



**MODIFIKASI MEMBRAN POLY(VINYL ALKOHOL)-SULFONASI
DENGAN SERBUK KAYU JATI (*Tectona grandis*) UNTUK
ADSORPSI LOGAM BERMUATAN +1, +2 DAN +3**

KARYA ILMIAH TERTULIS

(SKRIPSI)

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Penyelesaian Program Sarjana Sains
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember



Oleh :

ARIK SUGIANTORO

NIM. 971810301035

Asal:	Hal-hal	Klass
	Perbaikan	S
Terima Tgl :	25 FEB 2002	SUG
No. Induk	0315	m
KLASIR / PENYALIN:	(dau)	C-1

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER**

Februari, 2002

Motto:

"Dan Dia Mengajarkan kepada Adam nama-nama (benda-benda) seluruhnya, kemudian mengemukakannya kepada para Malaikat, lalu berfirman: 'Sebutkanlah kepada-Ku nama benda-benda itu jika kamu orang-orang yang benar!' Mereka menjawab Maha Suci Engkau, tidak ada yang kami ketahui selain dari apa yang telah Engkau ajarkan kepada kami, sesungguhnya Engkaulah Yang Maha Mengetahui lagi Maha Bijaksana"

(QS. Al-Baqarah: 31-32)

"Kebahagiaan terbesar dalam hidup adalah kemenangan yang datang silih berganti dan kemenangan paling berarti yang dicapai dari perjuangan terus-menerus"

(Aisyah ra)

"Jauhkan Aku dari manusia yang berkata '*Akulah lilin yang menerangi manusia dalam menempuh perjalananya*', tetapi dekatkanlah Aku pada manusia yang mencari jalannya dibawah cahaya kemanusiaan"

(Khalil Gibran)

Skripsi ini Aku persembahkan untuk :

- ❖ Ayahanda dan Ibunda, atas cinta-kasih, pendidikan dan pengorbanannya yang tiada batas,
- ❖ saudara-saudaraku sebagai tanda terimakasihku atas segenap perhatian dan dorongannya,
- ❖ guru-guruku, yang telah memberikan pencerahan jiwa dan teladan keilmuan,
- ❖ orang-orang yang mencintai Allah dan mengikuti petunjuk-Nya,
- ❖ almamaterku.

DEKLARASI

Skripsi ini berisi hasil kerja/penelitian mulai bulan Oktober 2001 sampai dengan bulan Nopember 2001 di Laboratorium Biokimia dan Laboratorium Analitik Fakultas MIPA Universitas Jember. Bersama ini saya menyatakan bahwa isi skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri kecuali disebutkan sumbernya dan skripsi ini belum pernah diajukan pada institusi lain.

Jember, Pebruari 2002



Arik Sugiantoro

Arik Sugiantoro (971810301035), **Modifikasi Membran Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi dengan Serbuk Kayu Jati (*Tectona grandis*) Untuk Adsorpsi Logam Bermuatan +1, +2 dan +3**, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember, Dosen Pembimbing: Drs. Zulfikar, Ph.D (DPU) dan drh. Wuryanti Handayani, MSi (DPA)

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian terhadap membran campuran Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi dan serbuk kayu Jati untuk adsorpsi logam bermuatan +1, +2 dan +3. Poly (vinyl Alkohol) merupakan polimer yang mampu mengikat selulosa. Kayu Jati merupakan jenis kayu yang mempunyai sifat fisik lebih baik dibanding jenis kayu lainnya, komponen kimianya adalah selulosa, hemiselulosa dan lignin.

Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi merupakan suatu resin penukar ion yang diperoleh dengan mereaksikan 2 mL larutan Poly(vinyl Alkohol) 0.0021 M dengan 5 mL asam sulfat 11 M. Serbuk kayu Jati digunakan sebagai aditif dalam pembuatan membran. Membran campuran serbuk kayu Jati dan Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi dibuat dengan perbandingan berat 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 1:6 1:7 dan 1:8. Adsorpsi membran diketahui melalui uji kapasitas dan selektifitasnya terhadap Na^+ , Hg^+ , Ca^{+2} , Fe^{+2} , Al^{+3} dan Fe^{+3} dengan konsentrasi awal 20 ppm. Parameter dalam uji tersebut adalah temperatur penangas, pH larutan logam dan waktu pengadukan.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini : dalam waktu 7200 detik kapasitas membran terhadap kation Na^+ , Hg^+ , Ca^{+2} , Fe^{+2} , Al^{+3} dan Fe^{+3} berturut-turut adalah 22,9794; 11,9506; 19,2821; 12,1190; 21,4711 dan 12,8788 (mg/cm^3). Membran mempunyai selektifitas tertinggi untuk Na^+ , urutan selektifitas membran terhadap kation yang diuji adalah: $\text{Na}^+ > \text{Al}^{+3} > \text{Ca}^{+2} > \text{Fe}^{+3} > \text{Fe}^{+2} > \text{Hg}^+$. Adsorpsi oleh membran terjadi secara pertukaran kation dan pemerangkapan ion dalam pori. Pertukaran kation dipengaruhi oleh berat molekul sedangkan pemerangkapan ion dipengaruhi oleh jari-jari ion.

Kata kunci: pertukaran kation, pori, berat molekul, jari-jari ion.

Skripsi ini diterima oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember Pada :

Hari : Jumat

Tanggal : 15 Februari 2002

Tempat : Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember


Tim Penguji

Ketua

Sekretaris



Drs. Zulfikar, Ph.D
NIP. 131 660 785



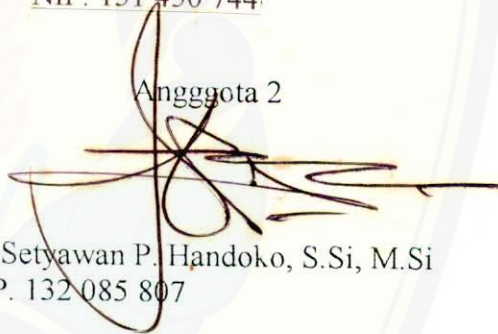
drh. Wuryanti Handayani, M.Si
NIP. 131 450 744

Anggota 1

Anggota 2




Drs. Busroni, M.Si
NIP. 131 945 805



D. Setyawan P. Handoko, S.Si, M.Si
NIP. 132 085 807



Mengesahkan
Dekan FMIPA UNEJ



Ir. Sumadi, MS
NIP. 130 368 784

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah mengajarkan kepada Penulis pada berbagai hal yang belum diketahui, atas rahmah serta hidayah-Nya Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi ini mengambil judul **Modifikasi Membran Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi dengan Serbuk Kayu Jati (*Tectona grandis*) Untuk Adsorpsi Logam Bermuatan +1, +2 dan +3.**

Penyusunan skripsi ini sebagai bentuk laporan penelitian yang merupakan tindak lanjut dari proposal penelitian Tugas Akhir I dengan judul yang sama. Penelitian yang hasilnya tertulis dalam skripsi ini merupakan rangkain penelitian yang dilakukan sebelumnya yakni sulfonasi Poly(vinyl Alkohol) dan studi sifat membran Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi dalam mengadsorpsi logam bermuatan +1, +2 dan +3.

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember yang telah membantu demi kelancaran pelaksanaan penelitian. Disamping itu Penulis juga mengucapkan terima kasih dan memberikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Drs. Zulfikar Ph.D sebagai Dosen Pembimbing Utama dan drh. Wuryanti Handayani, MSi sebagai Dosen Pembimbing Anggota, yang dengan penuh kesabaran dan segala kemampuannya telah membimbing Penulis mulai dari menentukan topik penelitian sampai terselesainya skripsi ini. Pada kesempatan ini Penulis juga menyampaikan terimakasih kepada rekan-rekan di Jurusan Kimia UNEJ terutama angkatan 97 (*kebersamaan itu akan aku kenang dalam jangka waktu yang cukup panjang*), komunitas Klan **DT27JBR**, Drs. Baharudin Rosyid, MBA dan semua pihak yang turut berpartisipasi dalam penelitian dan penulisan skripsi ini.

Akhirnya Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi Pembaca dan memberikan kontribusi pada peningkatan khasanah ilmu pengetahuan dan teknologi.

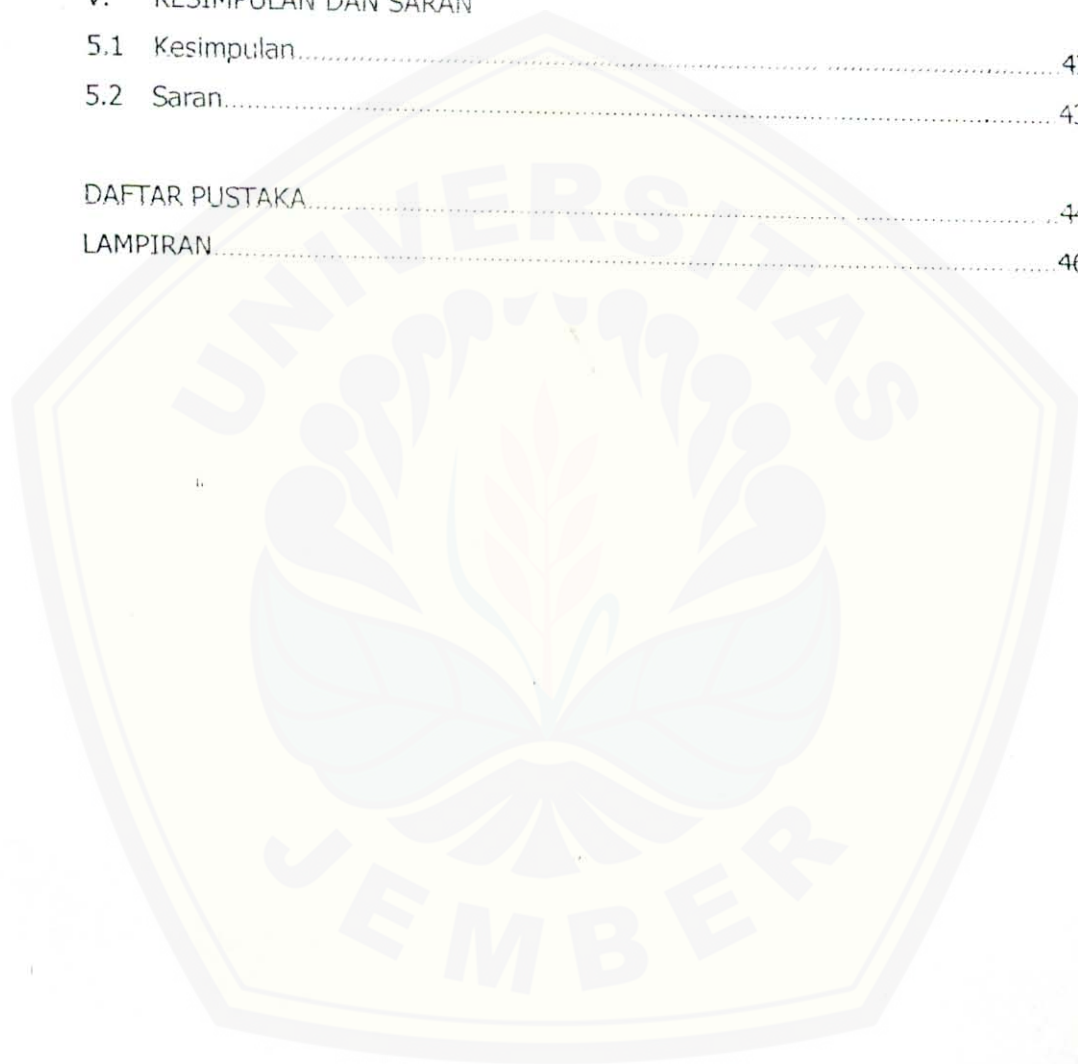
Penulis

DAFTAR ISI

	halaman
Halaman Judul	i
Halaman Motto	ii
Halaman Persembahan.....	iii
Halaman Deklarasi.....	iv
Halaman Abstrak.....	v
Halaman Pengesahan.....	vi
Kata Pengantar.....	vii
Daftar Isi.....	viii
Daftar Tabel.....	xi
Daftar Gambar.....	xii
Daftar Lampiran.....	xiv
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Poly(vinyl Alkohol)	4
1.1.1 Struktur dan Sifat Poly(vinyl Alkohol)	4
2.1.2 Aplikasi Poly(vinyl Alkohoi).....	5
2.2 Sulfonasi	5
2.3 Membran untuk Pemisahan	6
2.4 Adsorpsi	7
1.4.1 Adsorpsi Fisika dan Kimia	7
2.4.2 Adsorpsi oleh Zat Padat.....	7

2.5	Kayu.....	9
2.5.1.	Komponen Kimia Kayu	9
2.5.1.1	Selulosa	10
2.5.1.2	Hemiselulosa	11
2.5.1.3	Lignin	11
2.5.2	Kayu Jati.....	13
2.6	Logam.....	14
2.6.1.	Natrium	14
2.6.2.	Merkuri	14
2.6.3.	Kalsium.....	14
2.6.4.	Aluminium	14
2.6.5.	Besi	15
III. METODE PENELITIAN		
3.1	Tempat dan Waktu.....	16
3.2	Alat.....	16
3.3	Bahan.....	16
3.4	Pelaksanaan Penelitian.....	17
3.4.1.	Preparasi Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi.	17
3.4.2.	Preparasi Serbuk Kayu Jati.....	17
3.4.3.	Pencetakan Membran.....	17
3.4.4.	Preparasi Larutan dan Pembuatan Kurva Kalibrasi.....	18
3.4.4.1	Larutan Buffer	18
3.4.4.2	Larutan Logam	18
3.4.4.3	Reagen	19
3.4.4.4	Pembuatan Kurva Kalibrasi	19
3.4.5	Uji Kapasitas dan Selektifitas Membran	20
IV. HASIL DAN DISKUSI		
4.1	Karakterisasi Permukaan Membran Campuran Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi dan Serbuk Kayu Jati	23

4.2	Kapasitas dan Selektifitas Membran Campuran Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi dan Serbuk kayu Jati.....	28
4.3	Laju Adsorpsi.....	39
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1	Kesimpulan.....	43
5.2	Saran.....	43
	DAFTAR PUSTAKA.....	44
	LAMPIRAN.....	46



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Beberapa sifat logam Natrium, Merkuri, Kalsium, Besi dan Aluminium.....	15
Table 2. Temperatur dan pH larutan selama uji kapasitas, pH reagen dan panjang gelombang untuk analisa Spektrometri.....	20
Tabel 3. Harga adsorpsi maksimum pada persamaan langmuir.....	42



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Reaksi Poly(vinyl Alkohol) dengan asam periodat.....	4
Gambar 2. Reaksi Poly(vinyl Alkohol) dengan asam sulfat.....	6
Gambar 3. Reaksi resin dengan logam.....	6
Gambar 4. Struktur selulosa.....	10
Gambar 5. Struktur komponen Hemiselulosa; Deoksi Heksosa (I) Pentosa (II), Heksosa (III), Asam Heksaronat (IV).....	12
Gambar 6. Struktur unit pembentuk lignin; p-koumaril alcohol (I), keniferil alkohol (II), sinapil alkohol (III).....	13
Gambar 7. Skema alat pencetak membran campuran Poly(vinyl Alkohol)- sulfonasi dan serbuk kayu Jati	18
Gambar 8. Foto permukaan membran campuran Poly(vinyl Alkohol)- Sulfonasi dan serbuk kayu Jati perbandingan 1:2.....	24
Gambar 9. Foto permukaan membran campuran Poly(vinyl Alkohol)- Sulfonasi dan serbuk kayu Jati perbandingan 1:3.....	24
Gambar 10. Foto permukaan membran campuran Poly(vinyl Alkohol)- Sulfonasi dan serbuk kayu Jati perbandingan 1:4.....	24
Gambar 11. Foto permukaan membran campuran Poly(vinyl Alkohol)- Sulfonasi dan serbuk kayu Jati perbandingan 1:5.....	25
Gambar 12. Foto permukaan membran campuran Poly(vinyl Alkohol)- Sulfonasi dan serbuk kayu Jati perbandingan 1:6.....	25
Gambar 13. Foto permukaan membran campuran Poly(vinyl Alkohol)- Sulfonasi dan serbuk kayu Jati perbandingan 1:7.....	25
Gambar 14. Foto permukaan membran campuran Poly(vinyl Alkohol)- Sulfonasi dan serbuk kayu Jati perbandingan 1:8.....	26
Gambar 15. Prosentase berat membran setelah perlakuan.....	27
Gambar 16. Pengaruh komposisi membran campuran Poly(vinyl Alkohol)- sulfonasi dan serbuk kayu jati terhadap Konsentrasi Na^+ teradsorp.....	29
Gambar 17. Pengaruh komposisi membran campuran Poly(vinyl Alkohol)- sulfonasi dan serbuk kayu jati terhadap konsentrasi Hg^+ teradsorp.....	29
Gambar 18. Pengaruh komposisi membran campuran Poly(vinyl Alkohol)- sulfonasi dan serbuk kayu jati terhadap konsentrasi Ca^{+2} teradsorp.....	30

Gambar 19. Pengaruh komposisi membran campuran Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi dan serbuk kayu jati terhadap konsentrasi Fe^{+2} teradsorp.....	31
Gambar 20. Pengaruh komposisi membran campuran Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi dan serbuk kayu jati terhadap konsentrasi Fe^{+3} teradsorp.....	31
Gambar 21. Pengaruh komposisi membran campuran Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi dan serbuk kayu jati terhadap konsentrasi Al^{+3} teradsorp.....	32
Gambar 22. Perbandingan kapasitas dan aktifitas membran terhadap Na (I), Hg (I), Ca (II), Fe (II), Fe (III) dan Al (III).....	33
Gambar 23. Hubungan berat atom dan konsentrasi teradsorp.....	34
Gambar 24. Bagan proses pertukaran ion logam pada membran.....	35
Gambar 25. Ikatan ion logam bermuatan satu (M_1) dengan selulosa pada membran.....	36
Gambar 26. Ikatan ion logam bermuatan dua (M_2) dengan selulosa pada membran.....	36
Gambar 27. Hubungan jari-jari ion dengan konsentrasi teradsorp.....	38
Gambar 28. Pengaruh waktu terhadap konsentrasi teradsorp ion logam.....	40
Gambar 29. Penentuan konstanta adsorpsi langmuir terhadap ion Hg^+ , Fe^{+2} dan Al^{+3}	41
Gambar 30. Penentuan konstanta adsorpsi Langmuir terhadap ion Na^+ , Ca^{+2} dan Fe^{+3}	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kalibrasi Na^+	46
Lampiran 2. Kalibrasi Hg^+	46
Lampiran 3. Kalibrasi Fe^{+2}	47
Lampiran 4. Kalibrasi Ca^{+2}	48
Lampiran 5. Kalibrasi Fe^{+3}	49
Lampiran 6. Kalibrasi Al^{+3}	49
Lampiran 7. Data pengamatan uji kapasitas dan aktifitas Na^+	50
Lampiran 8. Data pengamatan uji kapasitas dan aktifitas Hg^+	52
Lampiran 9. Data pengamatan uji kapasitas dan aktifitas Ca^{+2}	54
Lampiran 10. Data pengamatan uji kapasitas dan aktifitas Fe^{+2}	56
Lampiran 11. Data pengamatan uji kapasitas dan aktifitas Al^{+3}	58
Lampiran 12. Data pengamatan uji kapasitas dan aktifitas Fe^{+3}	60
Lampiran 13. Data berat membran untuk uji kapasitas	62
Lampiran 14. Data penentuan konstanta adsorpsi Langmuir	63
Lampiran 15. Data prosentase berat membran setelah perlakuan	64

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Polimer sintetik telah dimanfaatkan secara meluas dalam bidang industri maupun perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Penelitian mengenai polimer sintetik masih terus dikembangkan oleh berbagai lembaga penelitian dan pengembangan dari perusahaan industri, pemerintah dan perguruan tinggi dalam rangka menemukan inovasi terhadap bahan tersebut.

Poly(vinyl Alkohol)/PVA merupakan salah satu jenis polimer sintetik yang membutuhkan riset lebih lanjut agar mempunyai nilai aplikasi lebih tinggi. Poly(vinyl Alkohol) merupakan derivat dari Poly(vinyl Asetat). Menurut Saunders (1994) sifat fisik Poly(vinyl Alkohol) bergantung pada derajat alkoholisis, kelembaban lingkungan dan berat molekulnya. Faktor tersebut memberikan kontribusi terhadap sifat seperti daya regang, kelarutan dan viskositas. Poly(vinyl Alkohol) bersifat larut dalam air dan kelarutannya semakin meningkat sesuai dengan penambahan temperatur.

Air Products (1996) menyebutkan bahwa Poly(vinyl Alkohol) merupakan pengecualian dari polimer lain karena mampu mengikat selulosa secara alamiah.

Berbagai perusahaan industri telah memanfaatkan Poly(vinyl Alkohol) sebagai bahan utama maupun bahan pendukung untuk produk-produknya. Beragam produk yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari antara lain kertas, bahan perekat, bahan pengkilat, pelapis dan kosmetik. Pemanfaatan Poly(vinyl Alkohol) secara garis besar dibedakan atas dua kategori. Kategori yang pertama, pemanfaatan tersebut didasarkan atas sifat Poly(vinyl Alkohol) yang dapat larut dalam air. Dalam hal ini dapat digunakan sebagai bahan pengental untuk sistem suspensi dan emulsi, sebagai perekat dan lapisan pengemas. Kategori yang kedua sebagai polimer yang sifatnya tidak larut dalam air terutama dimanfaatkan untuk pembuatan serat tekstil.

Pemanfaatan Poly(vinyl Alkohol) selama ini hanya terfokus dalam bidang industri, sehingga peluang untuk mengembangkan pemanfaatannya dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi terbuka lebar. Pembuatan membran sintetik telah banyak dilakukan dari bahan polimer karena jenisnya

banyak dan teknik pembuatannya sederhana. Pemanfaatan Poly(vinyl Alkohol) sebagai membran telah dilakukan oleh Wadda (1985) dalam studi membran pertukaran kation dan transfer ion Natrium. Sulfonasi Poly(vinyl Alkohol) dilakukan dengan menambahkan Asam Sulfat pekat berlebih kepada polimer tersebut. Produk dari reaksi tersebut merupakan suatu resin penukar kation.

Pemakaian aditif dalam pembuatan membran dibutuhkan untuk memperbaiki sifat dasar dari membran. Dalam penelitian ini, modifikasi membran dilakukan dengan mencampur Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi dengan serbuk kayu Jati (*Tectona grandis*). Jati sebagai tanaman fotosintetik mengandung tiga komponen utama yakni; selulosa, hemiselulosa dan lignin. Baird (1995) menyampaikan bahwa selulosa, hemiselulosa, lignin dan protein merupakan komponen dari humus. Sebagai material organik humus mempunyai tingkat afinitas yang tinggi terhadap kation logam.

Kayu jati sebagai salah satu jenis kayu yang mempunyai kelebihan dibanding kayu lain. Sifat fisik dari kayu jati terutama adalah resisten terhadap air, kuat dan tahan serangan serangga dan jamur. Percampuran Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi dengan serbuk kayu jati diharapkan dapat meningkatkan sifat dari Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi untuk adsorpsi ion logam.

1.2 Permasalahan

Berdasarkan sifat Poly(vinyl Alkohol) dan sifat serbuk kayu jati diharapkan dapat meningkatkan sifat campuran Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi dengan kayu Jati sebagai bahan pengadsorpsi. Permasalahan dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana uji kapasitas dan selektifitas membran campuran Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi dan serbuk kayu Jati pada ion logam bermuatan +1, +2 dan +3 ?
2. Bagaimana komposisi campuran Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi dan serbuk kayu Jati agar mengadsorpsi secara maksimal ion logam bermuatan +1, +2, dan +3 ?

1.3 BATASAN MASALAH

Penelitian ini merupakan rangkaian penelitian yang dimulai dengan studi pendahuluan mengenai Sulfonasi Poly(vinyl Alkohol) dan studi sifat Poly (vinyl Alkohol)-sulfonasi pada adsorpsi ion logam bermuatan +1, +2 dan +3. Mengingat hal tersebut maka penelitian ini menitikberatkan pada pencarian informasi mengenai pengaruh penambahan serbuk kayu Jati ukuran 70 mesh pada Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi sebagai membran untuk adsorpsi ion logam bermuatan +1, +2 dan +3.

1.4 TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan :

1. Mengetahui komposisi membran campuran Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi dan serbuk kayu Jati yang mampu mengadsorpsi secara maksimal ion logam bermuatan +1, +2 dan +3.
2. Dapat menemukan bahan filter yang selektif terhadap ion logam bermuatan +1, +2 dan +3.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

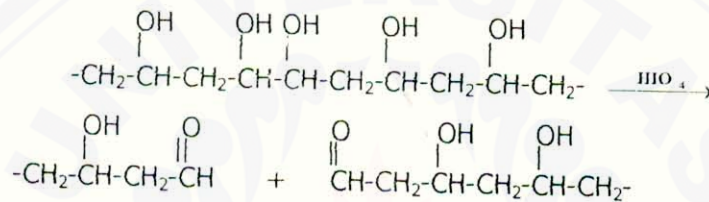
Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat dipelajari suatu bahan alternatif yang mempunyai nilai kegunaan tinggi untuk menangani masalah limbah, khususnya yang diakibatkan oleh logam bermuatan +1, +2 dan +3.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Poly(vinyl Alkohol)

2.1.1 Struktur dan Sirat Poly(vinyl Alkohol)

Poly(vinyl Alkohol) mempunyai struktur kepala-ekor. Penambahan reagen seperti asam periodat atau tetra asetat timbal yang mampu memutuskan 1,2 diol sehingga akan mengalami reduksi viskositas (Saunders, 1994). Reaksi Poly(vinyl Alkohol) dengan Asam Periodat seperti yang tercantum pada gambar 1.



Gambar 1. Reaksi Poly(vinyl Alkohol) dengan Asam Periodat

PVA adalah amorf, tetapi mendekati serat kristalin. Struktur rantainya adalah ataktik. Pada temperatur 150° C Poly(vinyl Alkohol) akan mengurai, ditandai dengan terbentuknya air dari dua gugus hidroksil yang berdampingan. Sifat yang cukup penting dari PVA adalah dapat larut dalam air. Kelarutannya lambat dalam air dingin dan akan lebih cepat pada temperatur yang lebih tinggi. Polimer ini akan larut secara sempurna pada temperatur 90° C. Larutan menjadi tidak stabil apabila ditambah dengan sedikit asam atau basa. *Crosslinking* pada Poly(vinyl Alkohol) akan menyebabkan pertambahan viskositas sehingga menjadi produk yang tidak larut (Billmeyer, 1991).

PVA bersifat resisten terhadap pelarut organik. Secara umum sifat resisten tersebut menurun sesuai dengan derajat alkoholisis. Sifat fisik Poly(vinyl Alkohol) juga dipengaruhi oleh kelembaban lingkungan dan berat molekulnya berpengaruh pada kelarutannya dalam air.

2.1.2 Aplikasi Poly(vinyl Alkohol)

Poly(vinyl Alkohol) telah dimanfaatkan secara meluas dalam dunia industri. Poly(vinyl Alkohol) terutama digunakan sebagai resin dan pelapis permukaan. Pada pemanfaatannya tersebut Poly(vinyl Alkohol) bersifat mengeras sehingga harus ditambah *plasticizer* terlebih dahulu. Poly(vinyl Alkohol) juga dibuat sebagai lapisan yang mampu bertindak sebagai membran untuk desalinasi air. Kopolimer dari Poly(vinyl Alkohol) dengan asam etilene sulfonat merupakan membran selektif terhadap kation. Turunannya dengan 1,2-epoksi-3-dietil aminopropana, tiourea, klorometil eter dan trimetil amin atau piridin, formaldehid dan asam salisilat; asam polifungsional, karbamoyl metil trimetil-ammoniumhidroklorida akan membentuk membran anion atau kation. Film Poly(vinyl Alkohol) banyak dimanfaatkan dalam bidang fotografi. Kombinasi antara daya regang yang cukup tinggi dan sifatnya yang mudah larut dalam air, PVA juga dapat dipakai sebagai penggelantang dan detergen.

Percampuran Poly(vinyl Alkohol) dengan pati kanji dan bahan aditif lain yang murah dapat digunakan sebagai bahan perekat yang sangat baik. Variasi dengan bahan aditif lainnya maka polimer ini dapat untuk bahan pembuatan papan, bahan kain, gabus dan busa polistiren. Pada percampuran dengan bahan aditif yang berupa garam anorganik dan dengan penambahan rangkai ikatan silang, Poly(vinyl Alkohol) berguna dalam pembuatan kertas dan *cardboard*. Pemanfaatannya dalam bidang elektronik sangat bervariasi karena Poly(vinyl Alkohol) mempunyai sifat dielektrik. Padatan Poly(vinyl Alkohol) atau kopolimer dengan monomer polar telah dikonversi ke turunan Natrium atau Kalsium diketahui sangat banyak digunakan untuk stabilisasi tanah. Poly(vinyl Alkohol) baik juga untuk bahan adhesif. Dalam bidang elektroplating yang telah diketahui, Poly(vinyl Alkohol) dapat digunakan sebagai pelapis beberapa jenis logam terutama Seng, Kadmium, Kromium dan Berilium.

2.2 Sulfonasi

Sulfonasi merupakan penggantian atom hidrogen pada rantai alkana atau adisi pada atom karbon pada rantai alkena dengan gugus $-OSO_2OH$. Asam sulfat pekat digunakan untuk sulfatsi alkena. Sulfonasi alkohol dapat dilakukan dengan

SO_3 atau kompleks Asam Sulfat, Oleum, Asam Klorosulfat atau Asam Amino Sulfat.

Sulfonasi mempunyai kegunaan yang penting sebagai intermediate pada pembuatan alkohol (etanol, propil alkohol, butil alkohol), sebagai agen alkilasi seperti pada dimetil dan dietil sulfat, sebagai detergen dan sodium lauryl sulfat. Reaksi Poly(vinyl Alkohol) dengan asam sulfat dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Reaksi Poly(vinyl Alkohol) dengan Asam Sulfat.

Sulfonasi Poly(vinyl Alkohol) dengan Asam Sulfat pekat menghasilkan suatu resin penukar ion (Dorfner, 1991). Hidrogen pada Poly(vinyl Alkohol) tersulfonasi mudah disubstitusi oleh ion logam. Reaksi resin dengan ion logam dalam air adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Reaksi resin dengan logam.

Bila ada air yang mengandung garam netral dilewatkan melalui resin ini, ion hidrogen diganti oleh ion logam M^+ menjadi asam (H^+A^-).

Resin penukar kation terbentuk kembali oleh asam kuat (Surdia, 1999).

2.3 Membran untuk Pemisahan

Membran adalah lapisan tipis sebagai penghalang antara dua fasa. Laju transport dari membran sangat dipengaruhi oleh ketebalannya. Pemakaian aditif dalam pembuatan membran dibutuhkan untuk memperbaiki sifat dasarnya sehingga memberikan banyak keuntungan dalam pemanfaatannya. Gugus reaktif pada membran dapat berfungsi sebagai penukar ion. Gugus reaktif tersebut antara lain ; OH^- , COOH , HSO_3 . Dengan adanya gugus tersebut maka membran

dapat digunakan untuk proses pemisahan. Kemampuan membran dalam melakukan pertukaran ion dapat dipengaruhi oleh kepadatan membran dan kapasitas untuk pertukaran ion.

Kepadatan molekul menyangkut kuantitas monomer penyusun yang dapat memberikan kontribusi sifat fisik khususnya pori-pori. Kapasitas adalah daya tampung membran dalam mengikat senyawa-senyawa lain. Selektifitas membran adalah kemampuan untuk memilih senyawa lain yang dapat diikat.

2.4 Adsorpsi

2.4.1 Adsorpsi Fisika dan Kimia

Sifat dari antar muka antara dua fase (padat, cair, gas) adalah daya tariknya dan konsentrasi komponen setiap fase atau kedua fase diadsorpsi oleh lapisan antarmuka. Adsorpsi merupakan sifat termodinamika dasar dari antar muka sebagai hasil dari gaya interatomik atau intermolekuler (Alberty & Daniels, 1987).

Adsorpsi fisik atau fisisorpsi adalah adsorpsi yang reversibel yang hanya melalui interaksi lemah, tidak terjadi ikatan kovalen antara adsorben dengan adsorbat. Adsorpsi kimia atau kemisorpsi adalah adsorpsi yang melibatkan interaksi yang kuat antara adsorben dengan adsorbat yang biasanya dilanjutkan dengan penataan ulang sejumlah atom atau antara adsorbat, reaksi ini terjadi antara permukaan adsorben dengan adsorbat. Dalam kemisorpsi mencakup interaksi ikatan kimia maka sifatnya lebih spesifik daripada adsorpsi fisik. Lebih jauh lagi dalam kemisorpsi ikatannya sedemikian kuat sehingga spesies aslinya tidak dapat ditemukan.

2.4.2 Adsorpsi oleh Zat Padat

Adsorpsi yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom molekul pada permukaan zat padat. Energi potensial permukaan akan turun dengan mendekatnya molekul ke permukaan. Adsorpsi solut dalam larutan oleh permukaan zat padat adalah fenomena yang kompleks daripada adsorpsi terhadap gas oleh zat padat.

Beberapa tipe adsorpsi logam meliputi; pertukaran kation, adsorpsi spesifik dan kompleks organik.

Reaksi pertukaran ion adalah reaksi stoikiometris yang bersifat reversibel. Valensi dan derajat hidrasi yang lebih besar dari sebuah ion akan mempunyai daya perpindahan yang lemah. Selektifitas dapat berubah tergantung pada konsentrasi total ion-ion pada resin tersebut. Selektifitas bertambah dengan bertambahnya derajat ikatan silang (*crosslinking*). Struktur kimia dari matriks juga mempengaruhi selektifitas.

Kapasitas pertukaran mempengaruhi koefisien selektifitas. Ion-ion dengan afinitas yang lebih tinggi terhadap resin memberikan pemuain yang lebih kecil. Demikian juga pada pertukaran dua ion dengan valensi berbeda. Koefisien selektifitas tergantung pada koefisien aktifitas pada kedua fase dan juga tergantung pada konsentrasi total total logam pada fase resin .

Adsorpsi dengan penukar kation dapat digambarkan sebagai pembentukan kompleks outer-sphere. Pembentukan kompleks yang terjadi jika elektron diserahterimakan secara langsung dari pusat logam pada senyawa kompleks yang satu kepusat logam pada senyawa kompleks lainnya, dengan permukaan gugus fungsi secara elektrostatis.

Beberapa variabel yang menentukan interaksi adalah muatan yang permanen dan pH dari sistem membran bekerja (Alloway, 1995). Ikatan antara membran dengan logam dapat terjadi karena adanya interaksi antara gugus fungsi dari membran dan logam

Adsorpsi spesifik termasuk penukar kation logam dan kebanyakan anion dengan ligand permukaan untuk membentuk ikatan kovalen dengan ion kisi. Adsorpsi spesifik tergantung dari kekuatan pH dan berhubungan dengan hidrolisis ion logam. Logam paling mungkin membentuk kompleks hidroksi dengan adsorpsi secara khusus.

Kompleksasi organik mengadsorpsi logam membentuk kompleks kelat. Ligand organik dengan berat molekul rendah dapat membentuk kompleks terlarut dengan logam. Seperti hidroksil, phenoksil dan karboksil pada humus membentuk kompleks koordinasi dengan ion logam.

Adsorpsi logam telah digambarkan secara kuantitatif dalam isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich.

Persamaan Freundlich merupakan persamaan empiris hasil perbandingan dengan alam. Persamaan adsorpsi Freundlich mempunyai bentuk :

$$x = kc^n \text{ atau } \log x = \log k + n \log c$$

dimana x adalah adsorbat per unit adsorben pada konsentrasi c . Sedangkan k dan n adalah konstanta.

Persamaan adsorpsi yang lainnya adalah isoterm Langmuir yang didasarkan atas peninjauan teori proses adsorpsi. Bentuk persamaan Langmuir adalah sebagai berikut:

$$\frac{c}{x/m} = \frac{1}{Kb} + \frac{c}{b}$$

Dimana K dan b adalah konstanta, c adalah konsentrasi pada kesetimbangan, x adalah materi yang teradsorp dan m adalah berat bahan pengadsorp. Grafik yang dibuat dengan mengalurkan $c/(x/m)$ melawan c akan menunjukkan suatu garis lurus sehingga diperoleh intersep $1/Kb$ dan kemiringan $1/b$. Dengan demikian harga K dan b dapat ditentukan. Besarnya konstanta (b) itu dapat menunjukkan besarnya adsorpsi maksimum oleh suatu adsorben.

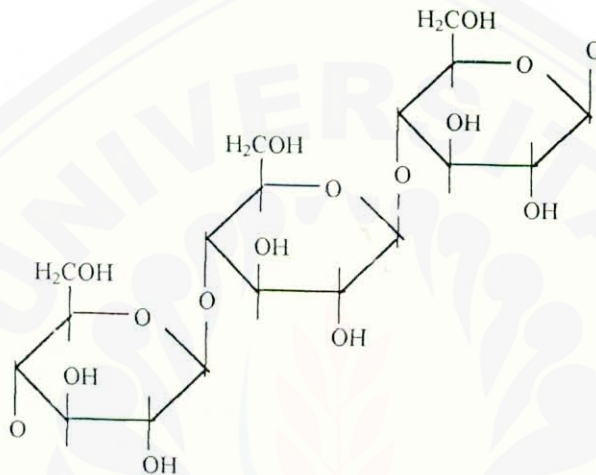
2.5 Kayu

2.5.1 Komponen Kimia Kayu

Komponen kimia kayu tidak dapat dipisahkan dari strukturnya. Kayu tidak hanya merupakan salah satu dari senyawa kimia, jaringan anatomi atau bahan tetapi merupakan gabungan dari ketiganya. Kesemuanya itu merupakan hasil hubungan yang erat dari komponen-komponen kimia yang membentuk unsur-unsur ultrastruktur yang kemudian bergabung menjadi suatu sistem yang berderajat tinggi yang membentuk dinding sel yang akhirnya membentuk jaringan kayu. Kandungan terbesar kayu adalah selulosa, poliosa (hemiselulosa) dan lignin (Fengel & Wegener, 1995).

2.5.1.1 Selulosa

Selulosa merupakan komponen kayu yang terbesar yang jumlahnya hampir setengahnya. Selulosa termasuk polimer linear dengan berat molekul tinggi yang tersusun seluruhnya atas β -D glukosa. Gambar struktur selulosa ditunjukkan oleh gambar 4.



Gambar 4. Struktur Selulosa

Ketegaran selulosa disebabkan oleh struktur keseluruhannya. Karena sifat-sifat kimia dan fisiknya maupun karena struktur supramolekul maka dapat memenuhi fungsinya sebagai komponen struktur utama dinding sel tumbuhan. Daun kering mengandung 10-20 % selulosa, kayu 50 % sedangkan kapas mengandung selulosa 90% (Fessenden & Fessenden, 1999).

Selulosa cocok untuk kebutuhan pembuatan matrik padat dan inert dengan permukaan yang luas. Meskipun penukar-penukar ion selulosa secara kimia kurang stabil daripada resin penukar ion sintesis dan kapasitasnya relatif rendah, selulosa berguna terutama untuk persoalan-persoalan pemisahan biokimia yang melibatkan molekul-molekul besar seperti protein. Penukar ion selulosa dalam perdagangan diperoleh sebagai bubuk maupun dalam bentuk

serat-serat dan kertas sehingga dapat untuk berbagai teknik pemisahan (Sjostrom, 1995).

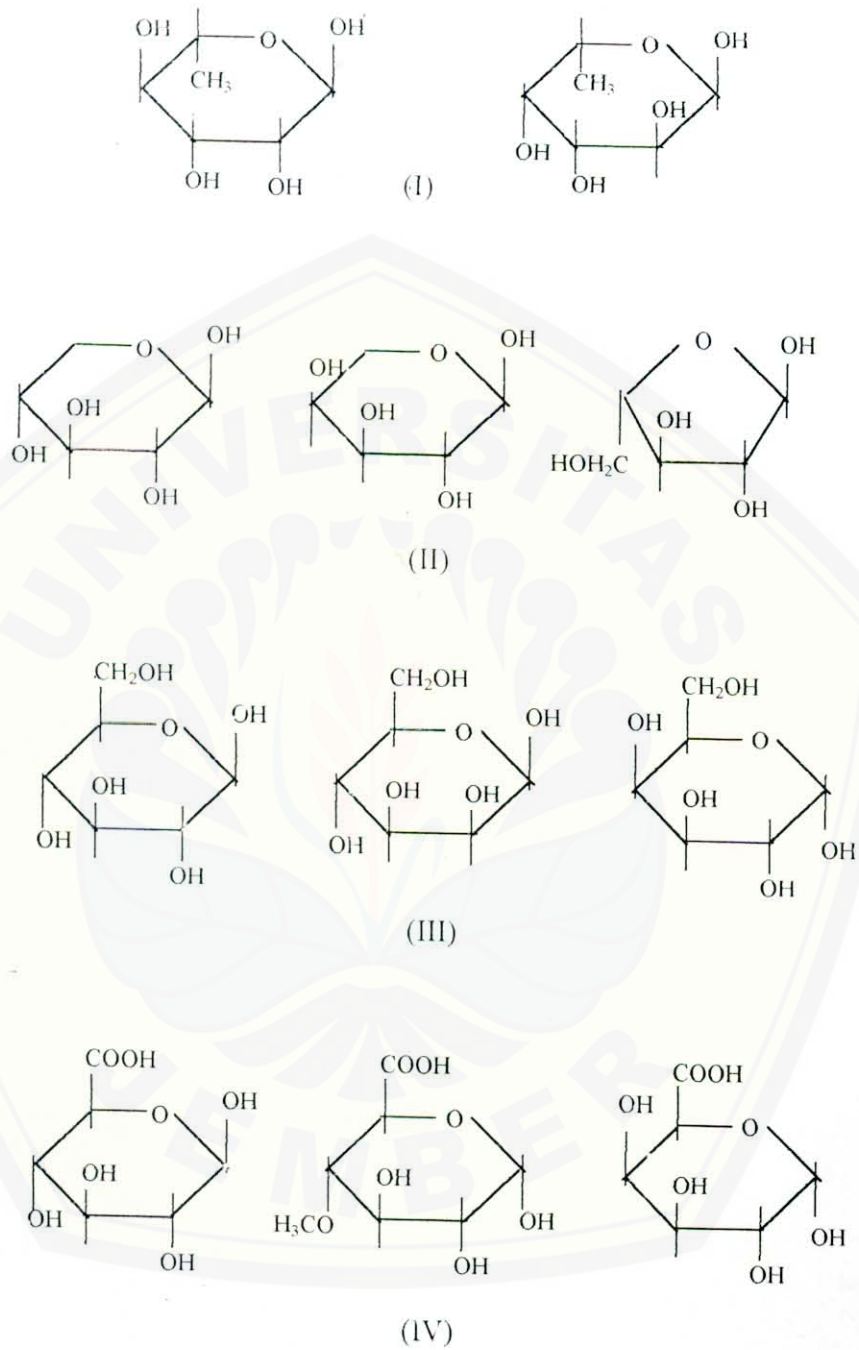
2.5.1.2 Hemiselulosa.

Disamping selulosa didalam kayu maupun dalam jaringan tumbuhan yang lain terdapat sejumlah polisakarida yang disebut poliosa atau hemiselulosa. Hemiselulosa mempunyai assosiasi yang dekat dengan selulosa dalam dinding sel. Seperti halnya selulosa, hemiselulosa berfungsi sebagai bahan pendukung dalam dinding tumbuhan. Apabila selulosa merupakan homopolisakarida maka hemiselulosa merupakan heteropolisakarida. Hemiselulosa berbeda dengan selulosa karena komposisi berbagai unit gula, rantai molekul yang lebih pendek dan karena percabangan rantai molekul.

Unit gula yang membentuk poliosa dapat dibagi menjadi kelompok; deoksi heksosa (I), pentosa (II), heksosa (III), asam heksaronat (IV). Struktur komponen hemiselulosa ditunjukkan oleh gambar 5. Rantai utama poliosa dapat terdiri hanya atas satu unit homopolimer.

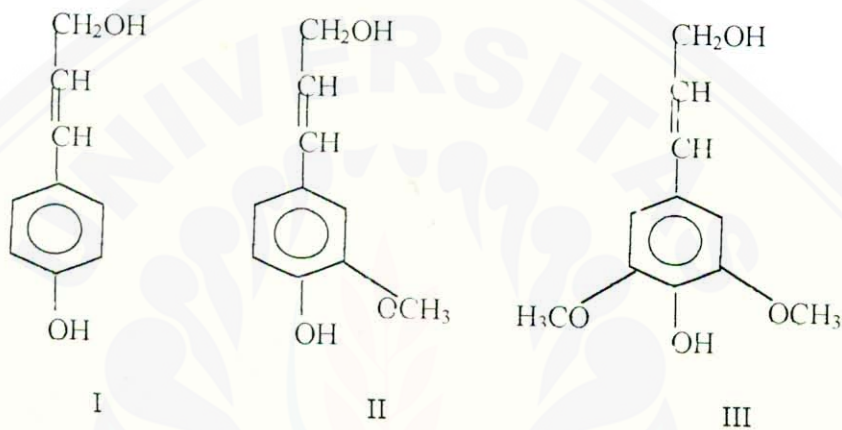
2.5.1.3 Lignin.

Lignin merupakan komponen kimia dan morfologi yang karakteristik dari jaringan tumbuhan tinggi, keberadaannya dalam jaringan vaskuler yang khusus untuk pengangkutan cairan dan pengangkutan mekanis. Lignin merupakan polimer dari unit-unit fenilpropana. Banyak aspek dalam kimia lignin yang masih belum jelas, misalnya ciri-ciri struktur spesifik lignin yang terdapat dalam berbagai daerah morfologi dan xilem kayu. Dalam spesies kayu kandungan lignin berkisar antara 20 – 40 %. Jumlah lignin yang terdapat dalam tumbuhan yang berbeda sangat bervariasi.



Gambar 5. Struktur Komponen Hemi-selulosa; Deoksi Heksosa (I), Pentosa (II), Heksosa (III). Asam Heksaronat (IV)

Pembentukan makromolekul lignin oleh tumbuhan terdiri atas sistem biologi, biokimia dan kimia yang kompleks. Unit pembentuk lignin adalah p-koumaril alkohol, koniferil alkohol dan sinapil alkohol seperti yang ditunjukkan oleh gambar 6. Karena molekul lignin tidak dapat dilukiskan dengan penggabungan satu atau beberapa unit monomer atau dengan penggabungan satu atau beberapa jenis ikatan seperti pada selulosa atau poliosa sehingga struktur lignin masih berupa model-model (Fengel & Wegener, 1995).



Gambar 6. Struktur Unit Pembentuk Lignin; p-Koumaril Alkohol (I), Koniferil Alkohol (II), Sinapil Alkohol (III)

2.5.2 Kayu Jati

Jati (*Tectona grandis*) merupakan salah satu jenis pohon pada daerah tropis yang kayunya mempunyai kelebihan dibanding jenis kayu lain. Sifat fisik dari kayu jati terutama adalah resisten terhadap air, kuat dan tahan terhadap serangan jamur dan serangga. Kayu jati mengandung tiga komponen utama, yaitu; selulosa, hemiselulosa dan lignin. Komposisi kimia dari jati adalah 39-57 % selulosa, 7-13 % hemiselulosa (pentosan) dan 29-39 % lignin (Fengel & Wegener, 1995). Jati mempunyai berat jenis 0,63 g/mL. Berat jenis akan mempengaruhi sifat mekanis dari kayu dan memiliki pH sekitar 5,1 (Sjostrom, 1995).

2.6 Logam

2.6.1 Natrium

Natrium adalah logam berwarna putih perak yang lunak. Natrium teroksidasi cepat dalam udara lembab. Logam ini bereaksi keras dengan air membentuk natrium hidroksida. Dalam garam-garamnya natrium berada sebagai kation monovalen Na^+ .

2.6.2 Merkuri

Pengguna logam merkuri paling banyak adalah pabrik alat-alat listrik dan pembuatan baterai. Dalam bidang pertanian senyawa merkuri digunakan sebagai pembasmi jamur. Dalam perkembangan teknologi industri, logam ini telah terkandung dalam limbah dan mengakibatkan pencemaran lingkungan. Merkuri secara kimiawi mempunyai bentuk berbeda-beda. Hal tersebut menjadikan keracunan yang diakibatkan oleh senyawa ini menimbulkan gejala yang berbeda pula. Senyawa merkuri yang terhisap akan larut dalam darah dan terdistribusi ke otak dan menyebabkan garigguan daya ingat karena terganggunya fungsi sistem syaraf.

2.6.3 Kalsium

Kalsium adalah logam yang paling banyak ditemukan dalam tubuh hewan. Logam ini merupakan komponen penting dalam pembentukan tulang dan gigi. Kalsium adalah logam yang berwarna putih perak. Logam ini membentuk kation (II), Ca^{2+} dalam larutan-larutan air. Garam-garamnya biasanya berupa bubuk putih dan membentuk larutan yang tidak berwarna kecuali bila anionnya berwarna.

2.6.4 Aluminium

Aluminium adalah logam yang berwarna putih, liat dan dapat ditempa. Ion-ion aluminium (Al^{3+}) membentuk garam-garam yang tak berwarna dengan

terbentuk aluminium hidroksida, $Al(OH)_3$. Aluminium sulfat membentuk garam-garam rangkap dengan sulfat dari kation-kation monovalen dengan bentuk-bentuk kristal yang menarik, yang disebut tawas (alum, aluin).

2.6.5 Besi

Bilangan oksidasi besi dalam senyawa dan senyawa kompleks adalah +2 dan +3. Untuk Fe (III) lebih stabil daripada Fe (II) karena orbital d terisi setengah penuh. Fe (II) dan Fe (III) dapat membentuk kompleks heksa akuo dalam larutan air. Fe (II) dapat dibedakan dari Fe (III) dengan pereaksi NaOH.

Sifat-sifat logam diatas lebih khusus ditunjukkan oleh tabel 1.

Tabel 1. Beberapa sifat logam Natrium, Merkuri, Kalsium, Besi dan Aluminium.

Keterangan	Muatan +1		Muatan +2		Muatan +3	
	Na	Hg	Ca	Fe	Al	Fe
Nomor atom	11	80	20	26	13	26
Berat atom	23	200,89	40,08	56	26, 98	56
Titik leleh ($^{\circ}C$)	98	-39	851	1.537	660	1.537
Titik didih ($^{\circ}C$)	883	357	1437	2.872	2.447	2.872
Kerapatan (g/cm^3)	0,97	13,6	1,90	7.86	2.7	7.86
E. ionisasi (KJ/mol)	496	1006	589	769	532	989
Jari-jari ion, \AA	0,98	0,97	0,99	0,83	0,53	0,67
Jari-jari atom, \AA	1.54	1,44	1,96	1,24	1,43	1,24
Konfigurasi elektron	$1s^2 2s^2$ $2p^6$	$5d^{10}$ $6s^2$	$1s^2$ $2s^2 2p^6$ $3s^2 3p^6$	$[Ar] 3d^6$	$1s^2 2s^2$ $2p^6$	$[Ar]$ $3d^5$



III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Biokimia dan laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember. Pelaksanaannya dimulai dari bulan Oktober sampai dengan bulan Nopember 2001.

3.2 Alat

Alat yang dipakai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: Spektronic Genesys 5, Flame Fotometer Jenway, Stereomikroskop, *shaker bath*, jangka sorong, neraca analitik, set stirer magnetik, penggiling, penyaring 70 mesh dan oven. Peralatan gelas yang dipakai adalah labu leher tiga, erlenmeyer, gelas ukur, pipet volume dan pipet tetes. Peralatan pendukung yang diperlukan antara lain plastik trasparan, penggaris dan kaca.

3.3 Bahan

Bahan yang digunakan adalah serbuk kayu Jati, Poly(vinyl Alkohol) kualitas pro analisis, larutan logam bermuatan +1, +2 dan +3 yang diperoleh dari garamnya. Untuk logam bermuatan +1 adalah NaNO_3 dan Hg_2Cl_2 . Untuk logam bermuatan +2 adalah $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Untuk logam bermuatan +3 adalah $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Bahan lainnya adalah kloroform, 1-butanol, propanol, KH_2PO_4 , KH-Phtalat, NaOH, CH_3COOH , CH_3COONa dan aquades.

Reagen yang diperlukan untuk analisa spektrometri adalah dithizon, alizarin, kalium thiosianat dan 1,10-phenantrolin.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Preparasi Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi

Larutan Poly(vinyl Alkohol) 0,0021 M (dalam aquades panas) dengan volume 2 mL ditambah dengan 5 mL asam sulfat 11 secara per tetes. Reaksi dilakukan selama 2,5 jam dan dilakukan pengadukan dengan kecepatan medium. Parameter konsentrasi Poly(vinyl Alkohol), konsentrasi asam sulfat dan waktu optimal dalam sulfonasi tersebut diperoleh dari studi pendahuluan (Sumarni, 2002). Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi yang berwujud gel dicuci dengan menggunakan aquades sampai aquades hasil pencucian mempunyai pH 5. Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi kemudian dioven pada suhu 40°C selama 10 jam. Hal ini dilakukan untuk mengurangi kadar air pada Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi yang telah dicuci. Gel Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi kemudian dihaluskan dengan menggunakan mortar.

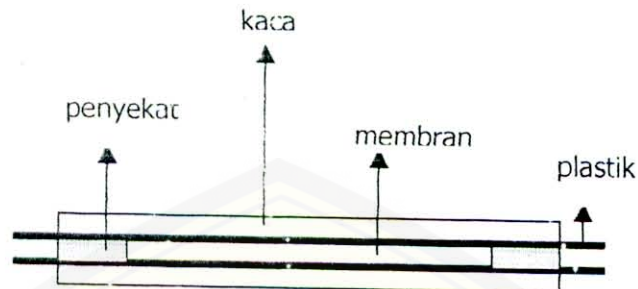
3.4.2 Preparasi Serbuk Kayu Jati

Serbuk kayu dikeringkan dalam oven pada suhu 40°C selama 8 jam. Serbuk kayu yang telah kering kemudian dihaluskan dengan menggunakan penggiling. Hasil penggilingan kemudian disaring dengan ukuran 70 mesh. Serbuk kayu kemudian ditempatkan dalam wadah yang kering dan tertutup rapat.

3.4.3 Pencetakan Membran

Membran dipersiapkan dengan membuat campuran antara serbuk kayu Jati dan Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi dengan perbandingan (dalam gram) adalah 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, 1:7 dan 1:8. Larutan yang digunakan sebagai media pencampuran adalah 1-butanol dengan besar volume disesuaikan komposisi kedua bahan. Dari uji pendahuluan pada penggunaan 1-butanol diperoleh membran yang tidak mudah patah dibandingkan dengan penggunaan aseton, etanol dan petroleum eter. Membran kemudian dicetak diatas kaca yang dilapisi plastik. Untuk menghilangkan 1-butanol dari membran dilakukan dengan pengeringan dalam oven pada suhu 40°C selama 5 jam. Indikator yang menunjukkan membran telah terbebas dari 1-butanol adalah bau dari membran.

Gambar 7 menunjukkan skema alat pencetak membran campuran Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi dengan serbuk kayu Jati.



Gambar 7. Skema Alat Pencetak Membran Campuran Poly(vinyl Alkohol) –sulfonasi dan serbuk kayu Jati

Membran tersebut dicetak dengan ketebalan 0,3 mm dan kemudian dipotong dengan ukuran 1 x 1 cm, selanjutnya membran ditempatkan dalam wadah yang kering dan tertutup rapat.

3.4.4 Preparasi Larutan dan Pembuatan Kurva Kalibrasi

3.4.4.1 Larutan Buffer

- Buffer pH 4 dipreparasi dengan cara menambahkan HCl 0,1 M sebanyak 0,1 mL ke dalam 50 mL KH-Phtalat 0,1 M dan kemudian diencerkan sampai 100 mL.
- Buffer pH 6, 7 dan 8 dipreparasi dengan menambahkan x mL NaOH 0,1 M ke dalam 50 mL KH_2PO_4 0,1 M dan kemudian diencerkan sampai 100 mL. Untuk buffer pH 6, 7 dan 8 volume x berturut-turut adalah 5,6 mL; 29,1 mL dan 46,1 mL.

3.4.4.2 Larutan Logam

Larutan standar yang dibuat mempunyai konsentrasi 500 ppm. Sejumlah x mg garam dari larutan logam dilarutkan pada 100 mL aquades. Khusus pada Hg_2Cl_2 dilarutkan dengan air raja 20 mL kemudian diencerkan sampai 100 mL. Dimana x untuk Na^+ = 184,845 mg; Hg^+ = 117,6743 mg; Ca^{+2} = 183,4037 mg; Fe^{+2} = 177,9986 mg; Al^{+3} = 1.184,9359 mg dan Fe^{+3} = 241,9974 mg.

3.4.4.3 Reagen

Reagen yang digunakan untuk analisa spektrometri: dhitizon 0.003 % (dalam kloroform); 1,10 phenantrolin 0,1 % (dalam aquades) KSCN 0.1 M (dalam aquades) dan alizarin 0,1 % (dalam aquades).

3.4.4.4 Pembuatan Kurva Kalibrasi

- a. Kurva kalibrasi untuk Na^+ dibuat dengan mengalurkan beberapa konsentrasi Na^+ melawan intensitasnya. Konsentrasi Na^+ yang dibuat adalah 2, 4, 6, 8, 10 dan 12 ppm. Penentuan intensitas dilakukan dengan menggunakan Flame Fotometer.
- b. Kurva kalibrasi untuk Hg^+ dibuat dengan mengalurkan beberapa konsentrasi Hg^+ melawan absorbansinya. Konsentrasi Hg^+ yang dibuat adalah 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 dan 16 ppm. Penentuan absorbansi dilakukan dengan menggunakan Spectronic Genesys 5.
- c. Kurva kalibrasi untuk Ca^{+2} dibuat dengan mengalurkan beberapa konsentrasi Ca^{+2} melawan intensitasnya. Konsentrasi Ca^{+2} yang dibuat adalah 2, 4, 6, 8, 10, dan 12 ppm. Penentuan intensitas dilakukan dengan menggunakan Flame Fotometer.
- d. Kurva kalibrasi untuk Fe^{+2} dibuat dengan mengalurkan beberapa konsentrasi Fe^{+2} melawan absorbansinya. Konsentrasi Fe^{+2} yang dibuat adalah 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 dan 20 ppm. Penentuan absorbansi dilakukan dengan menggunakan Spectronic Genesys 5.
- e. Kurva kalibrasi untuk Fe^{+3} dibuat dengan mengalurkan beberapa konsentrasi Fe^{+3} melawan absorbansinya. Konsentrasi Fe^{+2} yang dibuat adalah 0.5, 1, 1.5, 2, 4, 6, 8, 10, 12 dan 14 ppm. Penentuan absorbansi dilakukan dengan menggunakan Spectronic Genesys 5.
- f. Kurva kalibrasi untuk Al^{+3} dibuat dengan mengalurkan beberapa konsentrasi Al^{+3} melawan absorbansinya. Konsentrasi Al^{+3} yang dibuat adalah 1, 2, 4, 6, 8 dan 10 ppm. Penentuan absorbansi dilakukan dengan menggunakan Spectronic Genesys 5.

Penentuan absorbansi/intensitas masing-masing larutan logam diulang tiga kali. Panjang gelombang optimum, reagen dan pH reagen yang digunakan untuk analisa spektrometri ditunjukkan dalam tabel 2.

Tabel 2. Temperatur dan pH larutan Selama Uji Kapasitas, Reagen, pH reagen dan Panjang Gelombang untuk Analisa Spektrometri

Kation	tempertur penangas	pH larutan	Reagen	pH reagen	λ (nm)
Na ⁺	30 °C	4	-	-	-
Hg ⁺	20 °C	6	dithizon 0,003 %	6	499
Ca ⁺²	50 °C	4	-	-	-
Fe ⁺²	50 °C	8	1,10-phenantrolin 0,1 %	8	511
Fe ⁺³	40 °C	7	KSCN 0,1 M	7	349
Al ⁺³	20 °C	6	alizarin 0.1 %	8	511

(sumber: Sukamto, 2002)

3.4.5. Uji Kapasitas dan Selektifitas Membran Campuran Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi dan Serbuk Kayu Jati

- a. Larutan logam sebanyak 40 mL dengan konsentrasi 20 ppm ditempatkan dalam erlenmeyer. Membran dimasukkan ke dalam larutan logam dari kemudian erlenmeyer ditempatkan dalam *shaker bath*. Larutan diaduk dengan kecepatan 200 rpm. Temperatur dari larutan penangas, pH larutan logam tersebut untuk setiap larutan logam berbeda-beda. Tabel 2 menunjukkan temperatur penangas dan pH larutan logam selama pengadukan yang diperoleh dari studi pendahuluan dari penelitian ini. Perlakuan tersebut berlaku untuk semua komposisi membran.

- b. Konsentrasi larutan pada permukaan (a) masing-masing ditentukan setelah 5, 10, 15, 60, 100, dan 120 menit pengadukan. Larutan diambil 5 mL kemudian ditentukan perubahan konsentrasinya. Untuk Hg^{+} , Fe^{+2} , Fe^{+3} dan Al^{+3} diukur absorbansinya dengan menggunakan Spektrometric Genesys 5.. Untuk pengukuran intensitas dari larutan Na^{+} dan Ca^{+2} ditentukan dengan menggunakan Flame fotometer. Dengan memasukkan data (absorbansi dan intensitas) yang diperoleh dari eksperimen ke dalam kurva kalibrasi maka perubahan konsentrasi larutan logam dalam 5, 10, 15, 30, 60, 100 dan 120 menit pengadukan bisa ditentukan.
- c. Setiap percobaan diulang lima kali.

Untuk mengetahui kapasitas membran (Q) dapat dicari dengan rumus berikut:

$$Q = \frac{(C_i - C_f)V}{M}$$

- C_i : konsentrasi larutan logam mula-mula (ppm)
 C_f : konsentrasi larutan logam setelah diadsorpsi membran (ppm)
 V : volume larutan logam (liter)
 M : volume membran (cm^3)

Aktifitas membran (MS) adalah persentase dari konsentrasi larutan logam teradsorpsi (C_a) per konsentrasi larutan logam mula-mula (C_i);

$$MS = \frac{C_a}{C_i} \times 100\%$$

Selektifitas membran diketahui berdasarkan besar kecilnya aktifitas membran.

Untuk menguji semua pengulangan dalam penelitian dilakukan dengan menggunakan metode statistika; standar deviasi (SD) dan relatif standar deviasi (RSD).

$$SD = \sqrt{\frac{(x - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad RSD = \frac{SD}{n}$$

x = nilai yang diperoleh dari setiap eksperimen

\bar{x} = nilai rata-rata dari eksperimen

n = banyaknya eksperimen/pengulangan

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian mengenai modifikasi membran Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi dengan serbuk kayu Jati untuk adsorpsi logam bermuatan +1, +2 dan +3 dapat diambil kesimpulan:

1. Komposisi membran campuran Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi dan serbuk kayu Jati berpengaruh terhadap kemampuan mengadsorpsi logam bermuatan +1, +2 dan +3. Membran dengan komposisi serbuk kayu Jati dan Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi 1:6, mampu mengadsorpsi secara maksimal logam bermuatan +1. Membran dengan komposisi tersebut mempunyai kapasitas sebesar 22,9794 mg/cm³ dan aktifitas 86,1728 % terhadap Na⁺ serta mempunyai kapasitas 11,9506 mg/cm³ dan aktifitas 44,8144 % terhadap Hg⁺.
2. Membran dengan komposisi 1:5 mampu mengadsorpsi secara optimal logam bermuatan +2 dan +3. Kapasitas membran terhadap ion Ca⁺², Fe⁺², Al⁺³ dan Fe⁺³ masing-masing sebesar 19,2821 mg/cm³, 12,1190 mg/cm³, 21,4711 mg/cm³ dan 12, 8788 mg/cm³. Aktifitas membran terhadap kation tersebut berturut-turut adalah 72,3077 %; 45,4464 %; 80, 5166 % dan 48,2955 %.
3. Selektifitas membran campuran Poly(vinyl Alkohol)-sulfonasi dan serbuk kayu Jati terhadap logam bermuatan +1, +2 dan +3 yang diuji adalah Na⁺ > Al⁺³ > Ca⁺² > Fe⁺³ > Fe⁺² > Hg⁺.

5.2 Saran

Mengacu pada aplikasi dari membran campuran Poly(vinyl alkohol)-sulfonasi dan serbuk kayu Jati maka perlu dilakukan uji kapasitas dan selektifitas terhadap beberapa ion logam bermuatan +1, +2 dan +3 secara bersamaan.

DAFTAR PUSTAKA

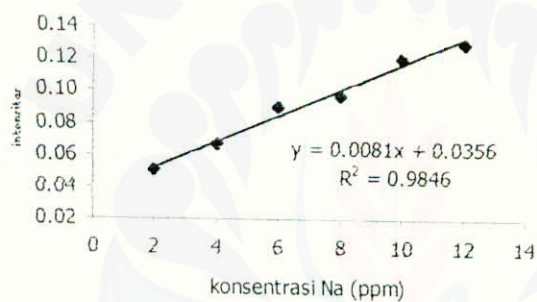
- Alloway B.J. 1995. **Heavy Metal in Soils**. London: Chapman and Hall Blackie Academic and Professional.
- Alberty R.A, P. Bender, J.H. Mattheus, F. Daniels. 1956. **Experimental Physical Chemistry 5th edition**. Tokyo: Kogakusha Company Ltd.
- Alberty R.A, F. Daniels. 1987. **Kimia Fisika Jilid 1 edisi 5**. Terjemahan: Surdia N.M dari **Physical Chemistry 5th edition**. Jakarta: Erlangga
- Baird Collin. 1995. **Environmental Chemistry**. New York: WH Freeman and Company.
- Basset J., R.C. Denney, G.H. Jeffery, J. Mendham. 1994. **Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik**. Terjemahan: Hadyana Pudjaatmaka dan Setiono dari **Textbook of Quantitatif Inorganik Analysis Including Elementary Instrumental Analysis**. Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Billmeyer F. W. 1991. **Text Book of Polymer Science. 2nd edition**. New York: John Willey and Sons.
- Cotton F. A, G. Wilkinson. 1989. **Kimia Anorganik Dasar**. Terjemahan: Sahati Suharto dari **Basic Inorganic Chemistry** (1976). Jakarta: UI Press.
- Cowd.M.A.1991. **Kimia Polimer**. Terjemahan: Harri Firman dari **Cowd, Polymer Chemistry**. Bandung : Penerbit ITB
- Dorfner Konrad. 1991. **Ion Exchanger**. New York: Walter de Gruyter Berlin.
- Fengel D, G. Wegener. 1995. **Kayu: Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi**. Terjemahan Hardjono Saatrohamidjono dari: **Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions** (1989). Yogyakarta: Gajahmada University Press.
- Fessenden, Fessenden. 1999. **Kimia Organik Edisi 3**. Terjemahan Aloysius Hadnyana dari **Organic Chemistry 3rd edition**. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Haygreen J.G, J. L Bowyer. 1986. **Hasil Hutan dan Ilmu Kayu, Suatu Pengantar**. Terjemahan Sutjipto Hadikusumo dari: **Forest Product and Wood Science, an Introduction**. Yogyakarta: Gajahmada University Press
- Hewit.C.N.1991. **Instrumental Analysis Pollutan**. New York :Elsevier Applied Science

- Johnson L.E, R. Stevenson. 1991. **Dasar Kromatografi Cair**. Terjemahan Kosasih Padmawinata dari: **Basic Liquid Chromatography**. Bandung: Penerbit ITB
- Khopkar S. M. 1990. **Konsep Dasar Kimia Analitik**. Terjemahan: A. Saptoraharjo dari **Basic Concepts of Analytical Chemistry** (1985). Jakarta: UI Press.
- Mark F.H, Donal John F.H. 1968 **Encyclopedia of Chemical Technology 2nd edition, Volume 19**. New York: John Willey and Sons.
- Prayitno T.A. 1990. **Extender dan Filler Pada Perakatan Kayu**. Duta Rimba edisi 77-78/XII.
- Saunders K.J .1994. **Organic Polymer Chemistry 2nd edition**. London: Black Academic and Profesional. Chapman and Hall.
- Sharpe A.G. 1992. **Inorganic Chemistry 3rd edition**. Singapura: Longman Group Ltd
- Sjostrom Eero. 1995. **Kimia Kayu: Dasar-dasar dan Penggunaan**. Terjemahan Hardjono Sastrohamidjono dari **Wood Chemistry: Fundamentals and Applications**. (1993). Yogyakarta: Gajahmada University Press.
- Stecher Paul G(ed). 1960. **The Merck Index of Chemical and Drugs. 7th edition**. USA: Merck & Co Inc.
- Sukamto. 2002. **Studi Sifat Membran Poly(vinyl Alkohol) tersulfonasi dalam Adsorpsi Logam Bermuatan +1, +2 dan +3**. Jember: Fakultas MIPA Universitas Jember
- Sukardjo.1990. **Ikatan Kimia**. Jogjakarta: Rineka Cipta
- Sumarni Elni.2002. **Studi Optimasi Parameter Sulfonasi Poly(vinyl Alkohol)**. Jember: Fakultas MIPA Universitas Jember
- Surdia Tata, Shiroku Saita.1999. **Pengetahuan Bahan Teknik**. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Wadda Tamaki, Tadasi Uragami, Mizudo Sugihara. 1985. **Studies on Syntheses and Permeabilities of Species Polymer Membran**. Polimer Bulletin.
- _____ 1996. **Poly(vinyl Alkohol)/PVOH for Paper Application**. Recent Publication Homepage available: <http://www.airproducts.com/chemical/pvoh.pop.html>

LAMPIRAN

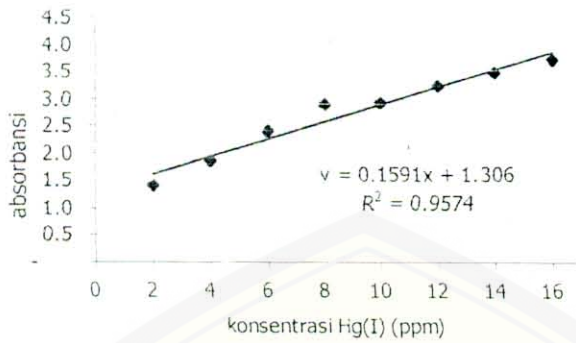
Lampiran 1. Kalibrasi Na⁺Data Kalibrasi Na⁺

Konsentrasi Na ⁺ (ppm)	Intensitas			Rata-rata
	1	2	3	
2	0.05	0.05	0.05	0.0500
4	0.07	0.07	0.06	0.0667
6	0.09	0.09	0.09	0.0900
8	0.1	0.09	0.1	0.0967
10	0.12	0.12	0.12	0.1200
12	0.13	0.13	0.13	0.1300

Grafik Kalibrasi Na⁺Lampiran 2. Kalibrasi Hg⁺Data Kalibrasi Hg⁺ pada $\lambda = 499$ nm

Konsentrasi Hg ⁺ (ppm)	Absorbansi				Rata-rata
	1	2	3	4	
2	1.409	1.411	1.410	1.411	1.410
4	1.852	1.853	1.852	1.850	1.852
6	2.416	2.419	2.417	2.416	2.417
8	2.871	2.872	2.872	2.870	2.871
10	2.976	2.980	2.981	2.800	2.934
12	3.237	3.251	3.225	3.221	3.234
14	3.467	3.468	3.471	3.469	3.4688
16	3.692	3.702	3.748	3.711	3.7133

Kurva kalibrasi Hg⁺

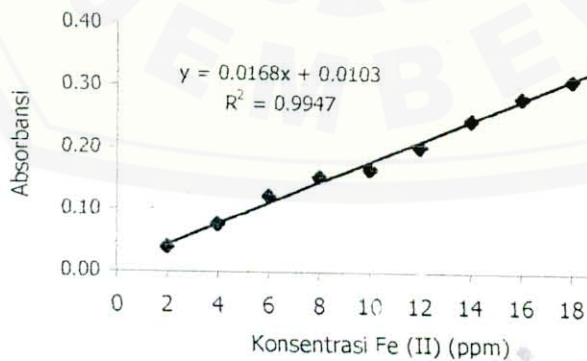


Lampiran 3. Kalibrasi Fe⁺²

Data Kalibrasi Fe⁺² pada $\lambda=511$ nm

Konsentrasi Fe ⁺² (ppm)	Absorbansi			Rata-rata
	1	2	3	
2	0.041	0.040	0.040	0.040
4	0.078	0.077	0.077	0.077
6	0.121	0.121	0.123	0.122
8	0.153	0.154	0.153	0.153
10	0.165	0.166	0.166	0.166
12	0.201	0.202	0.202	0.202
14	0.246	0.246	0.245	0.246
16	0.281	0.281	0.281	0.281
18	0.309	0.310	0.310	0.310
20	0.351	0.352	0.351	0.351

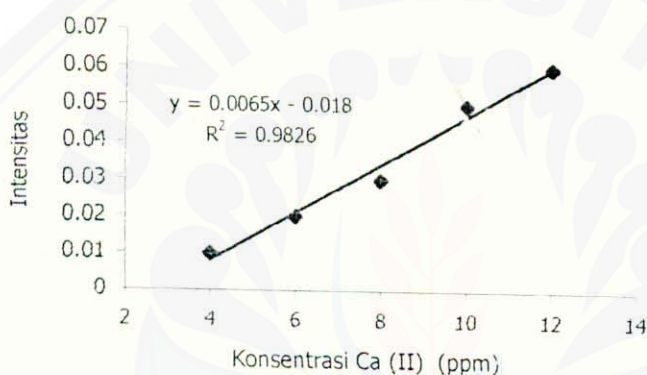
Kurva Kalibrasi Fe⁺²



Lampiran 4. Kalibrasi Ca^{+2}
Data Kalibrasi Ca^{+2}

Konsentrasi Ca^{+2} (ppm)	Intensitas			Rata-rata
	1	2	3	
2	0	0	0	0
4	0.01	0.01	0.01	0.01
6	0.02	0.02	0.02	0.02
8	0.03	0.030	0.030	0.03
10	0.05	0.050	0.050	0.05
12	0.06	0.060	0.060	0.06

Kurva Kalibrasi Ca^{+2}

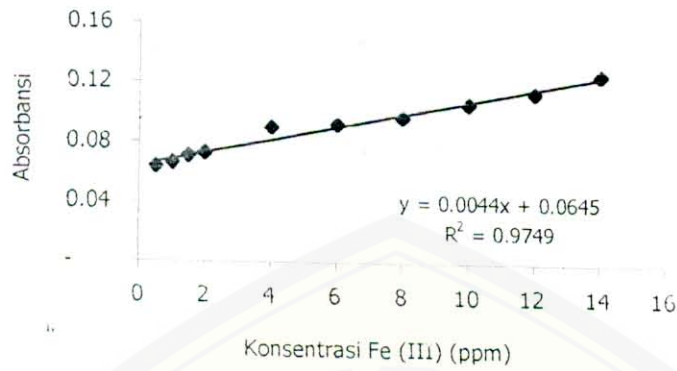


Lampiran 5. Kalibrasi Fe^{+3}

Data Kalibrasi Fe^{+3} pada $\lambda = 349 \text{ nm}$

Konsentrasi Fe^{+3} (ppm)	Absorbansi			Rata-rata
	1	2	3	
0.5	0.067	0.061	0.063	0.064
1	0.061	0.067	0.071	0.066
1.5	0.070	0.068	0.075	0.071
2	0.079	0.073	0.067	0.073
4	0.092	0.090	0.090	0.091
6	0.095	0.091	0.092	0.093
8	0.093	0.105	0.095	0.098
10	0.106	0.109	0.106	0.107
12	0.113	0.116	0.115	0.115
14	0.127	0.128	0.126	0.127

Kurva Kalibrasi Fe⁺³

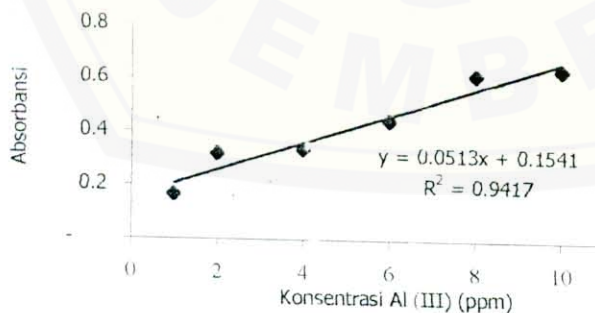


Lampiran 6. Kalibrasi Al⁺³

Data Kalibrasi Al⁺³ pada $\lambda = 511 \text{ nm}$

Konsentrasi Al ⁺³ (ppm)	Absorbansi			Rata-rata
	1	2	3	
1	0.166	0.163	0.163	0.164
2	0.318	0.319	0.317	0.318
4	0.332	0.336	0.336	0.335
6	0.445	0.443	0.444	0.444
8	0.615	0.621	0.614	0.617
10	0.637	0.639	0.640	0.639

Kurva Kalibrasi Al⁺³



Lampiran 7. Data Pengamatan Uji Kapasitas dan Aktifitas Na⁺

Membran T	intensitas Na ⁺					Rata-rata	SD	RSD	Kons. sisa	Kons. teradsorb	aktifitas membran	kapasitas membran	
	1	2	3	4	5								
1/2	5	0.09	0.09	0.09	0.08	0.09	0.088	0.004	0.0508	6.4691	13.5309	67.6543	18.0412
	10	0.08	0.09	0.08	0.09	0.09	0.086	0.005	0.0637	6.2222	13.7778	68.8889	18.3704
	15	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.086	0.005	0.0637	6.2222	13.7778	68.8889	18.3704
	60	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.082	0.004	0.0545	5.7284	14.2716	71.3580	19.0288
	100	0.08	0.07	0.07	0.07	0.08	0.074	0.005	0.0740	4.7407	15.2593	76.2963	20.3457
	120	0.07	0.07	0.08	0.08	0.07	0.074	0.005	0.0740	4.7407	15.2593	76.2963	20.3457
1/3	5	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.088	0.004	0.0508	6.4691	13.5309	67.6543	18.0412
	10	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.088	0.004	0.0508	6.4691	13.5309	67.6543	18.0412
	15	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.086	0.005	0.0637	6.2222	13.7778	68.8889	18.3704
	60	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.078	0.004	0.0573	5.2345	14.7654	73.8272	19.6872
	100	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.072	0.004	0.0621	4.4938	15.5062	77.5309	20.6749
	120	0.07	0.08	0.07	0.07	0.07	0.072	0.004	0.0621	4.4938	15.5062	77.5309	20.6749
1/4	5	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	0.086	0.005	0.0637	6.2222	13.7778	68.8889	18.3704
	10	0.09	0.08	0.09	0.08	0.08	0.084	0.005	0.0652	5.9753	14.0247	70.1235	18.6996
	15	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.082	0.004	0.0545	5.7284	14.2716	71.3580	19.0288
	60	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.074	0.005	0.0740	4.7407	15.2593	76.2963	20.3457
	100	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.072	0.004	0.0621	4.4938	15.5062	77.5309	20.6749
	120	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.072	0.004	0.0621	4.4938	15.5062	77.5309	20.6749
1/5	5	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.082	0.004	0.0545	5.7284	14.2716	71.3580	19.0288
	10	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.082	0.004	0.0545	5.7284	14.2716	71.3580	19.0288
	15	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.082	0.004	0.0545	5.7284	14.2716	71.3580	19.0288
	60	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.074	0.005	0.0740	4.7407	15.2593	76.2963	20.3457
	100	0.06	0.05	0.07	0.07	0.07	0.066	0.005	0.0830	3.7531	16.2469	81.2346	21.6626
	120	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.066	0.005	0.0830	3.7531	16.2469	81.2346	21.6626

1/6	5	0.08	0.08	0.08	0.07	0.08	0.078	0.004	0.0573	5.2346	14.7654	73.8272	19.6872
	10	0.08	0.08	0.07	0.07	0.08	0.076	0.005	0.0721	4.9877	15.0123	75.0617	20.0165
	15	0.07	0.08	0.07	0.07	0.08	0.074	0.005	0.0740	4.7407	15.2593	76.2963	20.3457
	60	0.07	0.07	0.06	0.06	0.07	0.066	0.005	0.0830	3.7531	16.2469	81.2346	21.6626
	100	0.06	0.06	0.05	0.06	0.07	0.060	0.007	0.1179	3.0123	16.9877	84.9383	22.6502
	120	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.058	0.004	0.0771	2.7654	17.2346	86.1728	22.9794
1/7	5	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.084	0.005	0.0652	5.9753	14.0247	70.1235	18.6996
	10	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.082	0.004	0.0545	5.7284	14.2716	71.3580	19.0288
	15	0.08	0.08	0.08	0.09	0.07	0.080	0.007	0.0884	5.4815	14.5185	72.5926	19.3580
	60	0.08	0.07	0.08	0.08	0.07	0.076	0.005	0.0721	4.9877	15.0123	75.0617	20.0165
	100	0.07	0.07	0.08	0.08	0.07	0.074	0.005	0.0740	4.7407	15.2593	76.2963	20.3457
	120	0.07	0.07	0.08	0.08	0.07	0.074	0.005	0.0740	4.7407	15.2593	76.2963	20.3457
1/8	5	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.088	0.004	0.0508	6.4691	13.5309	67.6543	18.0412
	10	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.086	0.005	0.0637	6.2222	13.7778	68.8889	18.3704
	15	0.08	0.09	0.09	0.08	0.08	0.084	0.005	0.0652	5.9753	14.0247	70.1235	18.6996
	60	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.078	0.004	0.0573	5.2346	14.7654	73.8272	19.6872
	100	0.07	0.08	0.08	0.08	0.07	0.076	0.005	0.0721	4.9877	15.0123	75.0617	20.0165
	120	0.07	0.08	0.08	0.08	0.07	0.076	0.005	0.0721	4.9877	15.0123	75.0617	20.0165

Lampiran 8. Data Pengamatan Uji Kapasitas dan Aktifitas Hg⁺

membran	T	absorbansi Hg ⁺					Rata-rata	SD	RSD	Kons. sisa	Kons. teradsorp	aktifitas membran	kapasitas membran
		1	2	3	4	5							
1/2	5	3.751	3.580	3.732	3.678	3.728	3.6938	0.0691	0.0187	15.0082	4.9918	24.9591	6.6558
	10	3.682	3.670	3.657	3.592	3.588	3.6378	0.0445	0.0122	14.6562	5.3438	26.7190	7.1251
	15	3.591	3.534	3.635	3.573	3.479	3.5624	0.0591	0.0166	14.1823	5.8177	29.0886	7.7570
	60	3.592	3.525	3.577	3.530	3.47	3.5388	0.0482	0.0136	14.0339	5.9661	29.8303	7.9547
	100	3.516	3.493	3.550	3.550	3.522	3.5262	0.0243	0.0069	13.9547	6.0453	30.2263	8.0603
	120	3.511	3.474	3.528	3.530	3.476	3.5038	0.0273	0.0078	13.8140	6.1860	30.9302	8.2481
1/3	5	3.75	3.732	3.612	3.675	3.79	3.7118	0.0695	0.0187	15.1213	4.8787	24.3935	6.5049
	10	3.715	3.656	3.598	3.652	3.65	3.6542	0.0415	0.0114	14.7593	5.2407	26.2036	6.9876
	15	3.673	3.652	3.576	3.598	3.573	3.6144	0.0456	0.0126	14.5091	5.4909	27.4544	7.3212
	60	3.523	3.575	3.569	3.552	3.629	3.5696	0.0389	0.0109	14.2275	5.7725	28.8624	7.6966
	100	3.523	3.57	3.583	3.458	3.517	3.5302	0.0495	0.0140	13.9799	6.0201	30.1006	8.0268
	120	3.523	3.479	3.512	3.513	3.551	3.5156	0.0258	0.0073	13.8881	6.1119	30.5594	8.1492
1/4	5	3.679	3.677	3.703	3.713	3.548	3.664	0.0667	0.0182	14.8209	5.1791	25.8957	6.9055
	10	3.674	3.588	3.702	3.657	3.546	3.6334	0.0644	0.0177	14.6285	5.3715	26.8573	7.1620
	15	3.67	3.525	3.7	3.646	3.537	3.6156	0.0797	0.0220	14.5167	5.4833	27.4167	7.3111
	60	3.627	3.487	3.599	3.661	3.533	3.5814	0.0707	0.0197	14.3017	5.6983	28.4915	7.5977
	100	3.433	3.439	3.555	3.492	3.457	3.4752	0.0502	0.0144	13.6342	6.3658	31.8290	8.4877
	120	3.432	3.413	3.494	3.4755	3.482	3.4593	0.0349	0.0101	13.5343	6.4657	32.3287	8.6210
1/5	5	3.575	3.618	3.629	3.554	3.564	3.588	0.0335	0.0093	14.3432	5.6568	28.2841	7.5424
	10	3.568	3.612	3.622	3.578	3.459	3.5678	0.0649	0.0182	14.2162	5.7838	28.9189	7.7117
	15	3.579	3.545	3.62	3.573	3.447	3.5528	0.0649	0.0183	14.1219	5.8781	29.3903	7.8374
	60	3.416	3.52	3.457	3.485	3.419	3.4594	0.0443	0.0128	13.5349	6.4651	32.3256	8.6202
	100	3.411	3.493	3.477	3.421	3.422	3.4448	0.0374	0.0109	13.4431	6.5569	32.7844	8.7425
	120	3.41	3.486	3.468	3.389	3.393	3.4292	0.0448	0.0131	13.3451	6.6549	33.2747	8.8732

1/6	5	3.697	3.481	3.498	3.722	3.694	3.6184	0.1183	0.0327	14.5343	5.4657	27.3287	7.2877
	10	3.555	3.486	3.474	3.67	3.582	3.5534	0.0795	0.0224	14.1257	5.8743	29.3715	7.8324
	15	3.523	3.475	3.392	3.576	3.539	3.501	0.0709	0.0203	13.7964	6.2036	31.0182	8.2715
	60	3.275	3.371	3.279	3.273	3.372	3.314	0.0525	0.0159	12.6210	7.3790	36.8950	9.8387
	100	3.184	3.197	3.051	3.093	3.058	3.1166	0.0695	0.0223	11.3803	8.6197	43.0987	11.4930
	120	3.131	3.163	2.99	2.989	3.037	3.062	0.0808	0.0264	11.0371	8.9629	44.8146	11.9506
1/7	5	3.617	3.712	3.577	3.734	3.689	3.6658	0.0663	0.0181	14.8322	5.1678	25.8391	6.8904
	10	3.613	3.676	3.572	3.724	3.7	3.657	0.0630	0.0172	14.7769	5.2231	26.1157	6.9642
	15	3.579	3.642	3.568	3.628	3.59	3.6014	0.0320	0.0089	14.4274	5.5726	27.8630	7.4301
	60	3.496	3.573	3.546	3.647	3.579	3.5682	0.0549	0.0154	14.2187	5.7813	28.9063	7.7084
	100	3.487	3.568	3.532	3.621	3.576	3.5568	0.0503	0.0141	14.1471	5.8529	29.2646	7.8039
	120	3.461	3.559	3.532	3.619	3.575	3.5492	0.0585	0.0165	14.0993	5.9007	29.5035	7.8676
1/8	5	3.742	3.713	3.694	3.702	3.597	3.6896	0.0549	0.0149	14.9818	5.0182	25.0911	6.6910
	10	3.732	3.713	3.627	3.658	3.677	3.6814	0.0421	0.0114	14.9302	5.0698	25.3488	6.7597
	15	3.696	3.637	3.548	3.634	3.57	3.617	0.0589	0.0163	14.5255	5.4745	27.3727	7.2994
	60	3.677	3.649	3.552	3.651	3.568	3.6194	0.0556	0.0154	14.5405	5.4595	27.2973	7.2793
	100	3.611	3.638	3.549	3.589	3.559	3.5892	0.0367	0.0102	14.3507	5.6493	28.2464	7.5324
	120	3.596	3.638	3.539	3.59	3.556	3.5838	0.0384	0.0107	14.3168	5.6832	28.4161	7.5776

Lampiran 9. Data Pengamatan Uji Kapasitas dan Aktifitas Ca⁺²

Membran	T	intensitas Ca ⁺²					Rata-rata	SD	RSD	kons. sisa	Kons. teradsorp	aktifitas membran	kapasitas membran
		1	2	3	4	5							
1/2	5	0.06	0.05	0.05	0.06	0.05	0.054	0.0055	0.1014	11.0769	8.9231	44.6154	11.8974
	10	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.046	0.0055	0.1191	9.8462	10.1538	50.7692	13.5385
	15	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.044	0.0055	0.1245	9.5385	10.4615	52.3077	13.9487
	60	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.042	0.0045	0.1065	9.2308	10.7692	53.8462	14.3590
	100	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.038	0.0045	0.1177	8.6154	11.3846	56.9231	15.1795
	120	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.036	0.0055	0.1521	8.3077	11.6923	58.4615	15.5897
1/3	5	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.052	0.0045	0.0860	10.7692	9.2308	46.1538	12.3077
	10	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.048	0.0045	0.0932	10.1538	9.8462	49.2308	13.1282
	15	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.046	0.0055	0.1191	9.8462	10.1538	50.7692	13.5385
	60	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.044	0.0055	0.1245	9.5385	10.4615	52.3077	13.9487
	100	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.034	0.0055	0.1611	8.0000	12.0000	60.0000	16.0000
	120	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.032	0.0045	0.1398	7.6923	12.3077	61.5385	16.4103
1/4	5	0.06	0.05	0.05	0.05	0.06	0.054	0.0055	0.1014	11.0769	8.9231	44.6154	11.8974
	10	0.06	0.05	0.04	0.05	0.05	0.050	0.0071	0.1414	10.4615	9.5385	47.6923	12.7179
	15	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.046	0.0055	0.1191	9.8462	10.1538	50.7692	13.5385
	60	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.044	0.0055	0.1245	9.5385	10.4615	52.3077	13.9487
	100	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.036	0.0055	0.1521	8.3077	11.6923	58.4615	15.5897
	120	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.034	0.0055	0.1611	8.0000	12.0000	60.0000	16.0000
1/5	5	0.05	0.05	0.05	0.07	0.05	0.054	0.0089	0.1656	11.0769	8.9231	44.6154	11.8974
	10	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.048	0.0045	0.0932	10.1538	9.8462	49.2308	13.1282
	15	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04	0.046	0.0055	0.1191	9.8462	10.1538	50.7692	13.5385
	60	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.038	0.0045	0.1177	8.6154	11.3846	56.9231	15.1795
	100	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.022	0.0045	0.2033	6.1538	13.8462	69.2308	18.4615
	120	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.018	0.0045	0.2485	5.5385	14.4615	72.3077	19.2821

1/6	5	0.07	0.06	0.06	0.05	0.07	0.062	0.0084	0.1349	12.3077	7.6923	38.4615	10.2564
	10	0.07	0.05	0.06	0.05	0.07	0.060	0.0100	0.1667	12.0000	8.0000	40.0000	10.6667
	15	0.06	0.05	0.05	0.04	0.06	0.052	0.0084	0.1609	10.7692	9.2308	46.1538	12.3077
	60	0.06	0.05	0.05	0.04	0.05	0.050	0.0071	0.1414	10.4615	9.5385	47.6923	12.7179
	100	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.044	0.0055	0.1245	9.5385	10.4615	52.3077	13.9487
	120	0.04	0.04	0.05	0.03	0.04	0.040	0.0071	0.1768	8.9231	11.0769	55.3846	14.7692
1/7	5	0.07	0.06	0.07	0.06	0.06	0.064	0.0055	0.0856	12.6154	7.3846	36.9231	9.8462
	10	0.07	0.06	0.06	0.05	0.06	0.060	0.0071	0.1179	12.0000	8.0000	40.0000	10.6667
	15	0.06	0.05	0.06	0.05	0.05	0.054	0.0055	0.1014	11.0769	8.9231	44.6154	11.8974
	60	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.048	0.0045	0.0932	10.1538	9.8462	49.2308	13.1282
	100	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.048	0.0045	0.0932	10.1538	9.8462	49.2308	13.1282
	120	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.038	0.0045	0.1177	8.6154	11.3846	56.9231	15.1795
1/8	5	0.05	0.07	0.07	0.07	0.06	0.064	0.0089	0.1398	12.6154	7.3846	36.9231	9.8462
	10	0.05	0.07	0.06	0.06	0.06	0.060	0.0071	0.1179	12.0000	8.0000	40.0000	10.6667
	15	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.056	0.0055	0.0978	11.3846	8.6154	43.0769	11.4872
	60	0.05	0.06	0.05	0.04	0.05	0.050	0.0071	0.1414	10.4615	9.5385	47.6923	12.7179
	100	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.044	0.0055	0.1245	9.5385	10.4615	52.3077	13.9487
	120	0.04	0.04	0.05	0.03	0.04	0.040	0.0071	0.1768	8.9231	11.0769	55.3846	14.7692

Lampiran 10. Data Pengamatan Uji Kapasitas dan Aktifitas Fe⁺²

Membran	T	Absorbansi Fe ⁺²					Rata-rata	SD	RSD	kons. sisa	kons. teradsorp	kapasitas membran	aktifitas membran
		1	2	3	4	5							
1/2	5	0.35	0.338	0.341	0.332	0.331	0.3384	0.0077	0.0228	19.5298	0.4702	0.6270	2.3512
	10	0.345	0.337	0.331	0.332	0.332	0.3354	0.0059	0.0175	19.3512	0.6488	0.8651	3.2440
	15	0.33	0.328	0.324	0.328	0.33	0.328	0.0024	0.0075	18.9107	1.0893	1.4524	5.4464
	60	0.31	0.311	0.309	0.311	0.31	0.3102	0.0008	0.0027	17.8512	2.1488	2.8651	10.7440
	100	0.308	0.304	0.302	0.303	0.305	0.3044	0.0023	0.0076	17.5060	2.4940	3.3254	12.4702
	120	0.3	0.301	0.3	0.302	0.303	0.3012	0.0013	0.0043	17.3155	2.6845	3.5794	13.4226
1/3	5	0.349	0.327	0.335	0.325	0.326	0.3324	0.0101	0.0304	19.1726	0.8274	1.1032	4.1369
	10	0.337	0.311	0.323	0.309	0.312	0.3184	0.0117	0.0369	18.3393	1.6607	2.2143	8.3036
	15	0.298	0.295	0.302	0.296	0.299	0.298	0.0027	0.0092	17.1250	2.8750	3.9333	14.3750
	60	0.295	0.294	0.289	0.296	0.297	0.2942	0.0031	0.0106	16.8988	3.1012	4.1349	15.5060
	100	0.293	0.293	0.287	0.294	0.295	0.2924	0.0031	0.0107	16.7917	3.2083	4.2778	16.0417
	120	0.293	0.292	0.286	0.294	0.295	0.292	0.0035	0.0121	16.7679	3.2321	4.3095	16.1607
1/4	5	0.301	0.309	0.317	0.305	0.303	0.307	0.0063	0.0206	17.6607	2.3393	3.1190	11.6964
	10	0.289	0.297	0.311	0.294	0.291	0.2964	0.0087	0.0294	17.0298	2.9702	3.9603	14.8512
	15	0.283	0.297	0.311	0.294	0.292	0.2954	0.0102	0.0344	16.9702	3.0298	4.0397	15.1488
	60	0.27	0.269	0.288	0.291	0.279	0.2794	0.0101	0.0360	16.0179	3.9821	5.3095	19.9107
	100	0.268	0.268	0.265	0.29	0.279	0.274	0.0104	0.0380	15.6964	4.3036	5.7381	21.5179
	120	0.268	0.268	0.265	0.287	0.278	0.2732	0.0091	0.0335	15.6488	4.3512	5.8016	21.7560
1/5	5	0.29	0.288	0.291	0.292	0.281	0.2884	0.0044	0.0152	16.5536	3.4464	4.5952	17.2321
	10	0.278	0.275	0.273	0.285	0.273	0.2768	0.0050	0.0181	15.8631	4.1369	5.5159	20.6845
	15	0.263	0.26	0.267	0.261	0.268	0.2638	0.0056	0.0135	15.0893	4.9107	6.5476	24.5536
	60	0.244	0.24	0.245	0.247	0.239	0.243	0.0034	0.0140	13.8512	6.1488	8.1984	30.7440
	100	0.197	0.195	0.199	0.201	0.198	0.198	0.0022	0.0113	11.1726	8.8274	11.7698	44.1369
	120	0.194	0.19	0.195	0.195	0.194	0.1936	0.0021	0.0107	10.9107	9.0893	12.1190	45.4464

1/6	5	0.299	0.298	0.291	0.305	0.297	0.298	0.0050	0.0168	17.1250	2.8750	3.8333	14.3750
	10	0.284	0.281	0.285	0.281	0.289	0.284	0.0033	0.0117	16.2917	3.7083	4.9444	18.5417
	15	0.274	0.277	0.268	0.275	0.274	0.2736	0.0034	0.0123	15.6726	4.3274	5.7698	21.6369
	60	0.251	0.253	0.25	0.255	0.252	0.2522	0.0019	0.0076	14.3988	5.6012	7.4683	28.0060
	100	0.234	0.216	0.224	0.225	0.223	0.2244	0.0064	0.0286	12.7440	7.2560	9.6746	36.2798
	120	0.22	0.218	0.217	0.218	0.223	0.2192	0.0024	0.0109	12.4345	7.5655	10.0873	37.8274
1/7	5	0.297	0.298	0.293	0.307	0.299	0.2988	0.0051	0.0171	17.1726	2.8274	3.7698	14.1369
	10	0.281	0.279	0.285	0.283	0.289	0.2834	0.0038	0.0136	16.2560	3.7440	4.9921	18.7202
	15	0.276	0.279	0.268	0.275	0.272	0.274	0.0042	0.0153	15.6964	4.3036	5.7381	21.5179
	60	0.253	0.251	0.253	0.251	0.257	0.253	0.0024	0.0097	14.4464	5.5536	7.4048	27.7679
	100	0.221	0.231	0.227	0.22	0.218	0.2234	0.0054	0.0242	12.6845	7.3155	9.7540	36.5774
	120	0.219	0.22	0.221	0.219	0.218	0.2194	0.0011	0.0052	12.4464	7.5536	10.0714	37.7679
1/8	5	0.335	0.336	0.337	0.349	0.345	0.3404	0.0062	0.0183	19.6488	0.3512	0.4683	1.7560
	10	0.332	0.329	0.335	0.349	0.344	0.3378	0.0084	0.0249	19.4940	0.5060	0.6746	2.5298
	15	0.332	0.329	0.331	0.345	0.342	0.3358	0.0072	0.0214	19.3750	0.6250	0.8333	3.1250
	60	0.299	0.305	0.297	0.311	0.301	0.3026	0.0055	0.0183	17.3988	2.6012	3.4683	13.0060
	100	0.281	0.282	0.288	0.286	0.283	0.284	0.0029	0.0103	16.2917	3.7083	4.9444	18.5417
	120	0.28	0.281	0.287	0.285	0.28	0.2826	0.0032	0.0114	16.2083	3.7917	5.0556	18.9583

Lampiran 11. Data Pengamatan Uji Kapasitas dan Aktifitas Al³⁺

Membran	T	Absorbansi Al ³⁺					rata-rata	SD	RSD	Kons. sisa	Kons. teradsorp	kapasitas membran	aktifitas membran
		1	2	3	4	5							
1/2	5	0.636	0.633	0.633	0.627	0.601	0.626	0.0144	0.0229	9.1988	10.8012	14.4016	54.0058
	10	0.63	0.629	0.626	0.625	0.592	0.6204	0.0160	0.0258	9.0897	10.9103	14.5471	54.5517
	15	0.621	0.619	0.623	0.617	0.591	0.6142	0.0132	0.0214	8.9688	11.0312	14.7083	55.1559
	60	0.602	0.607	0.597	0.595	0.589	0.598	0.0069	0.0115	8.6530	11.3470	15.1293	56.7349
	100	0.588	0.601	0.588	0.593	0.587	0.5914	0.0059	0.0099	8.5244	11.4756	15.3008	57.3782
	120	0.587	0.594	0.587	0.589	0.582	0.5878	0.0043	0.0074	8.4542	11.5458	15.3944	57.7290
1/3	5	0.637	0.621	0.635	0.625	0.629	0.6294	0.0067	0.0106	9.2651	10.7349	14.3132	53.6745
	10	0.633	0.625	0.63	0.611	0.627	0.6252	0.0085	0.0136	9.1832	10.8168	14.4224	54.0838
	15	0.63	0.625	0.631	0.611	0.627	0.6248	0.0081	0.0129	9.1754	10.8246	14.4327	54.1228
	60	0.589	0.587	0.593	0.601	0.601	0.5942	0.0066	0.0111	8.5789	11.4211	15.2281	57.1053
	100	0.589	0.588	0.592	0.6	0.601	0.594	0.0061	0.0103	8.5750	11.4250	15.2333	57.1248
	120	0.587	0.585	0.593	0.597	0.589	0.5902	0.0048	0.0082	8.5010	11.4990	15.3320	57.4951
1/4	5	0.536	0.529	0.557	0.528	0.541	0.5382	0.0118	0.0219	7.4873	12.5127	16.6836	62.5634
	10	0.533	0.527	0.553	0.521	0.541	0.535	0.0125	0.0233	7.4250	12.5750	16.7667	62.8752
	15	0.529	0.527	0.548	0.517	0.536	0.5314	0.0115	0.0216	7.3548	12.6452	16.8603	63.2261
	60	0.497	0.499	0.523	0.501	0.494	0.5028	0.0116	0.0230	6.7973	13.2027	17.6036	66.0136
	100	0.496	0.497	0.498	0.487	0.49	0.4936	0.0048	0.0098	6.6179	13.3821	17.8428	66.9103
	120	0.493	0.487	0.495	0.489	0.487	0.4902	0.0036	0.0074	6.5517	13.4483	17.9311	67.2417
1/5	5	0.499	0.537	0.517	0.549	0.483	0.517	0.0269	0.0521	7.0741	12.9259	17.2346	64.6296
	10	0.49	0.495	0.515	0.498	0.483	0.4962	0.0119	0.0241	6.6686	13.3314	17.7752	66.6569
	15	0.469	0.493	0.498	0.487	0.478	0.485	0.0116	0.0240	6.4503	13.5497	18.0663	67.7485
	60	0.397	0.392	0.401	0.412	0.417	0.4038	0.0104	0.0258	4.8674	15.1326	20.1767	75.6628
	100	0.365	0.359	0.361	0.365	0.369	0.3638	0.0039	0.0107	4.0877	15.9123	21.2164	79.5614
	120	0.355	0.357	0.353	0.356	0.349	0.354	0.0032	0.0089	3.8967	16.1033	21.4711	80.5166

1/6	5	0.515	0.497	0.517	0.486	0.522	0.5074	0.0152	0.0300	6.8869	13.1131	17.4841	65.5653
	10	0.487	0.492	0.499	0.482	0.514	0.4948	0.0124	0.0251	6.6413	13.3587	17.8116	66.7934
	15	0.474	0.477	0.487	0.482	0.496	0.4832	0.0087	0.0180	6.4152	13.5848	18.1131	67.9240
	60	0.449	0.475	0.482	0.468	0.482	0.4712	0.0137	0.0291	6.1813	13.8187	18.4250	69.0936
	100	0.437	0.431	0.442	0.438	0.429	0.4354	0.0053	0.0122	5.4834	14.5166	19.3554	72.5828
	120	0.432	0.431	0.439	0.438	0.43	0.4328	0.0036	0.0083	5.4318	14.5682	19.4243	72.8411
1/7	5	0.608	0.598	0.596	0.619	0.583	0.6008	0.0135	0.0225	8.7076	11.2924	15.0565	56.4620
	10	0.603	0.597	0.588	0.617	0.574	0.5958	0.0161	0.0270	8.6101	11.3899	15.1865	56.9493
	15	0.589	0.587	0.574	0.593	0.566	0.5818	0.0113	0.0195	8.3372	11.6628	15.5504	58.3138
	60	0.531	0.527	0.54	0.532	0.525	0.531	0.0058	0.0109	7.3470	12.6530	16.8707	63.2651
	100	0.529	0.521	0.537	0.53	0.523	0.528	0.0063	0.0120	7.2885	12.7115	16.9487	63.5575
	120	0.522	0.517	0.525	0.519	0.52	0.5206	0.0030	0.0059	7.1442	12.8558	17.1410	64.2788
1/8	5	0.634	0.629	0.627	0.607	0.589	0.6172	0.0188	0.0305	9.0273	10.9727	14.6303	54.8635
	10	0.632	0.621	0.618	0.597	0.588	0.6112	0.0181	0.0297	8.9103	11.0897	14.7862	55.4483
	15	0.618	0.611	0.598	0.588	0.575	0.598	0.0173	0.0289	8.6530	11.3470	15.1293	56.7349
	60	0.602	0.597	0.589	0.58	0.567	0.587	0.0139	0.0238	8.4386	11.5614	15.4152	57.8070
	100	0.578	0.581	0.577	0.576	0.569	0.5762	0.0044	0.0077	8.2281	11.7719	15.6959	58.8596
	120	0.58	0.579	0.577	0.575	0.569	0.576	0.0044	0.0076	8.2242	11.7758	15.7011	58.8791

Lampiran 12. Data Pengamatan Uji Kapasitas dan Aktifitas Fe⁺³

Membran	T	Absorbansi Fe ⁺³					rata-rata	SD	RSD	kons. sisa	kons. teradsorp	kapasitas membran	aktifitas membran
		1	2	3	4	5							
1/2	5	0.127	0.127	0.126	0.126	0.12	0.1252	0.0029	0.0236	13.7955	6.2045	8.2727	31.0227
	10	0.125	0.126	0.124	0.125	0.123	0.1246	0.0011	0.0092	13.6591	6.3409	8.4545	31.7045
	15	0.123	0.117	0.118	0.119	0.121	0.1196	0.0024	0.0201	12.5227	7.4773	9.9697	37.3864
	60	0.112	0.116	0.113	0.114	0.112	0.1134	0.0017	0.0148	11.1136	8.8864	11.8485	44.4318
	100	0.112	0.115	0.112	0.114	0.112	0.113	0.0014	0.0125	11.0227	8.9773	11.9697	44.8864
1/3	120	0.112	0.114	0.112	0.113	0.112	0.1126	0.0009	0.0079	10.9318	9.0682	12.0909	45.3409
	5	0.127	0.118	0.125	0.127	0.126	0.1246	0.0038	0.0303	13.6591	6.3409	8.4545	31.7045
	10	0.118	0.118	0.126	0.123	0.123	0.1216	0.0035	0.0288	12.9773	7.0227	9.3636	35.1136
	15	0.116	0.118	0.116	0.115	0.114	0.1158	0.0015	0.0128	11.6591	8.3409	11.1212	41.7045
	60	0.112	0.113	0.115	0.114	0.114	0.1136	0.0011	0.01	11.1591	8.8409	11.7879	44.2045
1/4	100	0.112	0.113	0.113	0.114	0.115	0.1134	0.0011	0.0101	11.1136	8.8864	11.8485	44.4318
	120	0.112	0.112	0.113	0.113	0.114	0.1128	0.0008	0.0074	10.9773	9.0227	12.0303	45.1136
	5	0.119	0.123	0.127	0.118	0.126	0.1226	0.004	0.0329	13.2045	6.7955	9.0606	33.9773
	10	0.118	0.125	0.12	0.118	0.119	0.12	0.0029	0.0243	12.6136	7.3864	9.8485	36.9318
	15	0.117	0.118	0.118	0.116	0.117	0.1172	0.0008	0.0071	11.9773	8.0227	10.6970	40.1136
1/5	60	0.116	0.116	0.117	0.116	0.117	0.1164	0.0005	0.0047	11.7955	8.2045	10.9394	41.0227
	100	0.112	0.11	0.115	0.112	0.114	0.1126	0.0019	0.0173	10.9318	9.0682	12.0909	45.3409
	120	0.112	0.11	0.114	0.112	0.114	0.1124	0.0017	0.0149	10.8864	9.1136	12.1515	45.5682
	5	0.123	0.117	0.125	0.121	0.119	0.121	0.0032	0.0261	12.8409	7.1591	9.5455	35.7955
	10	0.119	0.116	0.119	0.12	0.119	0.1186	0.0015	0.0128	12.2955	7.7045	10.2727	38.5227
1/5	15	0.117	0.116	0.118	0.119	0.118	0.1176	0.0011	0.0097	12.0682	7.9318	10.5758	39.6591
	60	0.115	0.114	0.114	0.118	0.116	0.1154	0.0017	0.0145	11.5682	8.4318	11.2424	42.1591
	100	0.109	0.111	0.11	0.11	0.113	0.1106	0.0015	0.0137	10.4773	9.5227	12.6970	47.6136
	120	0.109	0.11	0.109	0.11	0.112	0.11	0.0012	0.0111	10.3409	9.6591	12.8788	48.2955

1/6	5	0.125	0.119	0.117	0.119	0.123	0.1206	0.0033	0.0272	12.7500	7.2500	9.6667	36.2500
	10	0.124	0.119	0.117	0.119	0.123	0.1204	0.003	0.0246	12.7045	7.2955	9.7273	36.4773
	15	0.121	0.117	0.115	0.118	0.122	0.1186	0.0029	0.0243	12.2955	7.7045	10.2727	38.5227
	60	0.115	0.115	0.113	0.114	0.116	0.1146	0.0011	0.0099	11.3864	8.6136	11.4848	43.0682
	100	0.112	0.112	0.11	0.11	0.111	0.111	0.001	0.009	10.5682	9.4318	12.5758	47.1591
	120	0.111	0.113	0.11	0.11	0.11	0.1108	0.0013	0.0118	10.5227	9.4773	12.6364	47.3864
1/7	5	0.126	0.12	0.123	0.124	0.117	0.122	0.0035	0.029	13.0682	6.9318	9.2424	34.6591
	10	0.123	0.118	0.121	0.122	0.117	0.1202	0.0026	0.0215	12.6591	7.3409	9.7879	36.7045
	15	0.115	0.118	0.12	0.116	0.117	0.1172	0.0019	0.0164	11.9773	8.0227	10.6970	40.1136
	60	0.118	0.118	0.117	0.115	0.117	0.117	0.0012	0.0105	11.9318	8.0682	10.7576	40.3409
	100	0.112	0.113	0.109	0.112	0.114	0.112	0.0019	0.0167	10.7955	9.2045	12.2727	46.0227
	120	0.112	0.113	0.109	0.111	0.113	0.1116	0.0017	0.015	10.7045	9.2955	12.3939	46.4773
1/8	5	0.125	0.127	0.118	0.123	0.12	0.1226	0.0036	0.0297	13.2045	6.7955	9.0606	33.9773
	10	0.123	0.125	0.118	0.121	0.119	0.1212	0.0029	0.0236	12.8864	7.1136	9.4848	35.5682
	15	0.117	0.118	0.116	0.119	0.119	0.1178	0.0013	0.0111	12.1136	7.8864	10.5152	39.4318
	60	0.112	0.113	0.116	0.115	0.114	0.114	0.0016	0.0139	11.2500	8.7500	11.6667	43.7500
	100	0.11	0.109	0.114	0.112	0.112	0.1114	0.0019	0.0175	10.6591	9.3409	12.4545	46.7045
	120	0.11	0.109	0.113	0.112	0.112	0.1112	0.0016	0.0148	10.6136	9.3864	12.5152	46.9318

Waktu (T) dalam satuan menit
 Kapasitas membran dalam satuan mg/cm³
 Aktifitas membran dalam %

Lampiran 13. Data Berat Membran untuk Uji Kapasitas

ion	membran	berat sebelum perlakuan				rata-rata	berat setelah perlakuan			rata-rata
		1	2	3	1		2	3		
Na (I)	1/2	0.0428	0.0425	0.0434	0.0429	0.0399	0.0410	0.0401	0.0403	
	1/3	0.0375	0.0388	0.0373	0.0379	0.0377	0.0388	0.0373	0.0379	
	1/4	0.0368	0.0369	0.0371	0.0370	0.0360	0.0385	0.0372	0.0372	
	1/5	0.0366	0.0372	0.0369	0.0369	0.0366	0.0370	0.0367	0.0368	
	1/6	0.0371	0.0371	0.0369	0.0370	0.0368	0.0370	0.0269	0.0336	
	1/7	0.0359	0.0357	0.0365	0.0360	0.0358	0.0356	0.0364	0.0359	
	1/8	0.0359	0.0361	0.0342	0.0354	0.0351	0.0356	0.0341	0.0349	
	Hg (I)	1/2	0.0419	0.0423	0.0408	0.0417	0.0387	0.0392	0.0376	0.0385
Ca (II)	1/3	0.0378	0.0388	0.0379	0.0382	0.0680	0.0372	0.0364	0.0472	
	1/4	0.0368	0.0369	0.0371	0.0370	0.0366	0.0368	0.0356	0.0363	
	1/5	0.0366	0.0372	0.0369	0.0369	0.0365	0.0372	0.0357	0.0365	
	1/6	0.0372	0.0371	0.0369	0.0371	0.0367	0.0370	0.0365	0.0367	
	1/7	0.0359	0.0357	0.0365	0.0360	0.0358	0.0355	0.0353	0.0355	
	1/8	0.0359	0.0361	0.0342	0.0354	0.0342	0.0358	0.0331	0.0344	
	1/2	0.0418	0.0422	0.0409	0.0416	0.0398	0.0401	0.0387	0.0395	
	1/3	0.0377	0.0388	0.0380	0.0382	0.0369	0.0382	0.0376	0.0376	
Fe (II)	1/4	0.0368	0.0369	0.0371	0.0370	0.0367	0.0368	0.0365	0.0367	
	1/5	0.0369	0.0373	0.0371	0.0371	0.0369	0.0366	0.0369	0.0368	
	1/6	0.0377	0.0361	0.0369	0.0369	0.0375	0.0359	0.0358	0.0364	
	1/7	0.0359	0.0357	0.0365	0.0360	0.0358	0.0350	0.0357	0.0355	
	1/8	0.0362	0.0362	0.0369	0.0364	0.0359	0.0360	0.0357	0.0359	
	1/2	0.0424	0.0422	0.0411	0.0419	0.0402	0.0399	0.0403	0.0401	
	1/3	0.0388	0.0382	0.0370	0.0380	0.0387	0.0383	0.0369	0.0380	
	1/4	0.0378	0.0368	0.0380	0.0375	0.0376	0.0365	0.0378	0.0373	
Al (III)	1/5	0.0367	0.0374	0.0370	0.0370	0.0365	0.0372	0.0368	0.0368	
	1/6	0.0375	0.0376	0.0369	0.0373	0.0372	0.0370	0.0368	0.0370	
	1/7	0.0388	0.0356	0.0365	0.0370	0.0386	0.0352	0.0365	0.0368	
	1/8	0.0358	0.0383	0.0342	0.0361	0.0350	0.0378	0.0340	0.0356	
	1/2	0.0403	0.0414	0.0410	0.0409	0.0388	0.0379	0.0400	0.0389	
	1/3	0.0376	0.0389	0.0378	0.0381	0.0376	0.0384	0.0372	0.0377	
	1/4	0.0372	0.0369	0.0374	0.0372	0.0371	0.0362	0.0373	0.0369	
	1/5	0.0360	0.0368	0.0375	0.0368	0.0357	0.0358	0.0372	0.0362	
Fe (III)	1/6	0.0372	0.0371	0.0369	0.0371	0.0368	0.0367	0.0360	0.0365	
	1/7	0.0359	0.0357	0.0365	0.0360	0.0355	0.0352	0.0362	0.0356	
	1/8	0.0357	0.0365	0.0372	0.0365	0.0352	0.0364	0.0368	0.0361	
	1/2	0.0432	0.0420	0.0413	0.0422	0.0426	0.0401	0.0399	0.0409	
	1/3	0.0379	0.0380	0.0372	0.0377	0.0371	0.0372	0.0368	0.0370	
	1/4	0.0369	0.0374	0.0372	0.0372	0.0366	0.0365	0.0364	0.0365	
	1/5	0.0368	0.0378	0.0368	0.0371	0.0362	0.0367	0.0367	0.0365	
	1/6	0.0375	0.0377	0.0369	0.0374	0.0371	0.0362	0.0365	0.0366	
1/7	0.0365	0.0356	0.0374	0.0365	0.0359	0.0349	0.0372	0.0360		
1/8	0.0358	0.0369	0.0364	0.0364	0.0352	0.0357	0.0357	0.0355		

Lampiran 14. Data Penentuan Konstanta Adsorpsi Langmuir

ion	T	berat membran /m (x1000)	konsentrasi teradsorp	berat ion logam (x)	x/m	konsentrasi sisa (C)	C/(x/m)
Na (I)	5	0.0370	14.7654	0.59061	0.0160	5.2346	327.9291
	10	0.0370	15.0123	0.60045	0.0162	4.9877	307.3228
	15	0.0370	15.2593	0.61037	0.0165	4.7407	287.3754
	60	0.0370	16.2469	0.64987	0.0176	3.7531	213.6788
	100	0.0370	16.9877	0.67950	0.0184	3.0123	164.0232
	120	0.0370	17.2346	0.68938	0.0186	2.7654	148.4221
Hg (I)	5	0.0371	5.4657	0.21863	0.0059	14.5343	2466.3928
	10	0.0371	5.8743	0.23497	0.0063	14.1257	2230.3231
	15	0.0371	6.2036	0.27497	0.0067	13.7964	2062.6992
	60	0.0371	7.379	0.29516	0.0080	12.6210	1586.3908
	100	0.0371	8.6197	0.34478	0.0093	11.3803	1224.5471
	120	0.0371	8.9629	0.35851	0.0097	11.0371	1142.1426
Ca (II)	5	0.0369	8.9231	0.35692	0.0097	11.0769	1145.1671
	10	0.0369	9.8462	0.39384	0.0107	10.1538	951.3193
	15	0.0369	10.1538	0.40615	0.0110	9.8462	894.5537
	60	0.0369	11.3846	0.45538	0.0123	8.6154	698.1103
	100	0.0369	13.8462	0.55384	0.0150	6.1538	409.9956
	120	0.0369	14.4615	0.57846	0.0157	5.5385	353.3013
Fe (II)	5	0.037	3.4464	0.13785	0.0037	16.5536	4442.9201
	10	0.037	4.1369	0.16547	0.0045	15.8631	3546.9476
	15	0.037	4.9107	0.19642	0.0053	15.0893	2842.2837
	60	0.037	6.1488	0.24595	0.0066	13.8512	2083.7171
	100	0.037	8.8274	0.35309	0.0095	11.1726	1170.7473
	120	0.037	9.0893	0.36357	0.0098	10.9107	1110.3603
Al (III)	5	0.0368	12.9259	0.51703	0.0140	7.0741	503.4986
	10	0.0368	13.3314	0.53325	0.0145	6.6686	460.2001
	15	0.0368	13.5497	0.54198	0.0147	6.4503	437.9636
	60	0.0368	15.1326	0.60530	0.0164	4.8674	295.9180
	100	0.0368	15.9123	0.63649	0.0173	4.0877	236.3382
	120	0.0368	16.1033	0.64413	0.0175	3.8967	222.6229
Fe (III)	5	0.0371	7.1591	0.28636	0.0077	12.8409	1663.6078
	10	0.0371	7.7045	0.30818	0.0083	12.2955	1480.1838
	15	0.0371	7.9318	0.31727	0.0086	12.0682	1411.1873
	60	0.0371	8.4318	0.33727	0.0091	11.5682	1272.5047
	100	0.0371	9.5227	0.38090	0.0103	10.4773	1020.4769
	120	0.0371	9.6591	0.38636	0.0104	10.3409	992.9688

Lampiran 15. Data Prosentase Berat Membran Setelah Perlakuan

membran	berat membran rata-rata sebelum perlakuan						berat membran rata-rata setelah perlakuan						rata-rata		prosentase berat akhir (%)
	Na ⁺	Hg ⁺	Ca ⁺²	Fe ⁺²	Al ⁺³	Fe ⁺³	(a)	Na ⁺	Hg ⁺	Ca ⁺²	Fe ⁺²	Al ⁺³	Fe ⁺³	(b)	
1/2	0.0429	0.0417	0.0416	0.0419	0.0409	0.0422	0.0419	0.0403	0.0385	0.0395	0.0401	0.0389	0.0409	0.0397	94.8248
1/3	0.0379	0.0382	0.0382	0.038	0.0381	0.0377	0.0380	0.0379	0.0368	0.0376	0.038	0.0377	0.037	0.0375	98.6409
1/4	0.037	0.037	0.037	0.0375	0.0372	0.0372	0.0372	0.0372	0.0363	0.0367	0.0373	0.0369	0.0365	0.0368	99.1027
1/5	0.0369	0.0369	0.0371	0.037	0.0368	0.0371	0.0370	0.0368	0.0365	0.0368	0.0368	0.0362	0.0365	0.0366	99.0081
1/6	0.037	0.0371	0.0369	0.0373	0.0371	0.0374	0.0371	0.0369	0.0367	0.0364	0.037	0.0365	0.0366	0.0367	98.7882
1/7	0.036	0.0362	0.036	0.037	0.0361	0.0365	0.0363	0.0359	0.0355	0.0355	0.0368	0.0356	0.036	0.0359	98.8522
1/8	0.0354	0.0354	0.0364	0.0361	0.0365	0.0364	0.0360	0.0349	0.0344	0.0359	0.0356	0.0361	0.0355	0.0354	98.2424

