



STUDI SIFAT MEMBRAN POLI(VINYL ALKOHOL) TERSULFONASI DALAM MENGADSORPSI 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 :

SUKAMTO

NIM. 971810301062

Asal	Halaman	Kelas
	Pembelian	546-3
Terima Tol :	25 FEB 2002	Svk
No. Induk	0313	s
KLASIR / PENYALIN	1 daw	

S

C-1

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER

Februari, 2002

MOTTO :

"Hai orang-orang beriman, jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar"

(Al Baqoroh : 153)

" Berkatalah jujur walaupun terasa pahit rasanya"

" Di dalam kesulitan sesungguhnya ada kemudahan"

Karya Ilmiah Tertulis ini kupersembahkan untuk :

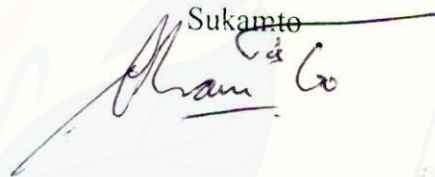
- ◆ Sembahanku, Allah SWT atas rahmat dan hidayahnya.
- ◆ Penuntun dan panutanku, Nabi Muhammad Saw.
- ◆ Orang yang paling kuhormati, Ayahanda Mu'sim dan ibunda Binti Salbiyah yang penuh kasih.
- ◆ Orang-orang yang membesarkan dan menyekolahkanku, Bulik Lasmiati, om Hernu dan mbak Genuk.
- ◆ Orang yang kusayangi. kakakku Purwanto, adikku Guminto, Hadi Pranoto, gus Gandu, dan gus Ganjar.
- ◆ The best of tim peneliti PVA arik, condro, and eel.
- ◆ Semua Sahabat-sahabatku Jurusan kimia.
- ◆ Almamaterku yang kujunjung tinggi.

DEKLARASI

Skripsi ini berisi hasil kerja/penelitian mulai bulai Juli 2001 sampai dengan bulan Desember 2001 dilaboratoium Kimia Organik dan Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia FMIPA UNEJ. Bersama ini saya menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri kecuali jika disebutkan sumbernya dan skripsi ini belum pernah diajukan pada institusi lain.

Jember, Pebruari 2002

Sukanto



Sukamto, Pebruari 2002, **Studi Sifat Membran poly(vinyl alkohol) Tersulfonasi Dalam Mengadsorpsi Logam Bermuatan +1, +2, dan +3**, Skripsi! Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember. Dosen Pembimbing Utama, Drs. Zulfikar, Ph.D. dan Dosen Pembimbing Anggota, Drs. Bambang Kuswandi, MSc. Ph.D.

Abstrak

Studi Sifat Membran poly(vinyl alkohol)-Tersulfonasi Dalam Mengadsorpsi Logam Bermuatan +1, +2, dan +3. Pembuatan membran dari polimer sintetik dapat dilakukan salah satunya dengan metode pembalik fasa. Untuk memperbaiki sifat dasar polimer dapat dilakukan dengan penambahan gugus cabang. Poly(vinyl alkohol) disulfonasi dengan H_2SO_4 agar diperoleh suatu membran yang bersifat asam sehingga dapat menghasilkan membran penukar kation yang kuat. Reaksi antara poly(vinyl alkohol) dengan H_2SO_4 Pekat menghasilkan poly(vinyl alkohol) tersulfonasi atau poly(vinyl hidrogen sulfat). Karakterisasi dasar membran dapat dilakukan dengan mengetahui kemampuan membran dalam mengadsorpsi ion logam. Adsorpsi membran penukar kation antara lain dipengaruhi temperatur, pH, dan waktu. Optimasi temperatur terhadap ion logam Na(I), Hg(I), Ca(II), Fe(II), Al(III), dan Fe(III) diperoleh kondisi temperatur optimum secara urut adalah 30, 50, 50, 40, 30, dan 30°C. pH optimum yang diperoleh masing-masing logam secara berurutan adalah pH 4, pH 8, pH 4, pH 7, pH 6, dan pH 6. Kapasitas dan selektifitas membran poly(vinyl alkohol)-tersulfonasi yang diperoleh adalah $Na^+ > Fe^{3+} > Al^{3+} > Ca^{2+} > Hg^+ > Fe^{2+}$.

Kata kunci : Poly(vinyl alkohol); poly(vinyl hidrogen sulfat); membran.; adsorpsi.

Skripsi ini diterima oleh Fakultas Matematik 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

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

Sekretaris

Drs. Bambang Kusvandi, MSc, Ph.D
NIP. 132 094 129

Anggota 1


Drs. Mukh. Mintadi, MSc
NIP. 131 945 804

Anggota 2

Dwi Indarti, S.Si, M.Si
NIP. 132 257 934

Mengesahkan
Dekan FMIPA UNEJ




Ir. Sumadi, MS
NIP. 130 368 784

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat, kurnia serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini. Kemudian sholawat serta salam penulis sampaikan kepada Nabi Besar Muhammad Saw, keluarga dan kerabat beliau.

Skripsi yang berjudul “STUDI SIFAT MEMBRAN POLI(VINYL ALKHOHOL) TERSULFONASI DALAM MENGADSORPSI LOGAM BERMUATAN +1, +2, DAN +3” ini diajukan untuk memenuhi persyaratan penyelesaian program sarjana sains jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Sehubungan dengan terselesainya penulisan tugas akhir ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih yang tiada terkira kepada bapak Drs. Zulfikar, Ph.D sebagai Dosen Pembimbing Utama (DPU) dan bapak Drs. Bambang Kuswandi, MSc. Ph.D sebagai Dosen Pembimbing anggota (DPA) atas bimbingan, dorongan serta koreksinya kepada penulis dari penentuan topik, saat penelitian sampai pada penulisan tugas akhir ini terselesaikan.

Penulisa tak lupa juga mengucapkan banyak terima kasih kepada teman-teman seperjuangan, saudara Arik, Yanto, dan Elni serta seluruh rekan-rekan KIMIA'97 atas segala bantuannya dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Semoga penulisan tugas akhir ini dapat memberikan sedikit kontribusi pengetahuan bagi semua pihak, khususnya bidang pengembangan dan pemamfaatan polimer sintetik.

Jember, Februari 2002

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
• Halaman Motto.....	ii
• Halaman Persembahan.....	iii
Halaman Deklarasi.....	iv
Halaman Abstrak.....	v
Halaman Pengesahan.....	vi
Halaman Kata Pengantar.....	vii
Halaman Daftar Isi.....	viii
Halaman Daftar tabel.....	xi
Halaman gambar.....	xii
Halaman Lampiran.....	xiv
I. PENDAHULUAN	
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Permasalahan.....	3
I.3. Tujuan Penelitian.....	3
I.4. Manfaat.....	3
II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Poli(vinyl alkohol).....	4
2.1.1 Pembuatan Pooi(vinyl alkohol).....	4
2.1.2 Struktur dan Sifat.....	4
2.2. Sulfonasi.....	7
2.3. Membran.....	8
2.4. Adsoprsi.....	11
2.4.1 Penukar Kation (adsorpsi nonspesifik).....	13
2.4.2 adsorpsi spesifik.....	15
2.4.3 Kompleksasi organik.....	15
2.5. Logam.....	15

2.5.1 Natrium.....	16
2.5.2 Kalsium.....	16
2.5.3 Aluminium.....	17
2.5.4 Besi.....	17
2.5.5 Merkuri.....	18

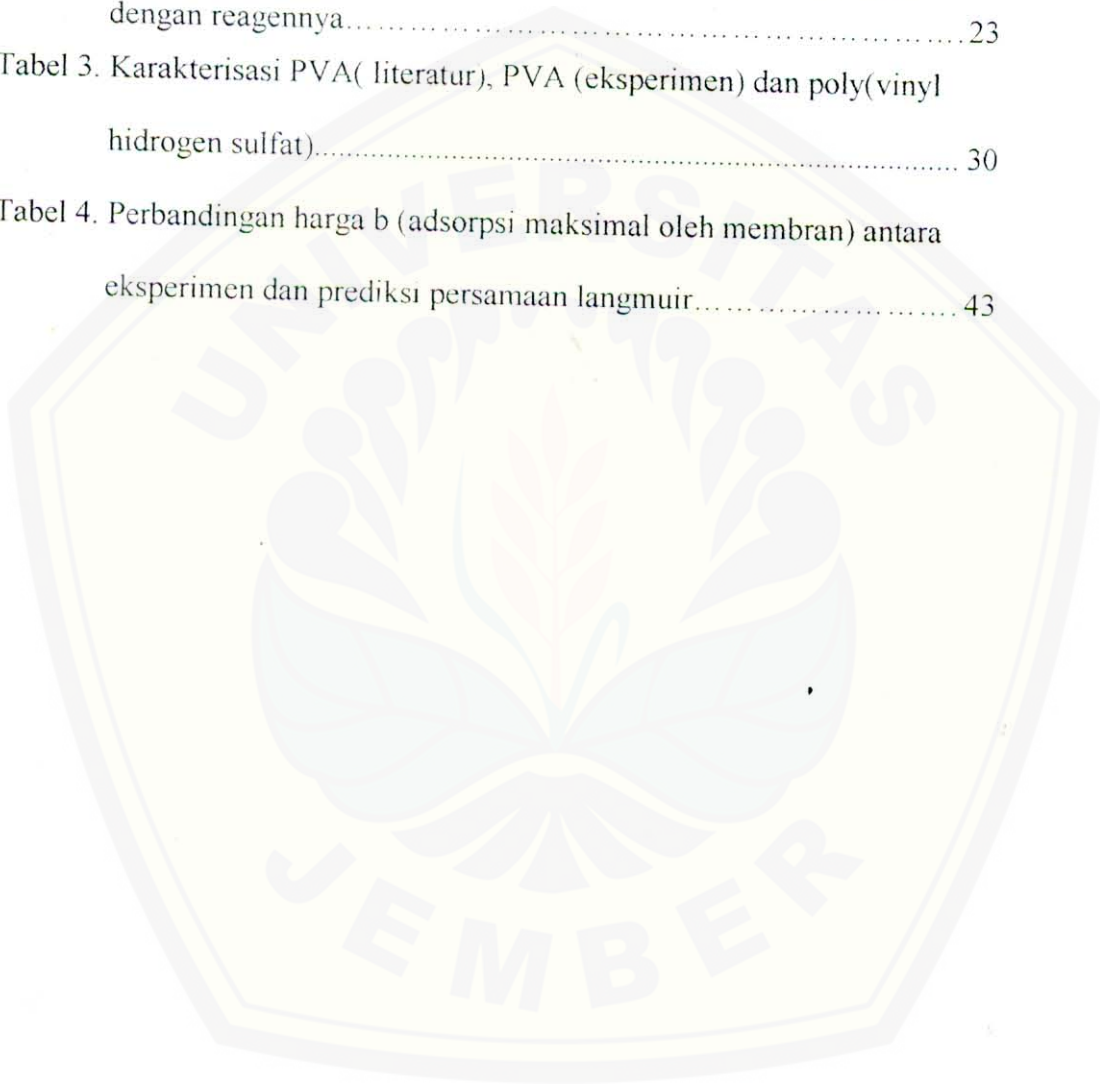
III. METODOLOGI

3.1. Tempat dan Waktu	
3.1.1. Tempat.....	21
3.1.2. Waktu.....	21
3.2. Alat dan Bahan.....	21
3.2.1. Bahan.....	21
3.2.2. Alat.....	21
3.3. Parameter.....	22
3.4. Metode Kerja.....	22
3.4.1. Pembuatan Membran poly(vinyl hidrogen sulfat).....	22
3.4.2. Eksperimen.....	23
3.4.2.1. Optimasi Panjang Gelombang Maksimum dari ion Al(III), Hg(I), Fe(II), dan Fe(III).....	23
3.4.2.2. Optimasi pH pembentukan kompleks antara Ion logam dengan ligan.....	23
3.4.2.3. Pembuatan kurva kalibrasi.....	24
3.4.2.4. Pengaruh temperatur terhadap pertukaran kation.....	24
3.4.2.5. Pengaruh pH terhadap pertukaran kation pada temperatur optimum.....	25
3.4.2.6. Pengaruh waktu pada penukaran kation pada pH dan temperatur optimum.....	25
3.4.3. Uji kapasitas dan selektifitas membran terhadap.....	25

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pembentukan Membran Poly(vinyl hidrogen sulfat).....	27
4.2 Karakterisasi Membran Poly(vinyl hidrogen sulfat).....	30
4.3 Pengaruh Temperatur pada Adsorpsi membran Poly(vinyl hidrogen sulfat) Terhadap logam bermuatan +1, +2, dan +3.....	31
4.4 Pengaruh pH pada Adsorpsi membran Poly(vinyl hidrogen sulfat) Terhadap logam bermuatan +1, +2, dan +3.....	35
4.5 Pengaruh Waktu pada Adsorpsi membran Poly(vinyl hidrogen sulfat) Terhadap logam bermuatan +1, +2, dan +3.....	38
4.6 Kapasitas dan selektifitas membran Poly(vinyl hidrogen sulfat)...	39
4.7 Proses Adsorpsi Membran Poly(vinyl hidrogen sulfat).....	44
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	46
5.2. Saran.....	47
Daftar Pustaka.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Beberapa sifat fisik yang dimiliki masing-masing logam.....	16
Tabel 2. Panjang gelombang maksimum (literatur) masing-masing logam dengan reagenya.....	23
Tabel 3. Karakterisasi PVA(literatur), PVA (eksperimen) dan poly(vinyl hidrogen sulfat).....	30
Tabel 4. Perbandingan harga b (adsorpsi maksimal oleh membran) antara eksperimen dan prediksi persamaan langmuir.....	43



DAFTAR•GAMBAR

Gambar 1. Skematik proses difusi pertukaran pelarut dan nonpelarut.....	29
Gambar 2. Skema komposisi membran setelah dilakukan pencelupan.....	29
Gambar 3. Pengaruh suhu terhadap adsorpsi membran Poly(vinyl hidrogen sulfat) pada ion Na(I), Al(III) dan Fe(III).....	32
Gambar 4. Pengaruh suhu terhadap adsorpsi membran Poly(vinyl hidrogen sulfat) pada ion Hg(I), Ca(II) dan Fe(II).....	33
Gambar 5. Pengaruh pH terhadap adsorpsi membran Poly(vinyl hidrogen sulfat) pada ion Na(I) dan Ca(II).....	36
Gambar 6. Pengaruh pH terhadap adsorpsi membran Poly(vinyl hidrogen sulfat) pada ion Hg(I)	37
Gambar 7. Pengaruh pH terhadap adsorpsi membran Poly(vinyl hidrogen sulfat) pada ion Fe(II), Al(III) dan Fe(III).....	37
Gambar 8. Pengaruh variasi waktu adsorpsi membran Poly(vinyl hidrogen sulfat) terhadap ion logam	39
Gambar 9. Garfik hubungan adsorpsi membran dengan jari-jari ion logam.	40
Gambar 10. Grafik hubungan antara konsentrasi teradsorpsi dengan berat atom.....	40
Gambar 11. Adsorpsi kuantitatif langmuir untuk ion Na(I).....	41
Gambar 12. Adsorpsi kuantitatif langmuir untuk ion Hg(I)	41
Gambar 13. Adsorpsi kuantitatif langmuir untuk ion Ca(II)	42
Gambar 14. Adsorpsi kuantitatif langmuir untuk ion Fe(II)	42
Gambar 15. Adsorpsi kuantitatif langmuir untuk ion Al(III)	42

Gambar 16. Adsorpsi kuantitatif langmuir untuk ion Fe(III) 43

Gambar 17. Bagan Proses Pertukaran Ion Logam Pada Membran 44



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Preparasi Larutan logam, reagent dan buffer pH.....	50
Lampiran 2.	Data optimasi panjang gelombang maksimum.....	52
Lampiran 3.	Grafik optimasi panjang gelombang maksimum.....	54
Lampiran 4.	Data optimasi pH kompleks logam dengan reagen.....	55
Lampiran 5.	Grafik optimasi pH kompleks logam dengan reagen.....	56
Lampiran 6.	Data Kalibrasi masing-masing logam.....	57
Lampiran 7.	Kurva kalibrasi masing-masing logam.	59
Lampiran 8.	Data pengamatan pengaruh Suhu adsorpsi membran poli(vinyl hidrogen sulfat) terhadap logam.....	61
Lampiran 9.	Data pengamatan pengaruh pH adsorpsi membran poli(vinyl hidrogen sulfat) terhadap logam.....	63
Lampiran 10.	Data pengamatan pengaruh waktu adsorpsi membran poli(vinyl hidrogen sulfat) terhadap logam.....	65
Lampiran 11.	Data kuantitatif adsorpsi Langmuir	67
Lampiran 12.	Gambar pencetakan membran.....	68



I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Polimer adalah suatu makromolekul dengan berat molekul diatas 10.000, yang dibangun oleh satuan struktur tersusun secara berulang yang diikat oleh gaya tarik menarik yang kuat antar atom-atomnya dapat berupa ikatan kovalen, ikatan ion, ikatan hidrogen, ikatan logam, ikatan koordinat, gaya Van Der Waal, dan ikatan hidrofobik (Surdia et al, 1999).

Struktur dan sifat polimer merupakan dasar pengembangan dan penerapan polimer. Pengembangan ini menjadi fokus pembuatan dan pemanfaatan polimer dewasa ini dalam rangka menemukan aneka penerapannya. Polimer menjadi amat penting untuk dikembangkan, karena polimer merupakan material masa depan yang dapat dimanfaatkan kedalam berbagai bidang, seperti ilmu pengetahuan alam, industri, kesehatan, transportasi, teknologi, dan sebagainya.

Poli(vinyl alkohol) (PVA) adalah polimer sintetik yang dibuat dengan jatan alkoholisis poli(vinyl asetat). Sifat fisik PVA ditentukan oleh derajat alkoholisis dan berat molekulnya. Jika alkoholisisnya sempurna PVA mempunyai daya rentang dan daya regang yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang dihidrolisis secara parsial. PVA resistan terhadap senyawa organik dengan kisaran yang sangat lebar. Secara umum, resistensi terhadap senyawa organik naik sesuai derajat alkoholisisnya. PVA termasuk polimer termoplastik, yang mudah rusak akibat dehidrasi polimer pada dua group hidroksil diatas temperatur 150°C (Bilmeyer, 1970).

Sifat kimia PVA, bereaksi dengan sulfur trioksida menghasilkan poli(vinyl hidrogen sulfat), bereaksi dengan alkana atau arenasulfonil klorida, menghasilkan sulfonat dan asetal yang daya regangnya tinggi, adhesi, fleksibel, dan resistan terhadap air jika direaksikan dengan asetaldehida, sehingga dapat digunakan sebagai campuran tekstil, pelapis, dan sepon. PVA tidak dapat ditembus oleh oksigen sampai pada temperatur -70°C (Othmer, 1968).

Penggunaan PVA digolongkan ke dalam dua kategori. Pertama, digunakan berdasarkan solubilitas polimer terhadap air, contohnya sebagai bahan pengental dalam sistem emulsi, suspensi, dan perekat. Kedua, polimer tidak larut dalam air yang disebabkan dari perlakuan kimia, misalnya sebagai serat tekstil (Surdia *et al*, 1999).

Banyak padatan, jika dibawa dalam kontak dengan air, akan mendapatkan muatan listrik. Sebagai contoh Silika dengan air menjadi bermuatan negatif, dan air menjadi bermuatan positif. Muatan ini dapat disebabkan oleh adsorpsi selektif dari ion hidroksida pada permukaan padatan, karena oleh valensi permukaannya yang belum jenuh (Prayoga, 1981).

Berdasarkan struktur dan sifat kimia PVA, yaitu jika direaksikan dengan sulfur trioksida menghasilkan poli(vinyl hidrogen sulfat) ini, membuka peluang untuk dikembangkan sebagai membran atau penghalang selektif antara dua fasa yang homogen, diharapkan gugus sulfonat ataupun gugus lain yang terikat dapat berinteraksi dengan ion logam.

1.2. Permasalahan.

Permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana bentuk interaksi membran poli(vinyl hidrogen sulfat) dengan ion logam?
2. Bagaimana kapasitas membran poli(vinyl hidrogen sulfat) dalam mengadsorpsi ion logam bermuatan +1, +2 dan +3?
3. Bagaimana tingkat selektifitas membran poli(vinyl hidrogen sulfat) terhadap ion logam bermuatan +1, +2 dan +3?

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan, mempelajari sifat fisik dan kimia PVA yang disulfonasi meliputi :

1. Adsorpsi membran poli(vinyl hidrogen sulfat) dengan ion logam bermuatan +1, +2, dan +3.
2. Mempelajari kapasitas adsorpsi membran poli(vinyl hidrogen sulfat) terhadap ion logam bermuatan +1, +2, dan +3.
3. Mempelajari selektifitas membran poli(vinyl hidrogen sulfat) terhadap ion logam bermuatan +1, +2, dan +3.

1.4. Manfaat

Penelitian ini akan memberi landasan yang kuat dalam pemanfaatan dan pengembangan membran PVA yang disulfonasi sebagai membran filter untuk penanganan limbah dan pemurnian air. Penelitian ini juga memberikan dasar yang kuat untuk mengembangkan ion selektif elektrode yang berbasiskan pemanfaatan PVA sebagai matriks.

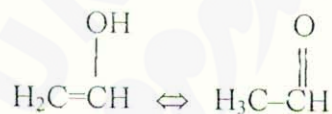


II. TINJAUAN PUSTAKA

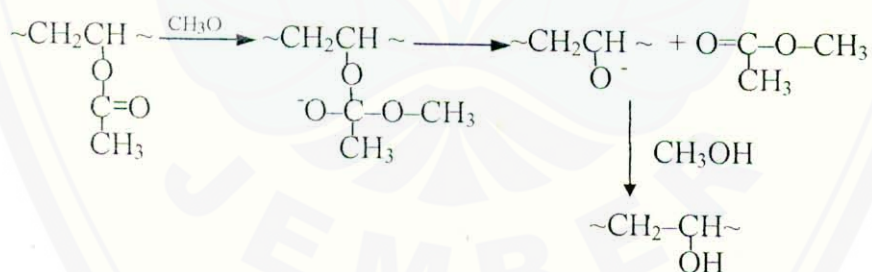
2.1. Poli(vinyl alkohol)

2.1.2. Pembuatan Poli(vinyl alkohol)

Poli(vinyl alkohol) (PVA) dibangun oleh monomer vinyl alkohol, $\text{CH}_2=\text{CHOH}$, yang sangat mudah membentuk asetaldehid, CH_3CHO . Vinyl alkohol tidak dapat diisolasi dalam keadaan bebas; keto tautomer, asetaldehida, yang lebih stabil membentuk asetaldehida,



PVA dibuat dari Poly(vinyl asetat) dengan alkoholisis menggunakan sejumlah basa sebagai katalis. Reaksi umumnya adalah Poly(vinyl asetat) dengan metanol dalam sedikit sodium metoksida (Sounders, 1994).

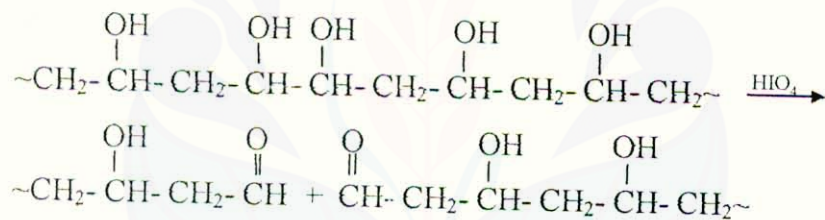


2.1.2 Struktur dan sifat

Secara kimia, PVA dapat diklasifikasikan secara kasar sebagai alkohol polyhidrik dengan group hidroksil pada atom karbon kedua bergantian. Hidrolisis sempurna akan menghasilkan *poli(vinyl alkohol)* yang mempunyai struktur, $\text{CH}_3\text{CHOH}(\text{CH}_2\text{CHOH})_n$, dimana n adalah jumlah monomer. Struktur ini merupakan struktur yang ideal, dan secara praktis terjadi polimerisasi *head to head* menghasilkan struktur 1,2 glikol, $-\text{CH}_2\text{CHOHCH}_2\text{OHCH}_2\text{OHCH}_2\text{OHCH}_2-$. Dalam

hidrolisis parsial, jumlah proporsional dari residu group CH_3COO^- didistribusikan sepanjang rantai pengganti OH. Jumlah group asetat diekspresikan sebagai presentase kandungan asetat, yaitu 30% group hidroksil sebagai poli(vinyl alkohol) dan 70% sisanya sebagai group asetat (Othmer, 1968).

Poli(vinyl alkohol) secara substansial mempunyai struktur *head to tail*, hal ini diketahui dengan adanya reagent asam periodat atau sedikit tetraasetat yang dapat membelah 1,2 diol dari struktur *head to head* (1-2% dari total rantai) seperti ditunjukkan oleh reaksi dibawah ini :

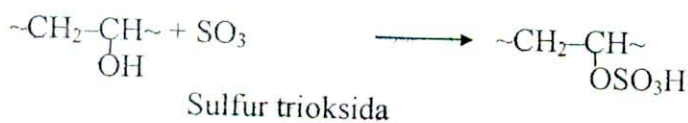


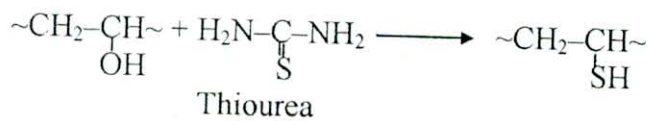
Poly(vinyl asetat) yang dibuat sempurna, bersifat ataktik sama halnya dengan PVA. Perbedaan mencolok adalah dalam bentuknya PVA sebagai kristal sedangkan poly(vinyl asetat) sebagai amorf. Gugus hidroksil dalam PVA cukup kecil untuk membentuk kisi-kisi kristal yang esensial sehingga menyerupai bentuk kristal dari polyetilen. Sifat fisik dari PVA sangat ditentukan oleh besar kecilnya Berat molekul, Semakin besar berat molekul akan meningkatkan sifat, viskositas, dan resistensi terhadap air dan pelarut organik serta sifat adhesifnya. Hal ini sejalan dengan kenaikan derajat hidrolisisnya (Othmer, 1968).

PVA mudah larut dalam air, khususnya pada group hidroksil yang sensitif terhadap air. PVA dalam larutan berair tidak stabil, jika tersedia sedikit asam atau

basa, akan terjadi reaksi gelatinisasi secara reversibel ataupun beberapa seri reaksi irreversibel yang kompleks. Contohnya, crosslinking dapat terjadi pada pertalian/hubungan eter, mengakibatkan naiknya viskositas bahkan membentuk produk yang tidak larut. Beberapa senyawa dapat ditambahkan ke dalam PVA pada pembentukan gel yang reversible seperti, congo red, pontamin gast red F, pontamin bourdeaux B, dan pontamin lainnya, semuanya memberikan gel berwarna. Resorsinol, katekol, salisilanilit, ploroglusinol, asam gallic, dan asam 2,4 dihidroksi benzoat tidak memberikan warna. Adanya gugus hidroksil menyebabkan PVA dapat disabunkan secara sempurna ataupun parsial. Selain sifat tersebut derajat penyabunan juga ditentukan oleh kelarutannya didalam air. Ikatan hidrogen intermolekul dalam PVA mengakibatkan titik leleh kristal tinggi 230°C (Billmeyer, 1970).

PVA telah dimanfaatkan sebagai membran untuk desalinasi air dan membran pengikat (matrik) elektroaktif material untuk ion selektif elektrod. Kopolimer dari PVA dengan asam stirenasulfonat menghasilkan membran kation selektif. Turunan dengan (a) 1,2 epoksi-3-dimetilaminopropana; (b) tiourea; (c) Kloromethyl eter dan trimetilamina atau piridin; (d) formaldehid atau asam salisilat; (e) asam polifungsional, dan (f) karbomoylmethyltrimetil-ammonium hidroklorida membentuk membran anionik atau kationik (Sounders, 1994).





2.2 Sulfonasi

Sulfonasi merupakan penggantian atom hidrogen pada rantai alkana atau adisi pada atom carbon pada rantai alkena dengan gugus $-\text{OSO}_2\text{OH}$ atau penggantian atom hidrogen pada gugus hidroksil dengan gugus $-\text{SO}_2\text{OH}$ pada group alkohol atau fenol. Asam sulfat pekat digunakan untuk sulfatasi alkena. Sulfonasi alkohol dapat dilakukan dengan SO_3 atau kompleks asam sulfat, oleum, asam klorosulfat atau asam amino sulfat (Othmer, 1968).

Sulfonasi mempunyai kegunaan yang penting sebagai intermediate pada pembuatan alkohol (etanol, propil alkohol, butil alkohol), sebagai agent alkilasi seperti pada dimetil dan dietil sulfat, sebagai detergent dan sodium lauryl sulfat.

Sulfonasi pada PVA dengan asam sulfat pekat menghasilkan suatu resin penukar ion (Sounders, 1994).



Hidrogen pada PVA mudah disubstitusi oleh ion 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 *et al*, 1999).

2.3 Membran

Membran berasal dari bahas latin “*membrana*” yang berarti potongan kain. Saat ini istilah membran didefinisikan sebagai suatu lapisan tipis yang digunakan dalam proses pemisahan campuran dua cairan yang berbeda atau penghalang selektif antara dua fasa yang homogen (Mulder, 1991). Membran dapat berupa padatan atau cairan yang berfungsi sebagai media pemisahan selektif berdasarkan perbedaan koefisien difusivitas, muatan listrik, atau perbedaan kelarutan. Membran berkemampuan mengangkut satu komponen lebih mudah dari yang lain karena adanya perbedaan sifat fisik dan kimia antara membran dan komponen yang dapat menembusnya. Selektifitas membran umumnya dapat dinyatakan oleh satu atau dua parameter, yaitu Retensi (R), dan faktor pemisahan (α). Untuk larutan campuran terlarut dalam pelarut (umumnya air) selektifitas membran dinyatakan sebagai retensi terlarut. Retensi R dinyatakan sebagai :

$$R = \frac{C_i - C_f}{C_i} = 1 - \frac{C_f}{C_i} \quad (1)$$

Dimana, C_i adalah konsentrasi awal, dan C_f adalah konsentrasi akhir. Sedangkan selektif membran untuk campuran gas dan campuran senyawa organik dinyatakan dalam istilah faktor pemisahan α . Untuk campuran komponen A dan B selektifitas faktor $\alpha_{A/B}$ adalah :

$$\alpha_{A/B} = \frac{y_A / y_B}{x_A / x_B} \quad (2)$$

dimana y_A dan y_B adalah konsentrasi akhir A dan B, dan x_A dan x_B adalah konsentrasi awal A dan B (Mulder, 1991).

Membran berdasarkan struktur dan prinsip pemisahannya dibedakan :

1. Membran berpori (mikrofiltrasi, ultrafiltrasi)
2. Membran tak berpori (pemisahan gas, penguapan)
3. Membran cair (carrier-mediated transport).

Proses pemisahan membran diklasifikasikan berdasarkan material yang dipisahkan atau kekuatan geraknya antara lain :

- (1) *Ultrafiltrasi*, membran untuk pemisahan partikel dengan berat molekul kecil (partikel koloid atau mikromolekul).
- (2) *Dialisis*, membran filtrasi garam atau partikel dengan berat molekul lebih besar 1000.
- (3) *Elektrodialisis*, membran untuk memisahkan partikel bermuatan dalam larutan, yaitu dengan menggunakan arus listrik melalui membran semipermeabel yang bersifat permeabel terhadap salah satu jenis ion. Membran yang digunakan adalah membran penukar ion yang diletakkan berselang-seling diantara elektroda.
- (4) *Osmosis*, pemisahan bahan-bahan dengan berat molekul rendah atau garam anorganik dalam larutan

Pada membran dapat ditambahkan satu atau lebih gugus elektroaktif material yang dapat berfungsi sebagai penarik ion yang lebih dikenal dengan resin penukar ion. Permeabilitas memegang peranan yang penting mengingat membran

harus dapat dilalui oleh kation maupun anion. Selektifitas dan permeasinya tinggi, karena dihasilkan dari reaksi yang spesifik.

Membran sintetik dari bahan polimer dapat dihasilkan melalui proses :

1. *Sintering* serbuk polimer, yaitu serbuk polimer dengan ukuran tertentu dikompresi dan disintering pada temperatur tinggi. Selama sintering antar muka antara partikel-partikel kontak dan hilang membentuk pori. Membran yang berasal dari proses sintering akan memiliki struktur dengan porositas rendah dan distribusi ukuran pori yang luas.
2. *Stretching* (Penarikan lembar polimer), yaitu film yang telah diekstrusi atau foil yang dibuat dari bahan polimer semikristalin ditarik searah proses ekstruksi sehingga molekul kristal terletak paralel sama yang lain, terjadi pemutusan dan terbentuk struktur pori. Hasil penarikan lembar polimer akan diperoleh membran dengan porositas tinggi dan bentuk pori yang seragam.
3. *Track-Etching* atau pengetasan lintas irradiasi, yaitu film atau foil ditembak oleh partikel radiasi berenergi tinggi tegak lurus kearah film. Bahan polimer yang solid akan membentuk membran simetrik dengan pori kapiler.
4. Pembalik fasa, yaitu suatu proses perubahan bentuk polimer dari fasa cair menjadi padatan dengan kondisi terkendali. Membran asimetri adalah ciri yang dihasilkan lewat proses pembalik fasa dari larutan polimer (Othmer, 1992).

Proses pembalik fasa dapat dibedakan antara lain pembalik fasa secara pengendapan termal, presipitasi dengan penguapan pelarut, dan pengendapan dengan pencelupan (Mulder, 1991). Dengan pembalik fasa termal, struktur membran diharapkan dapat diperoleh lewat pemilihan sifat termal pelarut dan

kemampuan dalam pengaturan temperatur selama proses pembalik fasa berlangsung.

Pemisahan logam dengan menggunakan membran merupakan daerah dan topik penelitian yang menarik. Beberapa polimer telah dimanfaatkan untuk membuat resin pengikat atau pengadsorpsi logam secara selektif. Teknik kromatografi telah sangat intensif menggunakan polimer khelat membran untuk pemisahan ion logam, mengingat polimer khelat mempunyai ketepatan konstanta stabilitas dan hidrofilisitas (Kobayashi *et al*, 1978).

2.4 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses penyerapan suatu materi pada suatu permukaan (*surface*) atau *interface*. Adsorpsi terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat. Energi potensial permukaan dan molekul turun dengan mendekatnya molekul ke permukaan (Alberty *et al*, 1987). Molekul terserap melekat pada permukaan dapat terjadi suatu ikatan kimia atau fisika. Adsorpsi fisika (physisorption) terjadi jika molekul diikat secara lemah dengan gaya Van Der Waals; Adsorpsi kimia (Chemisorption) terjadi jika ikatan yang kuat dengan permukaan diakibatkan dari pertukaran atau sharing elektron.

Perbedaan tipe penyerapan atom atau molekul tergantung pada *surface* (tempat adsorpsi) atau pergerakan bebas dalam dua dimensi atau lebih permukaan (*mobile adsorbed film*). Baik kemisorpsi atau fisiosorpsi keduanya mempunyai lapisan penyerap terhadap fasa gerak atau melokalisasi, yang tergantung dari

besarnya energi barrier untuk mentranslasi dipermukaan. Migrasi molekul pada permukaan dapat terjadi, tidak hanya menggunakan tipe ikatan, jika molekul terserap cukup energi termal untuk melampaui energi aktivasi untuk migrasi; pada temperatur rendah molekul terserap ditempatkan pada keadaan tertentu permukaan.

Adsorpsi fisika dapat menempati pada semua permukaan, cukup pada temperatur rendah daripada kira-kira setengah dari temperatur kritik dari adsorbat. Adsorpsi kimia merupakan kebalikannya, yaitu pada temperatur diatas temperatur kritik dari adsorbat (Othmer, 1963).

Adsorpsi membran terhadap ion logam digambarkan secara kuantitatif dalam isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich.

Bentuk persamaan Langmuir:

$$\frac{c}{x/m} = \frac{1}{Kb} + \frac{c}{b} \quad (3)$$

Dimana c adalah konsentrasi dari ion dalam larutan pada keadaan kesetimbangan, x/m adalah sejumlah c yang diadsorpsi per unit adsorben, K adalah konstanta yang dihubungkan dengan energi ikatan dan b adalah jumlah maksimum ion yang akan diadsorpsi oleh adsorben.

Persamaan adsorpsi Freundlich mempunyai bentuk :

$$x = kc^n \text{ atau } \log x = \log k + n \log c \quad (4)$$

dimana x adalah adsorbat per unit adsorben pada konsentarsi c dari adsorbat sedangkan k dan c adalah konstanta. Pada persamaan tidak memuat adsorpsi maksimum (Alloway, 1995).

Adsorpsi terlarut, dari larutan oleh permukaan padatan adalah fenomena yang sangat kompleks dari pada adsorpsi dari gas atau uap oleh permukaan padatan. Adsorben padatan secara kasar diklasifikasikan sebagai adsorben polar dan nonpolar. Pada permukaan ion-dipole atau interaksi dipole-dipole dengan adsorptif lebih menonjol dari pada interaksi dengan daya dispersi. Contoh adsorben polar antara lain alumina, barium sulfat, kalsium karbonat, glass, resin penukar ion, quartz, silica gel, titanium dioksida dan oksida logam lainnya, dan zeolit; contoh adsorben nonpolar antara lain karbon hitam, charcoal, grafit, resin organik, parafin dan sebagainya (Othmer, 1963).

Adsorpsi membran terhadap ion logam dapat terjadi dengan cara sebagai berikut :

2.41 Penukar kation (Adsorpsi non-spesifik).

Membran penukar ion adalah resin penukar ion yang dibuat dalam bentuk membran, yang mempunyai tahanan listrik rendah dan sangat permeabel terhadap ion terseleksi; jadi membran penukar kation selektif terhadap kation. Reaksi pertukaran ion adalah reaksi stoikiometris yang bersifat reversibel (dapat putar). Koefisien distribusi atau koefisien selektifitas dihitung dari data. Pada pertukaran ion-ion dengan valensi sama, koefisien selektifitas tidak tergantung pada unit yang digunakan untuk konsentrasi logam dalam fase resin atau pada fase larutan. Tetapi pertukaran ion dengan tingkat valensi berbeda, gambarannya agak rumit. Dimana koefisien distribusi ditentukan oleh aktifitas spesies-spesies pada kedua fase tersebut (Kopkar, 1990).

Koefisien selektifitas dapat berubah karena berbagai faktor/alasan. Koefisien tersebut tergantung pada konsentrasi total ion-ion pada resin tersebut. Selektifitas bertambah dengan bertambahnya derajat rangkai silang (cross linking). Struktur kimia dari matriks juga mempengaruhi selektifitas. Kapasitas pertukaran mempengaruhi koefisien selektifitas. Ion-ion dengan afinitas yang lebih tinggi terhadap resin memberikan pemuaihan yang lebih kecil. Demikian juga pada pertukaran dua ion dengan valensi berbeda. Koefisien selektifitas juga tergantung pada koefisien aktifitas pada kedua fasa dan juga tergantung pada konsentrasi total total logam pada fase resin (Kopkar, 1990).

Selektifitas pergantian jumlah kation, ditentukan oleh valensi dan derajat hidrasi. Ion yang mempunyai valensi yang lebih tinggi, lebih kuat kekuatan menggantinya; ion H^+ suka ion polivalen dan lebih tinggi derajat hidrasinya. Adsorpsi dengan penukar kation dapat digambarkan sebagai pembentukan kompleks outer-sphere (pembentukan kompleks yang terjadi jika elektron diserahkan terimakan secara langsung dari pusat logam pada senyawa kompleks yang satu kepusat logam pada senyawa kompleks lainnya), dengan permukaan group fungsi secara elektrostatis (Alloway, 1995).

Pada umumnya, ion-ion untuk anggota unsur dalam golongan yang sama pada daftar periodik ion dengan jari-jari lebih besar akan tertahan lebih kuat daripada ion-ion dengan jari-jari lebih kecil. Penukaran ion-ion terjadi sampai perbandingan aktifitas dikedua fasa menjadi sama, yang berarti bahwa azas keelektronegatifanlah yang menyebabkan pertukaran ion-ion. Mereka berbeda hanya pada posisi dan sumber pusat pertukaran (suatu gugusan ionik yang akan

menghasilkan ikatan elektrostatik dengan ion yang bermuatan berlawanan). Kekuatan ionlah yang menentukan kesediaan suatu pertukaran (Kopkar, 1990).

2.4.2 Adsorpsi spesifik

Adsorpsi spesifik termasuk penukar kation logam berat 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 berat. Logam paling mungkin membentuk kompleks hidroksi dengan adsorpsi secara kusus. Adsorpsi spesifik naik dengan turunnya nilai pK, tetapi nilai pK dari Cu dan Pb sama, Pb dengan ukuran ion lebih besar maka lebih kuat teradsorpsi (Alloway, 1995).

2.4.3 Kompleksasi organik

Kompleksasi organik mengadsorpsi logam membentuk kompleks kelat. Ligand organik dengan berat molekul rendah, dapat membentuk kompleks terlarut dengan logam dan menghalangi dari adsorbed atau pengendapan. Seperti hidroksil, phenoksil dan karboksil pada humus membentuk kompleks koordinasi dengan ion logam (Alloway, 1995).

2.5 Logam

Menurut Keenan *et al.* (1986) logam adalah suatu unsur yang mengkilap, mudah ditempa, mudah diukur, dan merupakan penghantar panas dan listrik yang baik. Dalam penelitian ini dilakukan simulasi terhadap ion logam bermuatan +1, +2 dan +3, yang mewakili sifat logam alkali, alkali tanah dan unsur transisi. Logam tersebut meliputi Natrium (I), Kalsium (II), Alumunium (III), Tembaga (I), Besi(II) dan Besi (III).

Tabel 1. Beberapa sifat yang dimiliki masing-masing logam.

Keterangan	Muatan +1		Muatan +2		Muatan +3	
	Na	Hg	Ca	Fe	Al	Fe
Nomor atom	11	80	20	26	13	26
Berat atom	22.99	200.5	40.08	55.84	26.982	55.84
Titik leleh (°C)	98	-38,85	850	1.537	660	1.537
Titik didih (°C)	881	35,7	1.487	2.872	2.447	2.872
Rapatan g/cm ³	0,97	13,6	1.55	7.86	2.7	7.86
Energi ionisasi (kJ/mol)	495.9	1007	1145	1561	2745	2958
Potensial ionisasi (eV)	5,139	10.44	11.87	16.18	28.45	30.65
Jari-jari atom, Å	1.54	1.44	1.74	1.24	1.43	1.24
Jari-jari ion, Å	0.95	0.97	0.99	0.75	0.50	0.53
Keelektronegatifan	0.93	2.00	1.0	1.83	1.61	1.83
Konf. Elektron	1s ² ,2s ² ,2p ⁶	(Xe)4f ¹⁴ , 5d ¹⁰ ,6s ¹	(Ne)3s ² 3p	(Ar)3d ⁶	1s ² ,2s ² ,2p ⁶	(Ar)3d ⁵

Sumber : Cotton, dkk, 1989; Dasent, 1982

2.5.1 Natrium

Kalium bersama dengan natrium, klorida dan ion bikarbonat (HCO₃⁻) yang berfungsi untuk menjaga tekanan osmosis cairan tubuh dalam mengatur kesetimbangan asam dan basa pada tubuh hewan. Kalium juga berfungsi sebagai kation dalam sel dan natrium sebagai kation di luar sel, yaitu dalam cairan jaringan. Kalium berperan penting dalam eksitabilitas syaraf dan otot, juga berperan dalam metabolisme karbohidrat. Dalam jumlah besar natrium ditemukan dalam jaringan lunak dan cairan tubuh. Seperti pada kalium, natrium berperan dalam menjaga kesetimbangan asam-basa. Natrium berperan vital dalam plasma (Svehla, 1990).

2.5.2 Kalsium

Kalsium adalah logam putih perak, yang agk lunak. Ia melebur pada 845°C, dan terserang oleh oksigen atmosfer dan udara lembab, yang menghasilkan

kalsium oksida dan atau kalsium hidroksida. Kalium membentuk kation kalsium (II), Ca^{2+} , dalam larutan-larutan air. Garam-garamnya biasanya berupa bubuk putih dan membentuk larutan tak berwarna, kecuali bila anionnya berwarna.

Logam Mg dan Ca memperlihatkan kecenderungan yang dapat diterima untuk membentuk kompleks-kompleks dalam larutan, dengan beberapa perkecualian, ligannya adalah oksigen. Kompleks kelat oksigen, diantaranya yang terpenting adalah dengan jenis ligan etilendiamintetraasetat (EDTA), yang mudah terbentuk dalam larutan akua yang basa (Svehla, 1990):



2.5.3 Aluminium

Aluminium adalah tervalen dalam senyawa-senyawanya. Ion-ion aluminium (Al^{3+}) membentuk garam-garam yang tak berwarna dengan anion-anion yang tak berwarna. Halida, nitrat, dan sulfatnya larut dalam air; larutan ini memperlihatkan reaksi asam karena hidrolisis. Aluminium sulfida dapat dibuat hanya dalam keadaan padat saja, dalam larutan air ia terhidrolisis dan terbentuk aluminium hidroksida, $\text{Al}(\text{OH})_3$. Aluminium sulfat membentuk garam-garam rangkap dengan sulfat dari kation-kation monovalen dengan bentuk-bentuk kristal yang menarik, yang disebut tawas (alum, aluin) (Svehla, 1990).

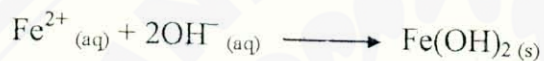
2.5.4 Besi

Bilangan oksidasi besi dalam senyawa dan senyawa kompleks adalah +2 dan +3. Konfigurasi elektro dari besi dalam keadaan ini adalah $(\text{Ar}) 3d^6$, untuk

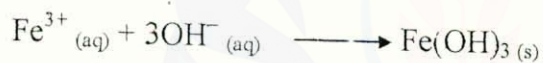
Fe(II) dan (Ar) $3d^5$, untuk Fe(III), lebih stabil daripada besi (II), karena orbital d terisi setengah penuh. Besi (II) dan besi (III) dapat membentuk kompleks heksa akuo dalam larutan air.



Besi (II) dapat dibedakan dari besi (III) dengan mereaksikannya dengan larutan NaOH. Garam besi (II) menghasilkan endapan besi (II) hidroksida berwarna hijau yang perlahan-lahan berubah menjadi warna coklat karena terjadi oksidasi.



Dengan larutan NaOH, larutan besi (III) akan menghasilkan endapan besi (III) hidroksida yang berwarna coklat kemerah-merahan.



Besi (II) bereaksi dengan o-fenantrolin (1,10 fenantrolin), berwarna merah yang disebabkan oleh kation kompleks $[\text{Fe}(\text{C}_{18}\text{H}_8\text{N}_2)_3]^{2+}$, dalam larutan yang sedikit asam. Besi (III) bereaksi dengan tiosianat, dalam larutan sedikit asam (pH 2,5–3,0), dihasilkan pewarnaan merah-tua (perbedaan dari ion besi (II), yang disebabkan karena pembentukan kompleks besi (III) tiosianat yang tak berdisosiasi (Svehla, 1990).



2.5.5 Merkuri

Mercury, Hg (air raksa) adalah logam berat atomnya 200,61, BD-nya 13,6, titik didihnya $35,7^{\circ}\text{C}$ dan titik cairnya $-38,85^{\circ}\text{C}$.

Karena mercury titik cairnya rendah, maka pada suhu biasa (suhu kamar) sudah dapat mencair serta mudah menguap dan uapnya sangat beracun terhadap tubuh. Logam lain yang mungkin mengandung ialah seng, timah, dan arsen.

Garam-ragam raksa dan persenyawaan organiknya pada suhu biasa mudah menguap. Senyawa-senyawa raksa seperti raksa(II) klorida atau sublimat, HgCl_2 , Raksa(II) oksida, HgO , Raksa(I) atau kolamel, Hg_2Cl_2 .

Keracunan persenyawaan Hg dengan jalan termakan/ terminum (ingestion) dapat merusak alat-alat faal tubuh bagian dalam, seperti kerusakan hati, ginjal, dan lain-lain. Sifat dari persenyawaan Hg adalah korosif alkalis, yaitu merusak selaput lendir (Mucous membrances) pada saluran pencernaan seperti mulut, pharynx (tekak), lambung, usus, dan lain-lain.

Dalam kerja yang menggunakan proses air raksa, Hg, menyimpan Hg atau senyawaannya harus memperhatikan besar konsentrasi uap air raksa, Hg, agar tidak melebihi NAB (Nilai Ambang Batas) atau TLV menurut yang ditentukan, yaitu 0,1 mg/m^3 air raksa metalik dan untuk air raksa senyawa organik 0,01 mg/m^3 (Alloway, 1995).

Menurut (Heryando, 1987) sifat-sifat merkuri secara umum adalah:

1. Berwujud cair pada suhu kamar (25°C) dengan titik beku paling rendah sekitar -39°C .
2. Masih berwujud cair pada suhu 396°C . Pada temperatur 396°C ini telah terjadi pemuaiian secara menyeluruh.
3. Merupakan logam yang paling mudah menguap jika dibandingkan dengan logam-logam yang lain.

4. Tahanan listrik yang dimiliki sangat rendah, sehingga menempatkan merkuri sebagai logam yang sangat baik untuk menghantarkan daya listrik.
5. Dapat melarutkan bermacam-macam logam untuk membentuk alloy yang disebut dengan amalgam.
6. Merupakan unsur yang sangat beracun bagi semua makhlukhidup, baik dalam bentuk unsur tunggal (logam) ataupun dalam bentuk persenyawaan.

Alloway (1995) mengklasifikasikan logam Hg sebagai berikut :

- | | |
|---------------------|--|
| Senyawa volatil | : Hg^0 ; $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$ |
| Spesies reaktif | : Hg^{2+} ; HgX_2 , HgX_3^- , dan HgX_4^{2-} , dengan X =
OH ⁻ , Cl ⁻ , dan Br ⁻ ; HgO pada aerosol; kompleks
Hg^{2+} dengan asam organik. |
| Spesies non-reaktif | : Metil merkuri (CH_3Hg^+ , CH_3HgCl ,
CH_3HgOH), dan senyawa organomerkuri lain;
$\text{Hg}(\text{CN})_2$; HgS; Hg^{2+} dalam material humus. |

III METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

3.1.1. Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Organik dan Laborarium Kimia analitik Jurusan Kimia FMIPA UNEJ.

3.1.2. Waktu

Penelitian ini dilaksanakan mulai tanggal 5 Juni 2001 s/d 8 Desember 2001.

3.2. Bahan dan Alat

3.2.1. Bahan

Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain PVA (p.a); H_2SO_4 Pekat (98%); NaNO_3 ; $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$; $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$; $\text{FeCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; $\text{FeCl}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; Hg_2Cl_2 ; akuades; dithizon; 1,10 fenantrolin; alizarin; thiosianat, dan larutan buffer pH 2 sampai pH 9.

3.2.2. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas beker, *shaker bath*, magnet stirrer, anak stirrer, pipet volume, jangka sorong (ketelitian 0,01 mm), pinset, mistar, neraca analitik, bola pipet, kuvet, botol penyemprot, labu ukur, termometer, spatula, pH meter, flame fotometer, dan Spektrofotometer UV-VIS.

3.3. Parameter yang diukur

Parameter yang diukur dalam penelitian ini antara lain :

1. Temperatur.
2. PH.
3. Waktu.
4. Kapasitas dan selektifitas membran

3.4. Metode kerja

3.4.1 Pembuatan Membran poli(vinyl hidrogen sulfat)

0.3 gram Poli(vinyl alkohol) dilarutkan dengan akuades panas $\pm 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ pada labu leher tiga, kemudian didinginkan. Setelah suhu larutan pada $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ditambah dengan 3 ml H_2SO_4 Pekat per tetes sambil dilakukan pengadukan, dan temperatur dijaga tetap pada suhu $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Larutan polimer diaduk pada suhu $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai terbentuk larutan kental berwarna coklat

Larutan kental polimer dicetak diatas plat kaca dan dipres dengan ketebalan 0,03 mm, yaitu antara plat kaca diberi penyekat dengan ketebalan 0,03 mm kemudian dicelupkan kedalam akuades dingin selama 3 menit. Cetakan membran dikeringkan dalam oven dengan suhu $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 5 hari. Membran yang terbentuk diambil dengan meletakan lembaran membran pada kaca kedalam akuades. Setelah membran lepas dari kaca kemudian dipotong dengan ukuran 1×1 cm.

3.4.2. Eksperimen.

3.4.2.1. Optimasi panjang gelombang maksimum dari logam Al, Hg, dan Fe.

1 ml larutan logam 8 ppm ditambah 3 ml buffer pH 7 dan ditambah 1 ml larutan reagen masing-masing logam, kemudian diencerkan sampai menjadi 10 ml. Larutan kompleks diukur serapannya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 400 sampai 700 nm dengan interval 3 nm (untuk kompleks logam Al(III), Fe(II), dan Hg(I)) dan 300 sampai 600 nm untuk kompleks logam Fe(III). Dengan blanko 1 ml larutan reagen pasangan logam ditambah dengan 3 ml larutan buffer pH 7 kemudian diencerkan sampai menjadi 10 ml.

Tabel 2. Panjang gelombang maksimum (Literatur) masing-masing logam dengan reagensinya.

Logam	Reagen	λ_{\max} (nm)
Hg	Dithizone	550
Fe	1, 10-phenanthroline (Fe^{2+})	512
	Thiocyanate (Fe^{3+})	495
Al	Alizarin	545

Sumber : (Svehla, 1990; Hewitt, 1991).

3.4.2.2. Optimasi pH pembentukan kompleks antara logam dengan ligand.

1 ml larutan logam 8 ppm ditambah 1 ml larutan reagen pasangan logam dan 3 ml larutan buffer pH 2 kemudian diencerkan sampai menjadi 10 ml. Larutan kompleks yang terbentuk kemudian diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang maksimum masing-masing logam. Dengan blanko 1 ml larutan reagen pasangan logam ditambah dengan 3 ml larutan buffer pH 2

kemudian diencerkan sampai menjadi 10 ml. Diulangi dengan cara yang sama untuk buffer pH 3 sampai pH 9.

3.4.2.3. Pembuatan kurva kalibrasi

Larutan standar 500 ppm masing-masing logam dibuat beberapa variasi konsentrasi, yaitu 2, 4, 6, 8, 10, dan 12 ppm. Untuk logam Na dan Ca menggunakan flame fotometer, sedangkan logam Al, Fe, dan Hg menggunakan spektrofotometer UV-VIS, yaitu 1 ml larutan logam ditambah 1 ml reagen pasangan logam dan 3 ml larutan buffer pH optimum kemudian diencerkan sampai menjadi 10 ml. Pengukuran dilakukan pada panjang gelombang maksimum masing-masing logam. Dengan blanko 1 ml larutan reagen pasangan logam ditambah dengan 3 ml larutan buffer pH optimum kemudian diencerkan sampai menjadi 10 ml.

Setelah dilakukan pengukuran kemudian dibuat grafik konsentrasi Vs Intensitas emisi untuk logam (Na dan Ca) dan Absorbansi untuk (Fe, AL, dan Hg). Dimana kurva kalibrasi ini nantinya digunakan untuk menganalisa kapasitas ikat membran terhadap logam.

3.4.2.4. Pengaruh temperatur terhadap adsorpsi ion logam pada membran.

20 ml Larutan logam 8 ppm dimasukkan ke dalam erlemeyer, kemudian membran dimasukkan dalam larutan. Dilakukan pengadukan dengan shaker bath 150 rpm pada suhu 20 °C. Setelah 30 menit, pengadukan dihentikan kemudian diukur konsentrasinya untuk mengetahui perubahan konsentrasi larutan yang telah

diadsorpsi oleh membran poli(vinyl hidrogen sulfat). Diulangi dengan cara yang sama untuk suhu 30, 40, 50, dan 60 °C.

3.4.2.5. Pengaruh pH terhadap adsorpsi ion logam pada membran.

20 ml larutan logam berbuffer pH 2 dengan konsentrasi 8 ppm, dimasukkan ke dalam erlemeyer, kemudian membran dimasukkan dalam larutan. Dilakukan pengadukan dengan shaker bath 150 rpm pada suhu optimum. Setelah 30 menit, pengadukan dihentikan kemudian diukur konsentrasinya untuk mengetahui perubahan konsentrasi larutan yang telah diadsorpsi oleh membran poli(vinyl hidrogen sulfat). Diulangi dengan cara yang sama untuk buffer pH 3 sampai pH 9.

3.4.2.6. Pengaruh waktu terhadap adsorpsi ion logam pada membran.

50 ml larutan logam berbuffer pH optimum dengan konsentrasi 20 ppm, dimasukkan ke dalam erlemeyer, kemudian membran dimasukkan dalam larutan. Dilakukan pengadukan dengan shaker bath 150 rpm pada suhu optimum. Mengambil 5 ml larutan logam tiap dilakukan pengadukan 5, 10, 15, 30, 60, 90, 100, 110, dan 120 menit untuk mengetahui perubahan konsentrasi larutan yang telah diadsorpsi oleh membran poli(vinyl hidrogen sulfat).

Dilakukan 5 kali pengulangan setiap perlakuan.

3.4.3. Uji kapasitas dan selektifitas membran terhadap logam.

Menurut Wenten (2001) kapasitas membran merupakan jumlah maksimum ion logam yang mampu teradsorpsi oleh membran per satuan volum membran (mg/mm^3) atau per satuan massa membran kering (mg/mg). Hal ini dapat

ditentukan dengan menghitung selisih antara konsentrasi awal dengan konsentrasi akhir larutan.

$$\text{Kapasitas} = \frac{(C_i - C_f)V_{\text{larutan}}}{V_{\text{Membran}}} \quad (5)$$

Sedang selektifitas membran pertukaran ion adalah tingkat kemudahan atau daya beda membran pada pertukaran suatu ion dibandingkan dengan ion lain.

Untuk larutan campuran terlarut dalam pelarut (umumnya air) selektifitas membran dinyatakan sebagai presentase retensi terlarut. Retensi R. dinyatakan sebagai :

$$\% \text{Selektifitas} = \% \text{Retensi} = \frac{(C_i - C_f)}{C_i} \times 100\% = \left\{ 1 - \frac{C_f}{C_i} \right\} \times 100\% \quad (6)$$

Dimana, C_i adalah konsentrasi awal, dan C_f adalah konsentrasi akhir.

Untuk mengevaluasi dan menginterpretasikan data yang diperoleh, dilakukan uji statistik standar deviasi (SD) dan relatif standart deviasi (RSD), sehingga data yang diperoleh akan diketahui akurasi dan presisinya :

$$SD = \sqrt{\frac{(X - \bar{X})^2}{n-1}} \quad ; x = \text{pengulangan} \quad \bar{x} = \text{rata-rata} \quad (7)$$

$$RSD = \frac{SD}{n} \quad ; n = \text{jumlah pengulangan} \quad (8)$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian studi pengaruh suhu, pH dan waktu yang telah dilakukan didapat beberapa kesimpulan antara lain :

1. Bentuk interaksi membran poli(vinyl hidrogen sulfat) dengan ion logam dapat terjadi melalui adsorpsi secara kimia (yaitu melalui ikatan ion atau kovalen) dan adsorpsi secara fisika (yaitu adanya gaya-gaya lemah Van Der Waal).
2. Kapasitas membran poli(vinyl hidrogen sulfat) sangat dipengaruhi struktur dan sifat poli(vinyl hidrogen sulfat). Selain itu juga dipengaruhi oleh sifat fisik dan kimia ion logam yang diadsorpsi oleh membran.
3. Kapasitas membran terhadap ion logam diperoleh : ion Na(I), Hg(I), Ca(II), Fe(II), Al(III) dan Fe(III) per satuan massa secara berurutan adalah 0.320, 0.187, 0.241, 0.113, 0.299, dan 0.318 (mg/mg). Dimana massa membran rata-rata adalah 2,5 mg
4. Keselektifan membran, daya beda atau kemudahan membran dalam melakukan pertukaran ion logam dengan ion logam lain diperoleh :
Untuk muatan +1, ion Na^+ (96,049%) > Hg^+ (56,188%), untuk muatan +2, ion Ca^{2+} (72,308%) > Fe^{2+} (33,899%), dan untuk muatan +3, ion Fe^{3+} (95,341%) > Al^{3+} (89,561%)
5. Membran poli(vinyl hidrogen sulfat) adalah membran yang bersifat membran penukar kation dan dapat dikarakterisasikan sebagai membran berpori asimetri karena membran dibuat dengan cara pembalik fasa yang merupakan ciri khas dari membran yang dibuat secara pembalik fasa.

5.2 Saran

Penelitian yang telah dilakukan pada simulasi yang mewakili ion logam monovalen, divalen, trivalen. Agar dapat diketahui selektivitas membran poli(vinyl hidrogen sulfat) dengan tepat sebaiknya dilakukan terhadap semua ion logam monovalen dan polivalen.

Analisis yang dilakukan untuk mengetahui konsentrasi yang teradsorpsi yang telah dilakukan adalah dengan mengukur perubahan konsentrasi pada larutan setelah dilakukan proses adsorpsi. Karena membran poli(vinyl hidrogen sulfat) adalah membran yang transparan dan sangat tipis dapat dilakukan secara langsung dengan mengukur konsentrasi yang teradsorpsi pada membran, sehingga akan diperoleh pengukuran yang lebih tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Alloway, B.J. 1995. *Heavy Metal in Soils*. 2nd edition. New York : Blackie Academic & Professional.
- Alberty, R.A dan D. Farrington. 1987. *Kimia Fisika*. Jilid I. Edisi ke Lima. Terjemahan Surdia N.M dari *Physical Chemistry* (1987). Jakarta : Erlangga.
- Billmeyer, F.W. 1970. *Text Books of Polymer Science*. 2nd edition. New York : John Willey & Sons. Inc.
- Cotton, F.A. dan G.Wilkinson. 1989. *Kimia Anorganik Dasar*. Terjemahan Saharti Suharto dari *Inorganic Chemistry* (1989). Jakarta : UI-Press.
- Hewitt, C.N. 1991. *Instrumental Analysis of Pollutants*. New York : Elsevier Science Publishers, Ltd. New York.
- Kobayashi, K. dan S. Hiroshi. 1978. *Polymer Bulletin*. Volume 1. 121-125. New York. : Springer-Verlag.
- Khopkar, S.M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analiti*. Saptorahardjo. Jakarta : UI-Press.
- Keenan, C.W. K.C. Donald. Dan W.H. Jesse . 1986. *Ilmu Kimia untuk Universitas*. Alloysius Handayana Pudjaatmaka Jakarta :Erlangga.
- Mulder, M. 1991. *Basic Principles of Membrans Technology*. London : Kluwer Academic Publisher.
- Othmer, K. 1963. *Encyclopedia of Chemical Technology*. 2nd edition. Volume 1. 421-453. New York : John Willey & Sons. Inc.

- Othmer, K. 1968. *Encyclopedia of Chemical Technology*. 2nd edition. Volume 21. 353-364. New York : John Willey & Sons. Inc.
- Othmer, K. 1968. *Encyclopedia of Chemical Technology*. 2nd edition. Volume 22. 353-364. New York : John Willey & Sons. Inc.
- Othmer, K. 1992. *Encyclopedia of Chemical Technology*. 7nd edition.. New York : Mc Grow & Hill.
- Prayoga, C.C. 1981. *Ilmu Kimia Physika II*. Malang : Proyek Pengembangan Pembangunan Perguruan Tinggi UNIBRAW.
- Surdia, T. dan S. Sinroku. 1999. *Pengetahuan Bahan Tehnik*. Jakarta. : Pradya Paramita.
- Stecker, P. 1960. *The Merk Index of Chemical and Drugs*. 7nd edition. New York : Merk & Co. Inc.
- Saunders, K.J. 1994. *Organic Polimer Chemistry*. 2nd edition. London. : Blachle Academic & Professional, Chapman & Hall.
- Svehla, G. 1990. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif makro dan Semimikro*. A. Handayana Pudjaatmaka. dan L. Setiono. Edisi ke Lima. Jakarta. : PT. Kalman Media Pustaka.
- Sumarni, E. 2002. *Studi Optimasi Parameter Sulfonasi Poli(vinyl alko'hol)*. Jember : Skripsi FMIPA Universitas Jember.
- Sjahriza, A. 1995. *Penerapan Membran Polimer sintetik Sebagai Media pada Proses Mikroenkapsulasi*. Bandung : ITB
- Wenten, I.G. 2001. *Teknologi Membran*. Malang : UNIBROW.



Lampiran 1. Preparasi larutan logam, reagen dan buffer pH.**1. Preparasi Larutan Logam**

Senyawa logam yang digunakan adalah NaNO_3 , Hg_2Cl_2 , $\text{FeCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ karena kemudahannya: larut dalam air.

Masing-masing larutan logam dibuat larutan standar 500 ppm, yaitu x milligram senyawa logam dilarutkan dalam 100 ml aquades. Untuk $\text{FeCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, Hg_2Cl_2 ditambah sedikit HCl 0,1 M.

Dimana x masing-masing logam adalah :

- | | | | |
|--|--------------|--|---------------|
| 1. NaNO_3 | = 185,489 mg | 4. Hg_2Cl_2 | = 117,727 mg |
| 2. $\text{FeCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | = 145,737 mg | 5. $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ | = 160,929 mg |
| 3. $\text{FeCl}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ | = 209,730 mg | 6. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ | = 1234,894 mg |

2. Preparasi Larutan Reagent

1. Ion logam Hg(I) dengan reagen dithizon 0,0025%, yaitu dengan melarutkan 0,0025 gram dithizon kedalam 100 ml kloroform.
2. Ion logam Fe(II) dengan reagen phenantrolin 0,1%, yaitu dengan melarutkan 0,1 gram kedalam 100 ml larutan 2-propanol.
3. Ion logam Al(III) dengan reagen alizarin 0,1%, yaitu dengan melarutkan 0,1 gram alizarin kedalam 100 ml 2-propanol.
4. Ion logam Fe(III) dengan reagen tiosianat 0,1 M, yaitu dengan melarutkan 0.852 gram KSCN kedalam 100 ml Aquades.

3. Preparasi Larutan Buffer pH 2 sampai pH 9

3.1. Larutan Buffer pH 2, pH 3, dan pH 4

50 ml larutan KH ptalat 0,1 M ditambah x ml HCl 0,1 M kemudian diencerkan sampai menjadi 100 ml.

$$x \text{ untuk } \text{pH } 2 = 49,5 \text{ ml}$$

$$\text{pH } 3 = 22,3 \text{ ml}$$

$$\text{pH } 4 = 0,1 \text{ ml}$$

3.2. Larutan Buffer pH 5

50 ml KH ptalat 0,1 M (20,42 g/L) ditambah 22,6 ml NaOH 0,1 M kemudian diencerkan sampai menjadi 100 ml.

3.3. Larutan Buffer pH 6, pH 7, dan pH 8

50 ml larutan KH_2PO_4 0,1 M (13,6 gr/L) ditambah x ml NaOH 0,1 M kemudian diencerkan sampai menjadi 100 ml.

$$x \text{ untuk } \text{pH } 6 = 5,6 \text{ ml}$$

$$\text{pH } 7 = 29,1 \text{ ml}$$

$$\text{pH } 8 = 46,1 \text{ ml}$$

3.4. Larutan Buffer pH 9

50 ml asam borak ditambah 20,8 NaOH 0,1 M dan 0,27 ml KCl 0,1 M kemudian diencerkan sampai menjadi 100 ml.

Lampiran 2. Data Optimasi Panjang Gelombang Maksimum

a. Ion Logam Fe(II) dengan phenantrolin

P. Gelombang	Absorbansi	P. Gelombang	Absorbansi
400	0,541	553	0,280
403	0,559	556	0,211
406	0,578	559	0,212
409	0,602	562	0,191
412	0,624	565	0,171
415	0,647	568	0,152
418	0,667	571	0,137
421	0,689	574	0,125
424	0,711	577	0,114
427	0,730	580	0,104
430	0,749	583	0,097
433	0,733	586	0,089
436	0,750	589	0,083
439	0,760	592	0,078
442	0,777	595	0,073
445	0,788	598	0,069
448	0,801	601	0,065
451	0,831	604	0,062
454	0,828	607	0,060
457	0,843	610	0,057
460	0,862	613	0,055
463	0,882	616	0,053
466	0,902	619	0,052
469	0,920	622	0,051
472	0,935	625	0,050
475	0,947	628	0,045
478	0,955	631	0,045
481	0,958	634	0,044
484	0,960	637	0,044
487	0,962	640	0,044
490	0,964	643	0,043
493	0,968	646	0,043
496	0,973	649	0,042
499	0,982	652	0,042
502	0,992	655	0,042
505	1,002	658	0,042
508	1,007	661	0,042
511	1,008	664	0,042
514	0,999	667	0,042
517	0,979	670	0,042
520	0,950	673	0,042
523	0,904	676	0,042
526	0,850	679	0,042
529	0,786	682	0,042
532	0,721	685	0,042
535	0,650	688	0,042
538	0,572	691	0,042
541	0,502	694	0,042
544	0,435	697	0,042
547	0,378	700	0,042
550	0,323		

b. Ion Logam Fe(III) dengan KSCN

P. Gelombang	Absorbansi	P. Gelombang	Absorbansi
301	0,038	451	0,035
304	0,038	454	0,035
307	0,038	457	0,035
310	0,038	460	0,035
313	0,038	463	0,035
316	0,038	466	0,035
319	0,038	469	0,035
322	0,038	472	0,035
325	0,039	475	0,035
328	0,038	478	0,035
331	0,042	481	0,035
334	0,042	484	0,035
337	0,045	487	0,035
340	0,045	490	0,035
343	0,046	493	0,035
346	0,049	496	0,035
349	0,049	499	0,035
352	0,048	502	0,035
355	0,045	505	0,035
358	0,042	508	0,035
361	0,041	511	0,035
364	0,040	514	0,035
367	0,039	517	0,035
370	0,038	520	0,035
373	0,038	523	0,035
376	0,038	526	0,035
379	0,038	529	0,035
382	0,038	532	0,035
385	0,038	535	0,035
388	0,038	538	0,035
391	0,038	541	0,035
394	0,037	544	0,035
397	0,037	547	0,035
400	0,037	550	0,035
403	0,037	553	0,035
406	0,037	556	0,035
409	0,037	559	0,035
412	0,037	562	0,035
415	0,036	565	0,035
418	0,036	568	0,035
421	0,036	571	0,035
424	0,036	574	0,035
427	0,036	577	0,035
430	0,036	580	0,035
433	0,036	583	0,035
436	0,035	586	0,035
439	0,035	589	0,035
442	0,035	592	0,035
445	0,035	595	0,035
448	0,035	598	0,035

c. Logam Hg(I) dengan ditizon

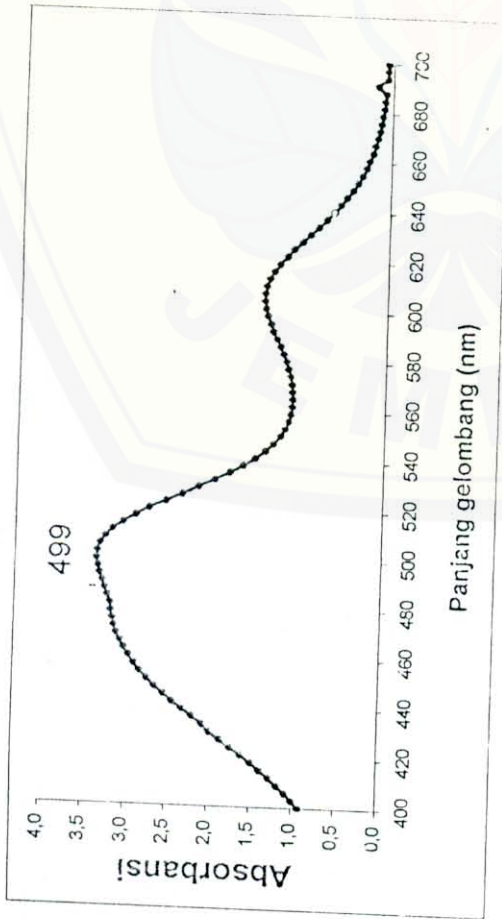
d. Logam Al(III) dengan Alizarin

P. Gelombang	Absorbansi	P. Gelombang	Absorbansi
400	0,915	556	1,143
403	0,998	559	1,119
406	1,079	562	1,106
409	1,178	565	1,101
412	1,278	568	1,104
415	1,385	571	1,114
418	1,491	574	1,131
421	1,611	577	1,155
424	1,740	580	1,184
427	1,864	583	1,215
430	1,996	586	1,257
433	2,074	589	1,299
436	2,202	592	1,342
439	2,320	595	1,378
442	2,440	598	1,415
445	2,540	601	1,441
448	2,649	604	1,455
451	2,742	607	1,455
454	2,827	610	1,438
457	2,898	613	1,403
460	2,967	616	1,349
463	3,020	619	1,287
466	3,068	622	1,205
469	3,111	625	1,124
472	3,144	628	1,024
475	3,166	631	0,933
478	3,184	634	0,837
481	3,199	637	0,748
484	3,230	640	0,659
487	3,265	643	0,587
490	3,291	646	0,515
493	3,326	649	0,451
496	3,341	652	0,391
499	3,362	655	0,344
502	3,354	658	0,298
505	3,325	661	0,261
508	3,268	664	0,225
511	3,182	667	0,199
514	3,059	670	0,171
517	2,915	673	0,151
520	2,758	676	0,133
523	2,560	679	0,119
526	2,369	682	0,105
529	2,177	685	0,095
532	1,987	688	0,086
535	1,816	691	0,179
538	1,651	694	0,073
541	1,520	697	0,068
544	1,402	700	0,064
547	1,314		
550	1,237		
553	1,184		

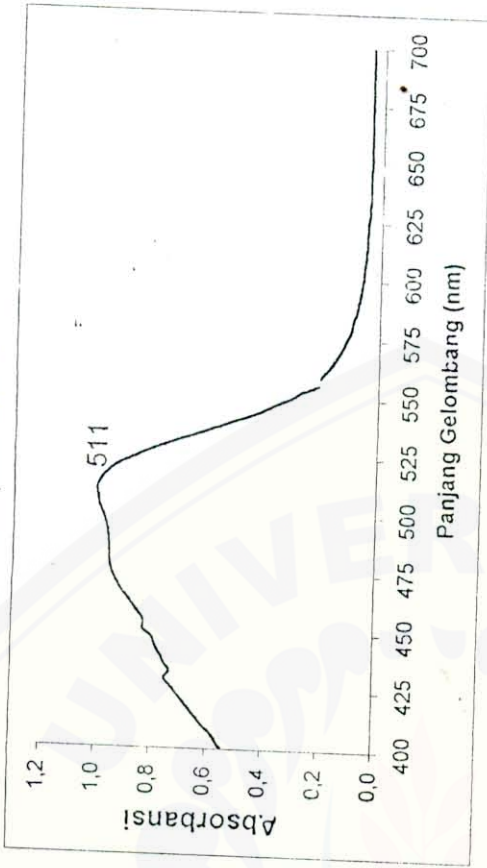
P. Gelombang	Absorbansi	P. Gelombang	Absorbansi
400	0,172	556	0,240
403	0,174	559	0,233
406	0,175	562	0,231
409	0,177	565	0,223
412	0,179	568	0,214
415	0,181	571	0,207
418	0,183	574	0,197
421	0,180	577	0,189
424	0,183	580	0,179
427	0,193	583	0,171
430	0,197	586	0,163
433	0,169	589	0,154
436	0,174	592	0,145
439	0,179	595	0,138
442	0,185	598	0,131
445	0,191	601	0,123
448	0,197	604	0,117
451	0,204	607	0,111
454	0,211	610	0,105
457	0,217	613	0,100
460	0,224	616	0,095
463	0,231	619	0,091
466	0,238	622	0,086
469	0,244	625	0,083
472	0,251	628	0,076
475	0,257	631	0,073
478	0,264	634	0,071
481	0,270	637	0,069
484	0,275	640	0,067
487	0,281	643	0,065
490	0,286	646	0,063
493	0,290	649	0,062
496	0,293	652	0,060
499	0,297	655	0,060
502	0,300	658	0,059
505	0,302	661	0,058
508	0,303	664	0,057
511	0,304	667	0,057
514	0,304	670	0,056
517	0,304	673	0,056
520	0,303	676	0,055
523	0,301	679	0,055
526	0,298	682	0,055
529	0,295	685	0,055
532	0,290	688	0,055
535	0,286	691	0,054
538	0,281	694	0,054
541	0,275	697	0,054
544	0,268	700	0,054
547	0,262		
550	0,255		
553	0,248		

Lampiran 3. Grafik Optimasi Panjang Gelombang Maksimum Logam Dengan Reagen

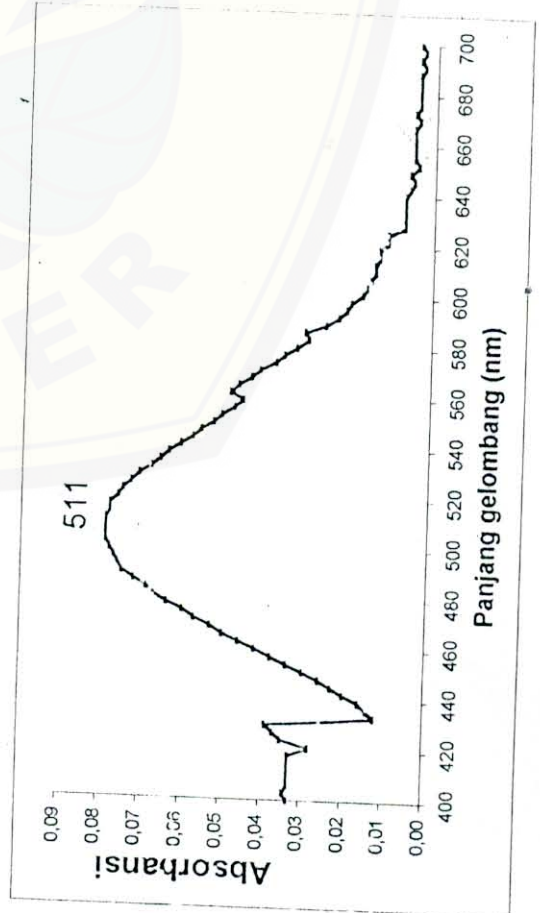
a. Logam Hg(I) dengan Ditizon



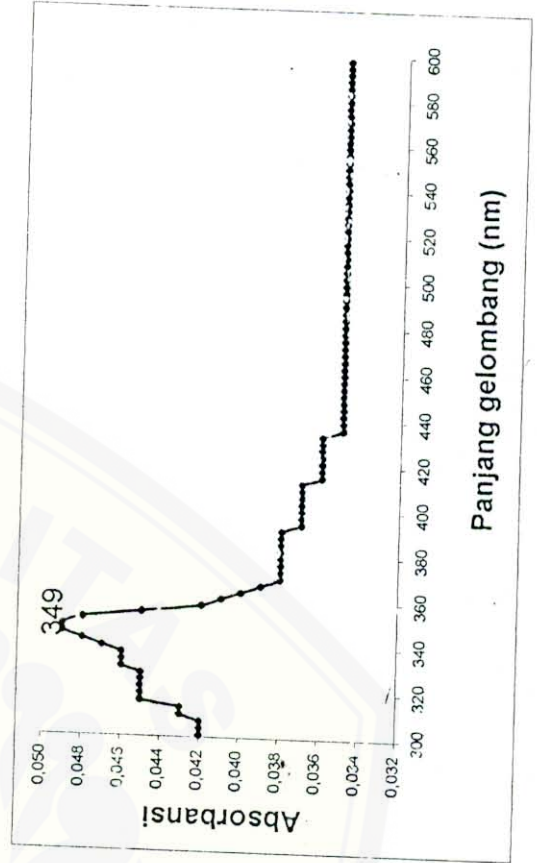
c. Logam Fe(II) dengan 1, 10 penantrolin



b. Logam Al(III) dengan alizarin



d. Logam Fe(III) dengan tiosianat



Lampiran 4. Data Optimasi pH untuk kompleks logam dengan Reagen

a. Logam Fe(III) dengan tiosianat

pH	Absorbansi			Rata-rata
4	0,083	0,086	0,075	0,081
5	0,083	0,082	0,084	0,083
6	0,093	0,082	0,089	0,088
7	0,093	0,105	0,095	0,098
8	0,079	0,088	0,085	0,084

b. Logam Al(III) dengan Alizarin

pH	Absorbansi			Rata-rata
4	0,158	0,163	0,161	0,161
5	0,223	0,221	0,221	0,222
6	0,169	0,172	0,168	0,171
7	0,242	0,241	0,242	0,242
8	0,340	0,336	0,323	0,338
9	0,306	0,317	0,317	0,312

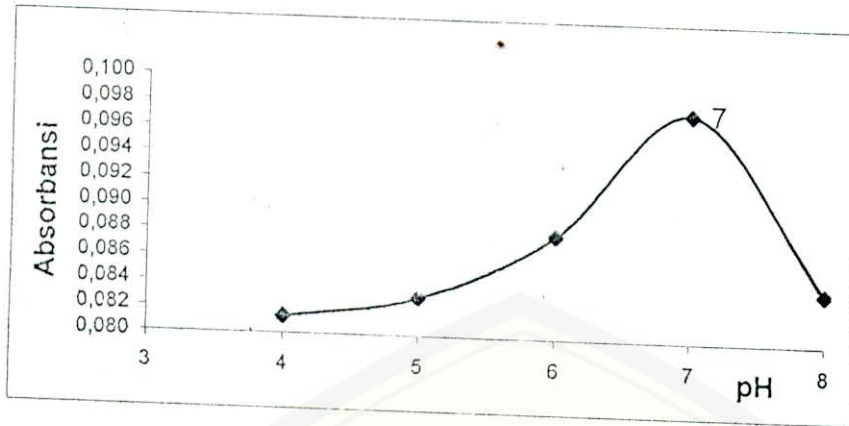
c. Logam Hg(I) dengan Ditizon

pH	Absorbansi				Rata-rata
4	2,411	2,429	2,408	2,429	2,419
5	2,453	2,419	2,425	2,429	2,419
6	2,272	2,265	2,266	2,261	2,445
7	2,449	2,443	2,459	2,430	2,432
8	2,208	2,195	2,193	2,190	2,266

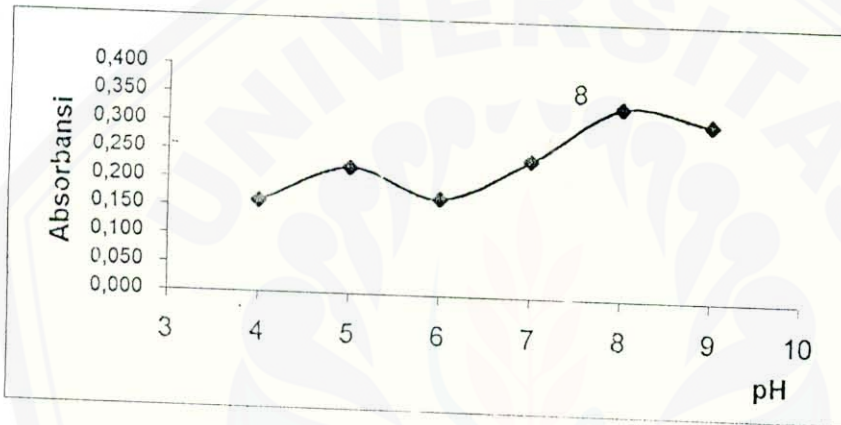
d. Logam Fe(II) dengan phenantrolin

pH	Absorbansi			Rata-rata
4	0,130	0,131	0,131	0,131
5	0,147	0,149	0,149	0,148
6	0,130	0,130	0,130	0,130
7	0,129	0,129	0,129	0,129
8	0,153	0,153	0,154	0,153
9	0,124	0,125	0,127	0,125

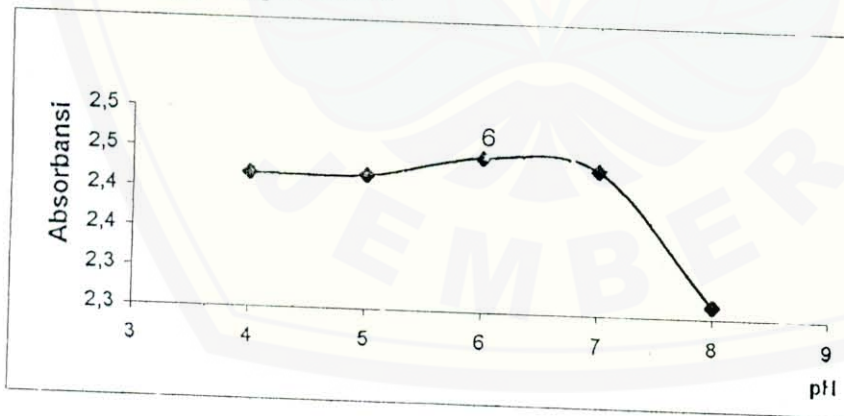
a. Logam Fe(III) dengan tiosianat



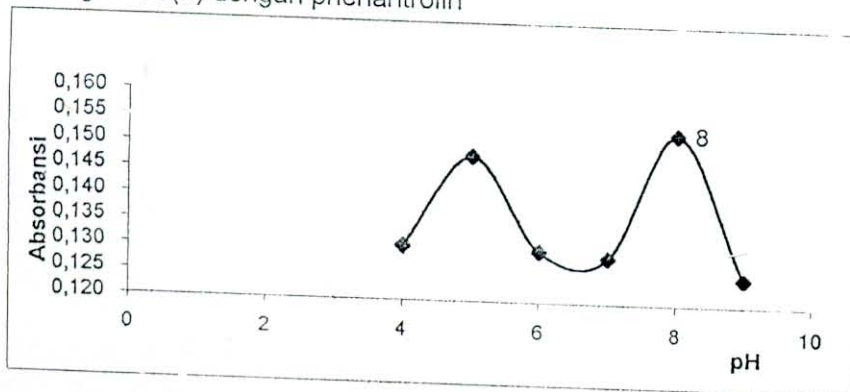
b. Logam Al(III) dengan Alizarin



c. Logam Hg(I) dengan Ditizon



d. Logam Fe(II) dengan phenantrolin



Lampiran 6. Data Kalibrasi masing-masing Logam

a. Logam Na(I)

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi			Rata-rata
2	0,050	0,050	0,050	0,050
4	0,070	0,070	0,060	0,067
6	0,090	0,090	0,090	0,090
8	0,100	0,090	0,100	0,097
10	0,120	0,120	0,120	0,120
12	0,130	0,130	0,130	0,130

b. Logam Hg(I)

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi				Rata-rata
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	3,117	3,210	3,115	3,111	3,138

c. Logam Ca(II)

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi			Rata-rata
4	0,01	0,01	0,01	0,01
6	0,02	0,02	0,02	0,02
8	0,03	0,03	0,03	0,03
10	0,05	0,05	0,05	0,05
12	0,06	0,06	0,06	0,06

d. Logam Fe(II)

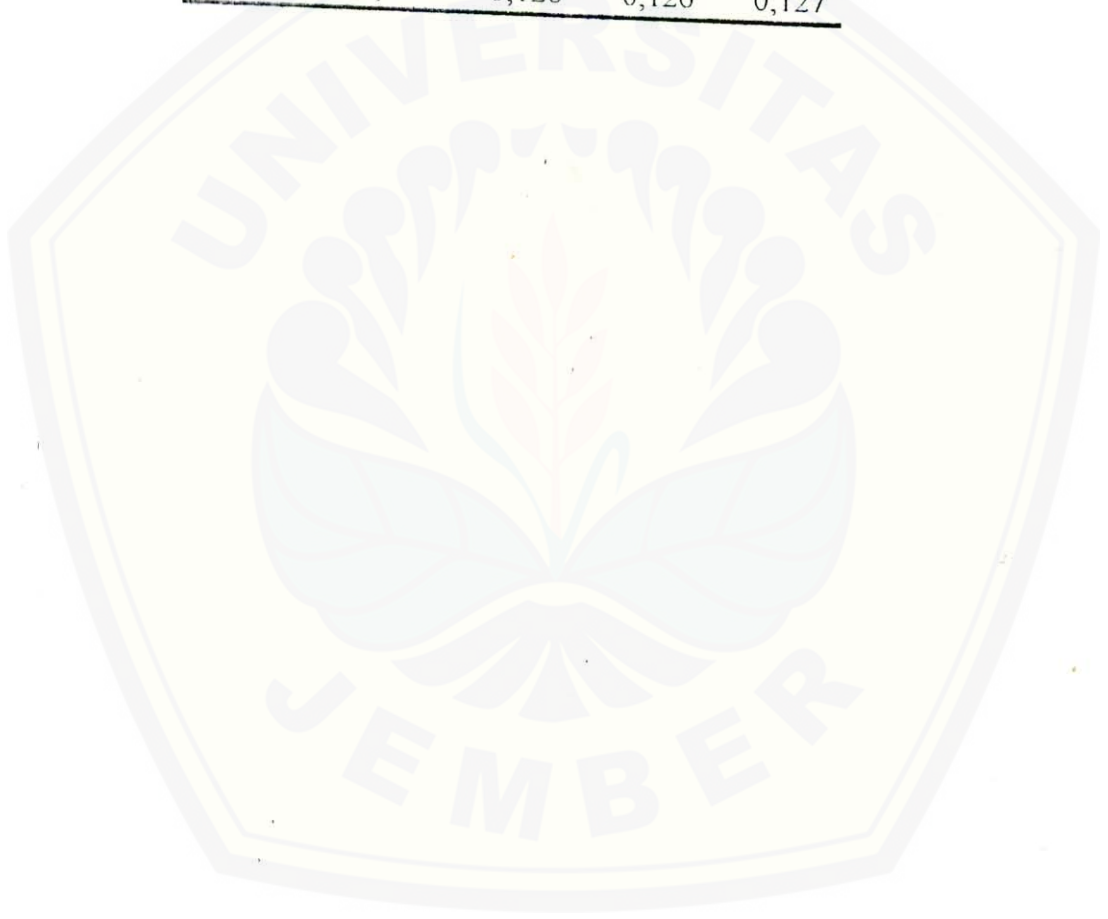
Konsentrasi (ppm)	Absorbansi			Rata-rata
2	0,041	0,040	0,040	0,040
4	0,078	0,077	0,077	0,077
6	0,121	0,121	0,123	0,122
8	0,153	0,154	0,153	0,153
10	0,166	0,166	0,166	0,166
12	0,201	0,202	0,202	0,202
14	0,246	0,246	0,245	0,246
16	0,281	0,281	0,281	0,281
18	0,309	0,310	0,310	0,310
20	0,351	0,352	0,351	0,351

e. Logam Al(III)

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi			Rata-rata
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

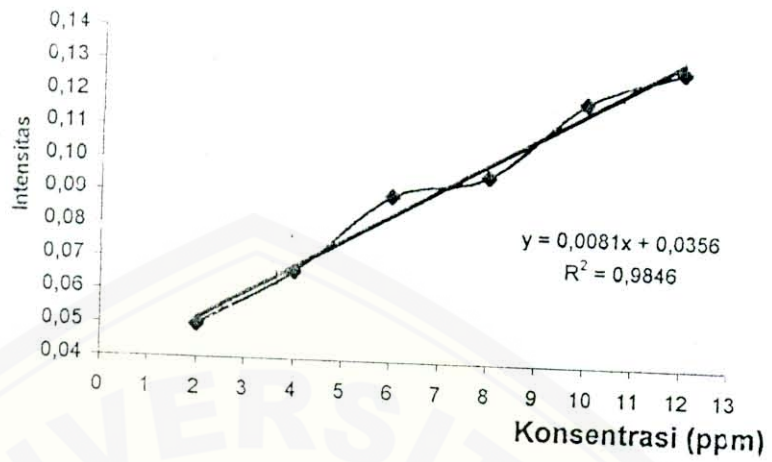
f. Logam Fe(III)

Konsentra:	Absorbansi			Rata-rata
0,5	0,067	0,061	0,063	0,064
1	0,061	0,067	0,071	0,065
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

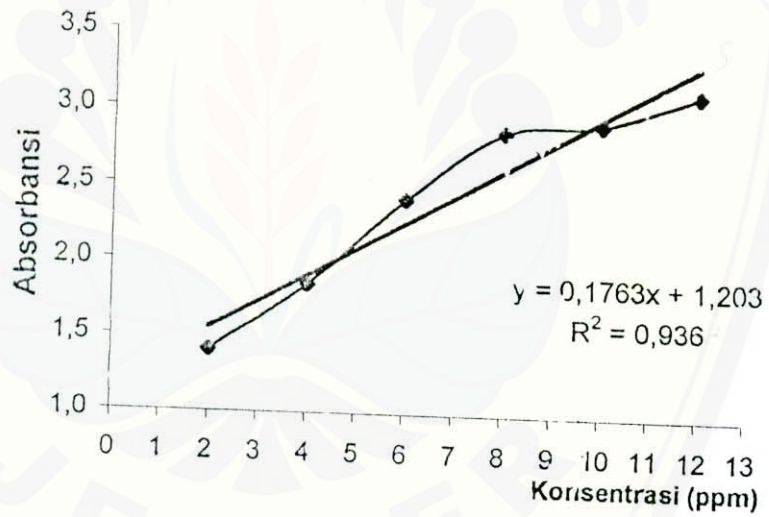


Lampiran 7. Kurva Kalibrasi Masing-masing Logam

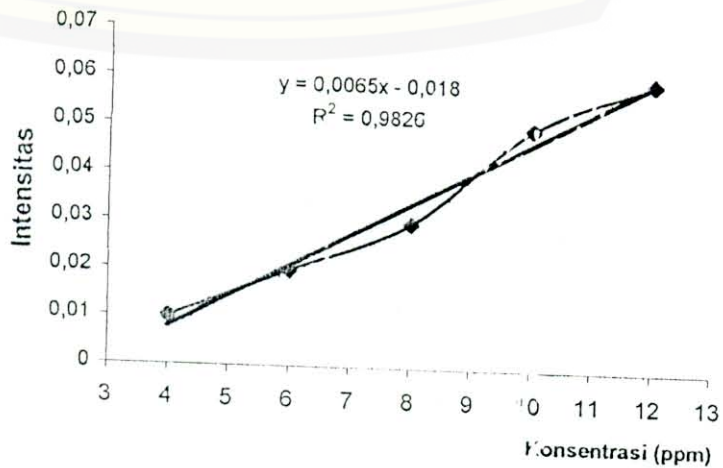
a. Logam Na(I)



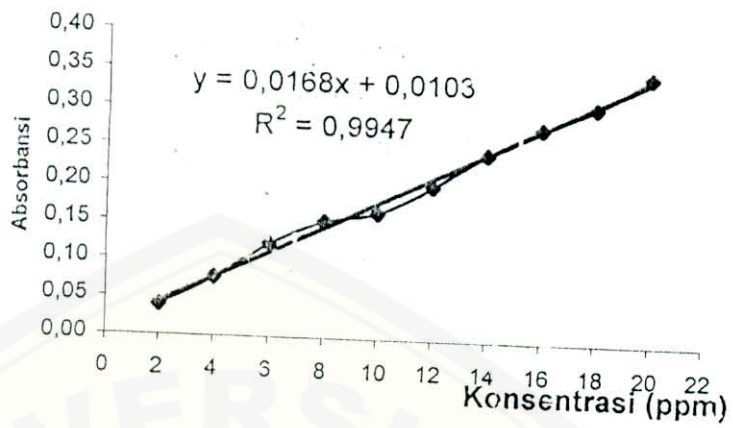
b. Logam Hg(I)



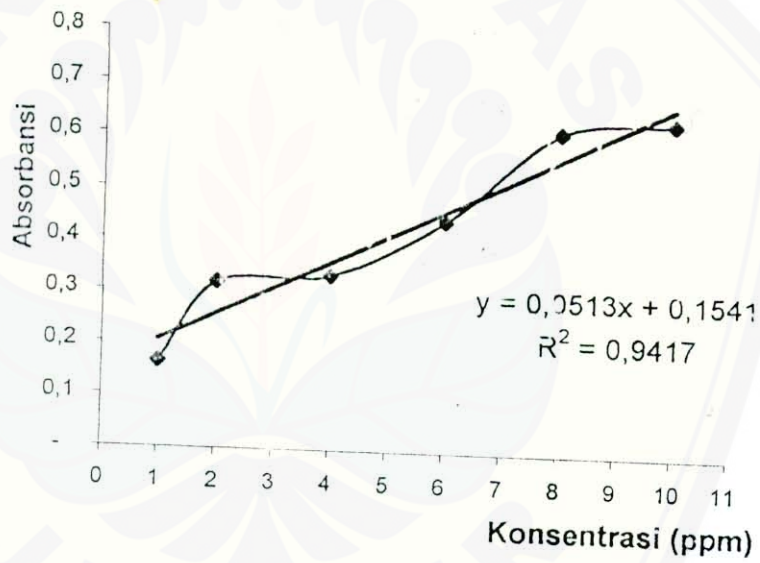
c. Logam Ca(II)



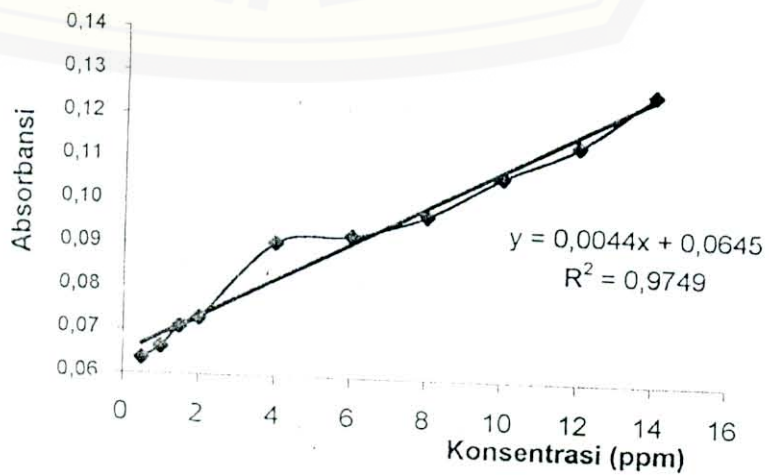
d. Logam Fe(II)



e. Logam Al(III)



f. Logam Fe(III)



Lampiran 8. Data pengamatan pengaruh suhu adsorpsi membran poli(vinyl hidrogen sulfat) Terhadap ion logam

Muatan	Logam	Suhu (oC)	Pengulangan					Rata-rata	SD	RSD	Konstrasi Awal (ppm)	Konstrasi Sisa (ppm)	Konstrasi Teradsorpsi (ppm)
			1	2	3	4	5						
1	Na	20	0,100	0,090	0,090	0,100	0,080	0,092	0,008	9,094	8,000	6,963	1,037
		30	0,080	0,080	0,090	0,070	0,070	0,078	0,008	10,726	8,000	5,235	2,765
		40	0,080	0,070	0,080	0,080	0,090	0,080	0,007	8,839	8,000	5,481	2,519
		50	0,080	0,100	0,090	0,080	0,080	0,086	0,009	10,400	8,000	6,222	1,778
									$y = 0,0081x + 0,0356$				
2	Hg	20	2,336	2,354	2,352	2,316	2,310	2,334	0,020	0,009	8,000	6,413	1,587
		30	2,232	2,230	2,232	2,230	2,231	2,231	0,001	0,000	8,000	5,831	2,169
		40	2,350	2,250	2,200	2,229	2,340	2,274	0,067	0,030	8,000	6,074	1,926
		50	2,073	2,049	2,006	2,075	2,008	2,042	0,034	0,017	8,000	4,760	3,240
		60	2,370	2,355	2,354	2,352	2,359	2,358	0,007	0,003	8,000	6,551	1,449
2	Ca	20	0,030	0,030	0,020	0,030	0,030	0,028	0,004	0,160	8,000	4,585	3,415
		30	0,020	0,020	0,020	0,030	0,030	0,024	0,005	0,228	8,000	3,969	4,031
		40	0,030	0,020	0,020	0,020	0,020	0,022	0,004	0,203	8,000	3,662	4,338
		50	0,020	0,010	0,010	0,010	0,010	0,012	0,004	0,373	8,000	2,123	5,877
		60	0,030	0,040	0,030	0,030	0,020	0,030	0,007	0,236	8,000	4,892	3,108
2	Fe	20	0,144	0,149	0,140	0,130	0,145	0,142	0,007	0,051	8,000	7,815	0,185
		30	0,142	0,142	0,133	0,133	0,137	0,137	0,005	0,033	8,000	7,565	0,435
		40	0,136	0,135	0,135	0,135	0,136	0,135	0,001	0,004	8,000	7,446	0,554
		50	0,139	0,138	0,136	0,141	0,138	0,138	0,002	0,013	8,000	7,625	0,375
									$y = 0,0168x + 0,0103$				

Muatan	Logam	Suhu (oC)	Pengulangan					RSD	Konstrasi Awal (ppm)	Konstrasi Sisa (ppm)	Konst. Teradsorpsi (ppm)
			1	2	3	4	5				
3	Al	10	0,525	0,522	0,518	0,514	0,530	0,522	8,000	7,168	0,832
		20	0,323	0,322	0,328	0,337	0,328	0,328	8,000	3,382	4,618
		30	0,330	0,326	0,330	0,330	0,329	0,329	8,000	3,409	4,591
		40	0,337	0,341	0,351	0,348	0,338	0,343	8,000	3,682	4,318
		50	0,346	0,328	0,333	0,340	0,339	0,337	8,000	3,569	4,431
3	Fe	10	0,079	0,082	0,081	0,075	0,072	0,078	8,000	3,023	4,977
		20	0,063	0,061	0,071	0,067	0,070	0,066	8,000	0,432	7,568
		30	0,074	0,080	0,079	0,081	0,074	0,078	8,000	2,977	5,023
		40	0,070	0,083	0,071	0,086	0,074	0,077	8,000	2,795	5,205
		50	0,068	0,066	0,077	0,075	0,070	0,071	8,000	1,523	6,477

$$y = 0,0513x + 0,1541$$

$$y = 0,0044x + 3,0645$$

Muatan	Logam	pH	Pengulangan					Rata-rata	SD	RSD	Konstrasi		Konstrasi Terakumulasi (ppm)		
			1	2	3	4	5				Awal (ppm)	Sisa (ppm)			
3	Al ⁺	4	0,330	0,329	0,323	0,314	0,316	0,322	0,0073	0,023	8,000	3,281	4,719		
		5	0,303	0,304	0,303	0,305	0,305	0,304	0,0010	0,003	8,000	2,922	5,078		
		6	0,272	0,272	0,272	0,274	0,273	0,273	0,0009	0,003	8,000	2,310	5,690		
		7	0,323	0,323	0,323	0,314	0,316	0,320	0,0044	0,014	8,000	3,230	4,770		
		8	0,330	0,329	0,327	0,332	0,330	0,330	0,0018	0,006	8,000	3,421	4,579		
					$y = 0,0513x + 0,1541$										
		4	0,078	0,075	0,078	0,082	0,079	0,078	0,0025	0,032	8,000	3,133	4,867		
		5	0,087	0,083	0,089	0,083	0,091	0,087	0,0036	0,041	8,000	4,955	3,044		
6	0,055	0,066	0,067	0,060	0,070	0,066	0,0035	0,055	8,000	0,289	7,711				
7	0,068	0,071	0,070	0,064	0,068	0,068	0,0027	0,039	8,000	0,867	7,133				
8	0,095	0,099	0,104	0,099	0,104	0,100	0,0038	0,038	8,000	7,978	0,022				
			$y = 0,0044x + 0,0645$												

Lampiran 10. Data pengamatan pengaruh waktu adsorpsi membran poly(vinyl hidrogen sulfat) Terhadap logam

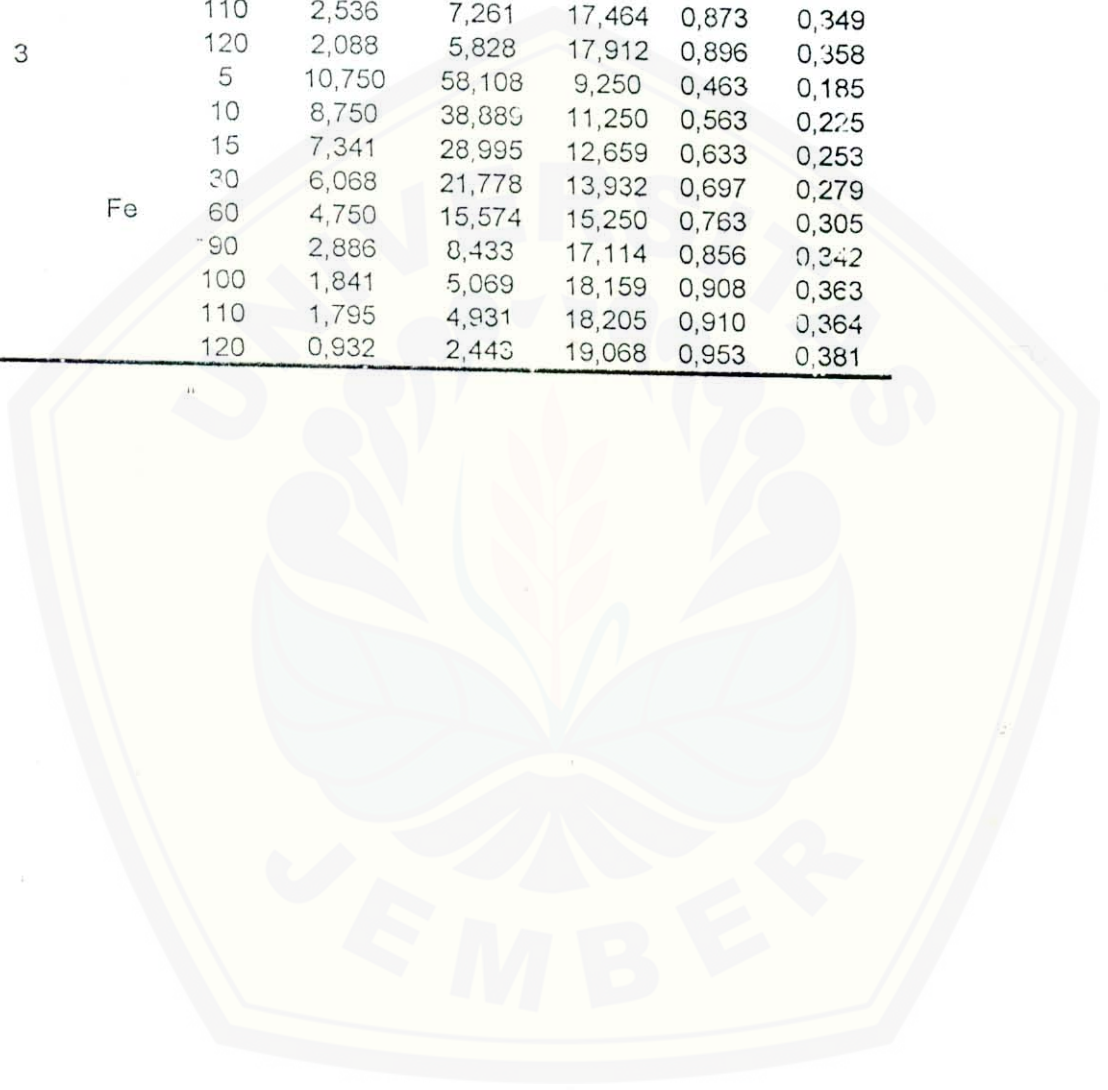
Muatan Logam	waktu	Pengulangan					Rata-rata	SD	RSD	Konstrasi Awal (ppm)	Konstrasi Sisa (ppm)	Konst. Teradsorpsi (ppm)	Masa Teradsorpsi (mg)	Kapasitas (mg/3 mm ³)	Selektifitas(%)	
		1	2	3	4	5										
Na	5	0,080	0,080	0,070	0,070	0,080	0,076	0,005	0,072	20,000	4,988	15,012	0,751	0,250	75,062	
	10	0,070	0,070	0,060	0,070	0,060	0,066	0,005	0,083	20,000	3,753	16,247	0,812	0,271	81,235	
	15	0,060	0,060	0,060	0,050	0,060	0,058	0,004	0,077	20,000	2,765	17,235	0,862	0,287	86,173	
	30	0,060	0,050	0,050	0,050	0,060	0,054	0,005	0,101	20,000	2,272	17,728	0,886	0,295	88,642	
	60	0,060	0,050	0,050	0,040	0,050	0,050	0,007	0,141	20,000	1,778	18,222	0,911	0,304	91,111	
	90	0,050	0,040	0,050	0,040	0,050	0,046	0,005	0,119	20,000	1,284	18,716	0,936	0,312	93,580	
	100	0,050	0,040	0,050	0,040	0,050	0,046	0,005	0,119	20,000	1,284	18,716	0,936	0,312	93,580	
	110	0,040	0,040	0,050	0,050	0,040	0,044	0,005	0,124	20,000	1,037	18,963	0,948	0,316	94,815	
	120	0,040	0,040	0,040	0,040	0,050	0,042	0,004	0,106	20,000	0,790	19,210	0,960	0,320	96,049	
					$y = 0,0081x + 0,0356$											
	Hg	5	2,960	2,970	2,944	2,942	2,960	2,955	0,012	0,004	20,000	9,939	10,061	0,503	0,168	50,306
		10	2,934	2,930	2,930	2,931	2,932	2,931	0,002	0,001	20,000	9,804	10,196	0,510	0,170	50,981
15		2,928	2,927	2,927	2,924	2,930	2,927	0,002	0,001	20,000	9,780	10,220	0,511	0,170	51,100	
30		2,921	2,922	2,924	2,921	2,921	2,922	0,001	0,000	20,000	9,749	10,251	0,513	0,171	51,254	
60		2,917	2,914	2,921	2,914	2,913	2,916	0,003	0,001	20,000	9,715	10,285	0,514	0,171	51,424	
90		2,908	2,908	2,906	2,913	2,903	2,908	0,004	0,001	20,000	9,669	10,331	0,517	0,172	51,656	
100		2,890	2,890	2,900	2,890	2,900	2,894	0,005	0,002	20,000	9,592	10,408	0,520	0,173	52,042	
110		2,840	2,840	2,845	2,849	2,880	2,851	0,017	0,006	20,000	9,347	10,653	0,533	0,178	53,267	
120		2,740	2,749	2,750	2,740	2,760	2,748	0,008	0,003	20,000	8,762	11,238	0,562	0,187	56,189	
					$y = 0,1763x + 1,203$											
Ca		5	0,040	0,040	0,030	0,030	0,040	0,036	0,005	0,152	20,000	8,308	11,692	0,565	0,195	58,462
		10	0,040	0,030	0,030	0,030	0,040	0,034	0,005	0,161	20,000	8,000	12,000	0,600	0,200	60,000
	15	0,040	0,030	0,020	0,030	0,030	0,030	0,007	0,236	20,000	7,385	12,615	0,631	0,210	63,077	
	30	0,030	0,030	0,020	0,030	0,030	0,028	0,004	0,160	20,000	7,077	12,923	0,646	0,215	64,615	
	60	0,030	0,030	0,020	0,030	0,030	0,028	0,004	0,160	20,000	7,077	12,923	0,646	0,215	64,615	
	90	0,030	0,030	0,020	0,020	0,030	0,026	0,005	0,211	20,000	6,769	13,231	0,662	0,221	66,154	
	100	0,030	0,020	0,020	0,020	0,030	0,024	0,005	0,228	20,000	6,462	13,538	0,677	0,226	67,692	
	110	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,022	0,004	0,203	20,000	6,154	13,846	0,692	0,231	69,231	
	120	0,020	0,010	0,020	0,020	0,020	0,018	0,004	0,248	20,000	5,538	14,462	0,723	0,241	72,308	
					$y = 0,0065x - 0,018$											

Muatan Logam	waktu	Pengulangan					RSD	Konstrasi Awal (ppm)	Konstrasi Sisa (ppm)	Konst. Teradsorpsi (ppm)	Masa Teradsorpsi (mg)	Kapasitas (mg/3 mm3)	Selektifitas(%)	
		1	2	3	4	5								
2 Fe	5	0,342	0,342	0,343	0,342	0,345	0,004	20,000	19,792	0,208	0,010	0,003	1,042	
	10	0,329	0,329	0,330	0,313	0,311	0,050	20,000	18,577	1,423	0,071	0,024	7,113	
	15	0,298	0,297	0,295	0,295	0,296	0,004	20,000	17,018	2,982	0,149	0,050	14,911	
	30	0,280	0,291	0,290	0,280	0,291	0,006	20,000	16,435	3,565	0,178	0,059	17,827	
	60	0,270	0,270	0,272	0,272	0,271	0,004	20,000	15,530	4,470	0,224	0,075	22,351	
	90	0,261	0,266	0,266	0,270	0,266	0,012	20,000	15,208	4,792	0,240	0,080	23,958	
	100	0,258	0,257	0,258	0,253	0,256	0,008	20,000	14,649	5,351	0,268	0,089	26,756	
	110	0,238	0,238	0,236	0,240	0,238	0,007	20,000	13,577	6,423	0,321	0,107	32,113	
	120	0,233	0,233	0,232	0,232	0,232	0,002	20,000	13,220	6,780	0,339	0,113	33,899	
			$y = 0,0168x + 0,103$											
	3 Al	5	0,372	0,375	0,374	0,375	0,374	0,003	20,000	4,287	15,713	0,786	0,262	78,567
		10	0,341	0,340	0,342	0,342	0,345	0,005	20,000	3,663	16,337	0,317	0,272	81,686
15		0,330	0,331	0,331	0,329	0,328	0,004	20,000	3,425	16,575	0,829	0,276	82,875	
30		0,327	0,328	0,326	0,325	0,326	0,003	20,000	3,359	16,641	0,832	0,277	83,207	
60		0,311	0,314	0,315	0,317	0,319	0,010	20,000	3,140	16,860	0,843	0,281	84,298	
90		0,304	0,305	0,308	0,307	0,305	0,005	20,000	2,957	17,043	0,852	0,284	85,214	
100		0,298	0,299	0,300	0,301	0,302	0,005	20,000	2,844	17,156	0,858	0,286	85,780	
110		0,282	0,282	0,290	0,285	0,282	0,012	20,000	2,536	17,464	0,873	0,291	87,320	
120		0,261	0,262	0,261	0,260	0,262	0,003	20,000	2,088	17,912	0,896	0,299	89,561	
			$y = 0,0513x + 0,1541$											
3 Fe		5	0,107	0,108	0,113	0,116	0,115	0,037	20,000	10,750	9,250	0,463	0,154	46,250
		10	0,104	0,102	0,102	0,103	0,104	0,010	20,000	8,750	11,250	0,563	0,183	56,250
	15	0,098	0,094	0,097	0,096	0,099	0,020	20,000	7,341	12,659	0,633	0,211	53,295	
	30	0,088	0,091	0,092	0,093	0,092	0,021	20,000	6,068	13,932	0,697	0,232	69,659	
	60	0,083	0,086	0,085	0,087	0,086	0,018	20,000	4,750	15,250	0,763	0,254	76,250	
	90	0,077	0,074	0,077	0,075	0,083	0,045	20,000	2,886	17,114	0,856	0,285	85,568	
	100	0,075	0,072	0,071	0,072	0,073	0,021	20,000	1,841	18,159	0,908	0,303	90,795	
	110	0,071	0,072	0,072	0,074	0,073	0,016	20,000	1,795	18,205	0,910	0,303	91,023	
	120	0,068	0,071	0,069	0,066	0,069	0,026	20,000	0,932	19,068	0,953	0,318	95,341	
			$y = 0,0044x + 0,0645$											

Lampiran 11. Data kuantitatif adsorpsi langmuir

Muatan	Logam	waktu	Konstrasi Sisa C (ppm)	C/(x/m) ppm	Konst. Teradsorpsi (ppm)	Massa Teradsorpsi X (mg)	x/m		
1	Na	5	4,988	16,612	15,012	0,751	0,300		
		10	3,753	11,550	16,247	0,812	0,325		
		15	2,765	8,023	17,235	0,862	0,345		
		30	2,272	6,407	17,728	0,886	0,355		
		60	1,778	4,878	18,222	0,911	0,364		
		90	1,284	3,430	18,716	0,936	0,374		
		100	1,284	3,406	18,846	0,942	0,377		
		110	1,037	2,734	18,963	0,948	0,379		
		120	0,790	2,057	19,210	0,960	0,384		
		2	Hg	5	9,939	49,391	10,061	0,503	0,201
				10	9,804	48,075	10,196	0,510	0,204
				15	9,780	47,847	10,220	0,511	0,204
30	9,749			47,554	10,251	0,513	0,205		
60	9,715			47,231	10,285	0,514	0,206		
90	9,669			46,794	10,331	0,517	0,207		
100	9,592			46,076	10,408	0,520	0,208		
110	9,347			43,866	10,653	0,533	0,213		
120	8,762			38,986	11,238	0,562	0,225		
2	Ca			5	8,308	35,526	11,692	0,585	0,234
				10	8,000	33,333	12,000	0,600	0,240
				15	7,385	29,268	12,615	0,631	0,252
		30	7,077	27,381	12,923	0,646	0,258		
		60	7,077	27,381	12,923	0,646	0,258		
		90	6,769	25,581	13,231	0,662	0,265		
		100	6,462	23,864	13,538	0,677	0,271		
		110	6,154	22,222	13,846	0,692	0,277		
		120	5,538	19,149	14,462	0,723	0,289		
		2	Fe	5	19,792	4750,000	0,208	0,010	0,004
				10	18,577	652,929	1,423	0,071	0,028
				15	17,018	285,329	2,982	0,149	0,060
30	16,435			230,467	3,565	0,178	0,071		
60	15,530			173,702	4,470	0,224	0,089		
90	15,208			158,696	4,792	0,240	0,096		
100	14,649			136,874	5,351	0,268	0,107		
110	13,577			105,700	6,423	0,321	0,128		
120	13,220			97,498	6,780	0,339	0,136		

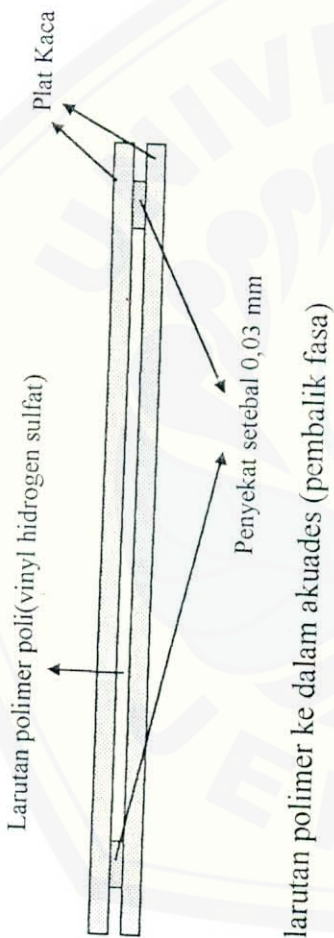
Muatan	Logam	waktu	Konstrasi Sisa C (ppm)	C/(x/m) ppm	Konst. Teradsorpsi (ppm)	Massa Teradsorpsi X (mg)	x/m
3	Al	5	4,287	13,640	15,713	0,786	0,314
		10	3,663	11,210	16,337	0,817	0,327
		15	3,425	10,332	16,575	0,829	0,332
		30	3,359	10,091	16,641	0,832	0,333
		60	3,140	9,313	16,860	0,843	0,337
		90	2,957	8,676	17,043	0,852	0,341
		100	2,844	8,289	17,156	0,858	0,343
	110	2,536	7,261	17,464	0,873	0,349	
	120	2,088	5,828	17,912	0,896	0,358	
	Fe	5	10,750	58,108	9,250	0,463	0,185
		10	8,750	38,889	11,250	0,563	0,225
		15	7,341	28,995	12,659	0,633	0,253
		30	6,068	21,778	13,932	0,697	0,279
		60	4,750	15,574	15,250	0,763	0,305
90		2,886	8,433	17,114	0,856	0,342	
100		1,841	5,069	18,159	0,908	0,363	
110	1,795	4,931	18,205	0,910	0,364		
120	0,932	2,443	19,068	0,953	0,381		





Lampiran 12. Gambar Pencetakan membran poli(vinyl hidrogen sulfat)

1. Pengepresan Larutan polimer (pencetakan)



2. Pencelupan lapisan larutan polimer ke dalam akuades (pembalik fasa)



3. Pengeringan membran



Bak Koagulasi