Kolej Universiti Sains dan Teknologi Malaysia. Terengganu.