

STUDI ADSORPSI MEMBRAN PAN-EPOXY TERHADAP ION CI SEBAGAI BAHAN SENSOR

SKRIPSI



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

Oleh :

Dedy Subroto

NIM : 971810301002

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

JUNI, 2002

Asal:	Hadiah	Klass
Terima Tel:	Pembelian	57487
No. Indik:	15 JUN 2002	✓
KLASIR / PENYALIN:	0994	✓

Motto

Hanya orang-orang yang berpengetahuanlah
Yang sebenar-benarnya takut kepada Allah
(Faathir ayat 27-28)

Akal Budi dan Ilmu Pengetahuan
Bagaikan Raga dan Jiwa
Gara tanpa Jiwa Bagaikan Ruang Kosong Belaka
Kecuali berupa Angin Hampa
Jiwa tanpa Raga Bagaikan Kerangka Kosong Tanpa Perasaan
(Kahlil Gibran)

Pengalaman adalah guru yang terbaik, sabar adalah keberanian terbesar dan putus
asa adalah kesalahan terbesar
(Sayyidina Ali R.A)

Jangan bimbang menghadapi segala cobaan dan penderitaan, sebab
semakin dekat cita tercapai, semakin banyak penderitaan dan cobaan
yang harus kita hadapi
(Hamka)

Kupersembahkan Karyaku untuk :

- Ayah dan Ibu yang telah memberikan dukungan Do'a untuk keberhasilanku untuk menuntut ilmu
- Saudaraku Andy dan Novi yang telah memberikan motivasi demi keberhasilanku
- Ananda Agyptin yang selalu menemani dalam setiap langkahku
- The Best My Friends Bagus, Arief, Harmawan, Panca, Dur dan semua anak Widya, "Thanks for All"
- Teman-temanku seperjuangan Angkatan '97 specially for Abdul Kholiq Isa
- Almamaterku yang kubanggakan

DEKLARASI

Skripsi ini berisi hasil kerja/penelitian mulai bulan November 2001 sampai dengan bulan Maret 2002 di Laboratorium Kimia Organik FMIPA UNEJ. Bersama ini saya menyatakan bahwa isi skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri kecuali jika disebutkan sumbernya dan skripsi ini belum pernah diajukan pada institusi lain.

Jember, Mei 2002

Dedy Subroto

ABSTRAK

Dedy Subroto, Mei 2002, **Studi Adsorpsi Membran PAN-Epoxy terhadap Cl⁻ sebagai Bahan Dasar Sensor**, Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Dosen Pembimbing Utama, Drs. Zulfikar, Ph.D. Dosen Pembimbing Anggota, drh. Wuryanti handayani, MSi.

Polianilin merupakan polimer sintetik yang dalam penelitian digunakan dengan cara elektropolimerisasi. Polimer ini bersifat konduktif (mempunyai muatan) dan hanya larut dalam jenis pelarut tertentu. Sifat konduktif ini ditemukan pada bentuk garam emeraldin pada polianilin. Karena polianilin berbentuk serbuk maka untuk membuat membran perlu dicampur dengan suatu epoxy lalu dipress.

Tujuan dari penelitian adalah mengkaji parameter untuk optimasi pembuatan membran PAN-epoxy sehingga dapat meningkatkan adsorpsi Cl⁻. Adapun parameter yang dikaji yaitu berat epoxy dan waktu. Polianilin yang digunakan mempunyai berat optimal pada elektropolimerisasi 0,0109 gram.

Hasil penelitian menunjukkan gambaran hubungan antara % Cl⁻ teradsorpsi dan perubahan fisik membran dengan parameter. Kondisi optimal pembuatan membran PAN-epoxy akan dicapai dengan berat epoxy yaitu 0,4 gram dan waktu untuk adsorpsi di atas 9000 detik.

Karakterisasi membran PAN-epoxy dipelajari untuk mengetahui pengaruh pH. Dengan menggunakan spektroskopi UV-vis didapatkan hasil serapan pada 275 nm dan 625 nm. Pada pH yang semakin tinggi diketahui intensitas serapan meningkat.

Kata kunci : Adsorpsi, Epoxy, Membran PAN-epoxy, pH, Polianilin.

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

Hari : Kamis

Tanggal : 13 JUN 2002

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Tim Penguji

Ketua,



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

Sekretaris,



(drh. Wuryanti Handayani, MSi)
NIP. 131 450 744

Penguji 1,



(D. Setyawan PFI, SSi, MSi)
NIP. 132 085 807

Penguji 2,



(Asnawati, SSi, MSi)
NIP. 132 240 146

Mengesahkan,

Dekan FMIPA UNEJ



(I. Sumadi, MS)
NIP. 130 368 784

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga dapat terselesaikannya penulisan skripsi ini.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan pencapaian gelas Sarjana Sain Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Untuk itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam;
2. Ibu drh. Wuryanti Handayani, MSi, selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Anggota;
3. Drs. Zulfikar, PhD, selaku Dosen Pembimbing Utama;
4. Bapak D. Setyawan PH, SSi, MSi sebagai Penguji 1 dan Ibu Asnawati, SSi, MSi sebagai Penguji 2;
5. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Semoga skripsi ini dapat memberi kontribusi terhadap kemajuan ilmu pengetahuan khususnya di bidang polimer konduktif.

Jember, Mei 2002

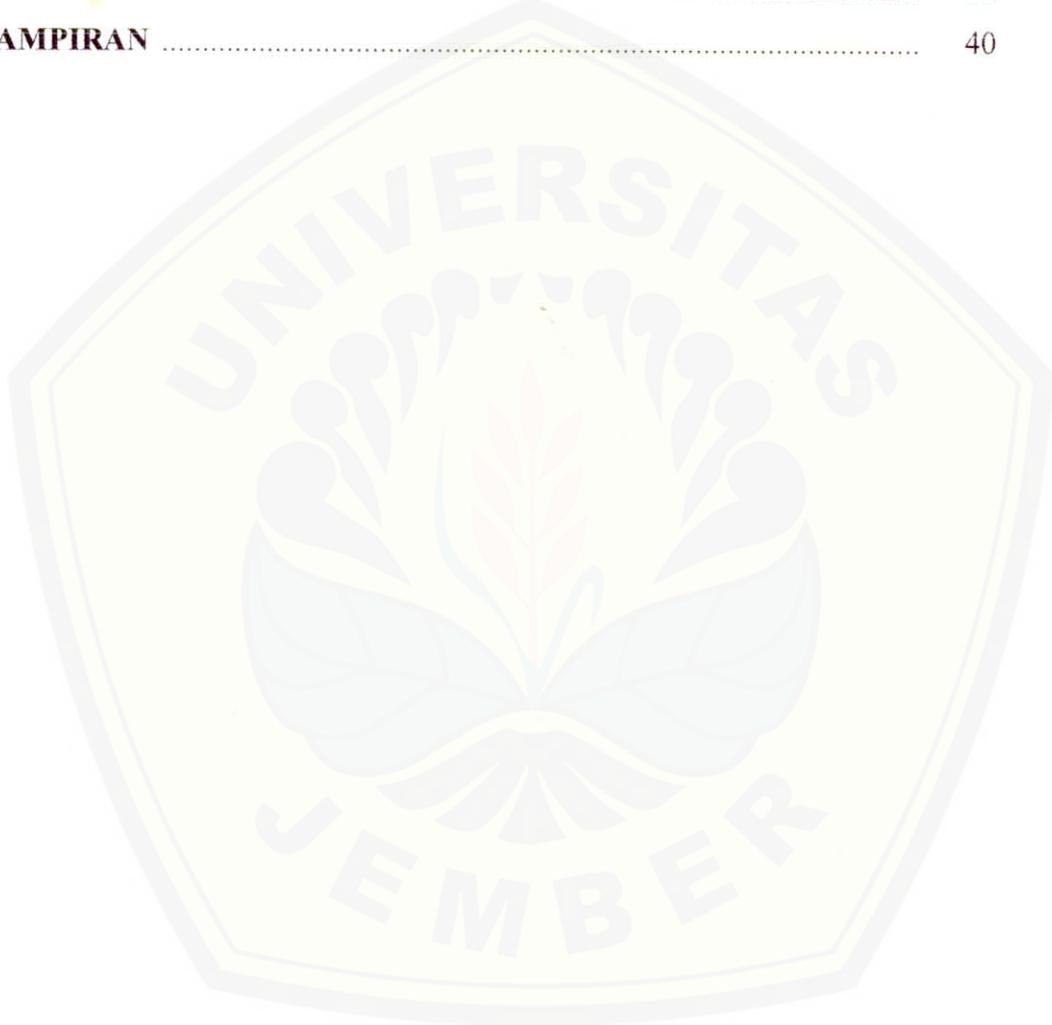
Penulis,

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN MOTTO	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN DEKLARASI	iv
ABSTRAK	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Polimer Konduktif	4
2.2 Polianilin	4
2.2.1 Empat Bentuk Polianilin	5
2.2.2 Bentuk <i>Emeraldine Salt</i> PAN	6
2.3 Reaktifitas Imine	7
2.4 Membran	8
2.5 Film Tipis (<i>thin film</i>)	9
2.6 Fisisorpsi dan Kimisorpsi	10
2.7 Laju Adsorpsi	10
2.8 Pembentukan Ikatan Ion	11

2.9 Batas-batas Pembentukan Ion	11
2.10 Ion Unsur Cl^-	11
BAB III. METODE PENELITIAN	13
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.3 Parameter yang Diamati dalam Penelitian	13
3.4 Eksperimen	14
3.4.1 Pembuatan Membran PAN-epoxy	14
3.4.1.1 Preparasi Polianilin	14
3.4.1.2 Preparasi Epoxy	14
3.4.1.3 Pembuatan Membran	14
3.4.2 Analisa Kapasitas Membran PAN-epoxy terhadap Cl^- akibat variasi berat epoxy	14
3.4.3 Analisa Kapasitas Membran PAN-epoxy terhadap Cl^- akibat variasi waktu	14
3.4.4 Analisa Kapasitas Membran PAN-epoxy terhadap Cl^- akibat variasi pH	15
3.4.5 Penentuan Tingkat Adsorpsi dan Laju Adsorpsi	15
3.4.6 Penentuan Tingkat Desorpsi dan Laju Desorpsi	16
3.4.7 Karakterisasi Membran PAN-epoxy	16
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Proses Pembuatan Membran PAN-epoxy	17
4.2 Pengaruh Variasi Berat Epoxy Terhadap Daya Adsorpsi Membran PAN-epoxy	19
4.3 Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Daya Adsorpsi Membran PAN-epoxy	20
4.4 Efek pH Terhadap Adsorpsi Cl^- oleh Membran PAN-epoxy	22
4.5 Adsorpsi dan Desorpsi	23
4.5.1 Tingkat dan Laju Adsorpsi Membran PAN-epoxy	23
4.5.2 Tingkat dan Laju Desorpsi Membran PAN-epoxy	24
4.5.3 Penentuan Persamaan Laju Adsorpsi dan Laju Desorpsi	25

4.6 Karakterisasi Membran PAN-epoxy	28
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN	40



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Empat bentuk Polianilin dan sifat fisiknya	5
Tabel 2. Data frekuensi karakteristik membran PAn-epoxy	31
Tabel 3. Optimasi membran terhadap variasi berat epoxy	41
Tabel 4. Optimasi membran terhadap variasi waktu	42
Tabel 5. Efek pH terhadap % Cl^- teradsorp	44
Tabel 6. Desorpsi membran PAn-epoxy	45
Tabel 7. Tingkat adsorpsi dan laju adsorpsi	45
Tabel 8. Tingkat desorpsi dan laju desorpsi	45
Tabel 9. Tempat yang tersedia pada membran PAn-epoxy	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Struktur Polianilin	4
2.2 Struktur Polianilin secara Umum	5
2.3 Mekanisme polimerisasi Polianilin	7
2.4 Doping Cl ⁻ pada rantai Polianilin	8
4.1 Preparasi membran PAN-epoxy	17
4.2 Perubahan basa emeraldin menjadi garam emeraldin oleh karena perubahan pH lingkungan	18
4.3 Mekanisme reaksi yang mungkin dari epoxy yang berinteraksi dengan garam emeraldin (ES)	19
4.4 Grafik pengaruh berat epoxy terhadap Σ Cl ⁻ teradsorp dengan HCl 1,3 M dalam waktu 1800 detik	20
4.5 Grafik pengaruh parameter waktu terhadap Σ Cl ⁻ teradsorp. Berat epoxy yang digunakan 0,4 gram dan HCl 1,3 M	21
4.6 Grafik Hubungan pH terhadap adsorpsi Cl ⁻ oleh membran PAN-epoxy dengan berat epoxy 0,4 gram yang diendapkan dalam HCl 1,3 M selama 9000 detik	22
4.7 Grafik laju adsorpsi membran PAN-epoxy dengan menggunakan membran optimal (berat epoxy 0,4 gram) yang diendapkan dalam HCl 1,3 M	23
4.8 Grafik laju desorpsi membran PAN-epoxy dengan menggunakan membran optimal (berat epoxy 0,4 gram)	24
4.9 Grafik penentuan konstanta laju adsorpsi membran PAN-epoxy optimal (berat epoxy 0,4 gram) yang diendapkan dalam HCl 1,3 M. Penentuan konstanta laju menggunakan persamaan 2	26
4.10 Grafik penentuan konstanta laju desorpsi membran PAN-epoxy optimal (berat epoxy 0,4 gram) yang sudah diendapkan dalam HCl 1,3 M selama 9000 detik. Penentuan konstanta laju menggunakan persamaan 4	27

4.11 Spektrum adsorpsi UV-vis membran PAn-epoxy optimal (berat epoxy 0,4 gram) yang sudah direndam dalam larutan pH = 1 selama 9000 detik	29
4.12 Spektrum adsorpsi UV-vis membran PAn-epoxy optimal (berat epoxy 0,4 gram) yang sudah direndam dalam larutan pH = 3 selama 9000 detik	29
4.13 Spektrum adsorpsi UV-vis membran PAn-epoxy optimal (berat epoxy 0,4 gram) yang sudah direndam dalam larutan pH = 5 selama 9000 detik	30
4.14 Spektrum adsorpsi UV-vis membran PAn-epoxy optimal (berat epoxy 0,4 gram) yang sudah direndam dalam larutan pH = 7 selama 9000 detik	30
4.15 Spektrum adsorpsi UV-vis membran PAn-epoxy optimal (berat epoxy 0,4 gram) yang sudah direndam dalam larutan pH = 9 selama 9000 detik	31
4.16 Grafik intensitas serapan untuk variasi pH pada 275 nm pada membran optimal (epoxy 0,4 gram dengan waktu perendaman 9000 detik)	34
4.17 Grafik intensitas serapan untuk variasi pH pada 625 nm pada membran optimal (epoxy 0,4 gram dengan waktu perendaman 9000 detik)	34

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Skema Kerja Prosedur Penelitian	40
2. Tabel 3. Optimasi membran terhadap variasi berat epoxy	41
3. Tabel 4. Optimasi membran terhadap variasi waktu	42
4. Tabel 5. Efek pH terhadap % Cl ⁻ teradsorp	44
5. Tabel 6. Desorpsi membran PAn-epoxy	45
6. Tabel 7. Tingkat adsorpsi dan laju adsorpsi	45
7. Tabel 8. Tingkat desorpsi dan laju desorpsi	45
8. Tabel 9. Tempat yang tersedia pada membran PAn-epoxy	46



BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Polimer dewasa ini sudah semakin banyak dimanfaatkan oleh orang di seluruh dunia. Banyak sekali kelebihan dari polimer yang dijadikan alasan untuk memanfaatkannya. Polimer alam, seperti selulosa, pati dan protein telah dikenal dan digunakan manusia berabad-abad lamanya untuk keperluan pakaian dan makanan. Sekarang ini juga dikembangkan penelitian untuk polimer sintetik dalam hal pemanfaatannya yang lebih banyak dari polimer alam, misalnya poliamid digunakan sebagai plastik pada berbagai komponen mesin, bahan konstruksi dan alat olahraga. Sebagai resin, poliamid cocok karena punya kelebihan unggul dalam pelumasan dan ketahanan abrasi. Poliasetal juga banyak digunakan karena punya ketahanan leleh, ketahanan melar dan ketahanan abrasi.

Salah satu diantara pemanfaatan polimer dapat digunakan sebagai "*working electrode membrane*" untuk menganalisa ion-ion tertentu dalam keperluan analisis. Sebagai contoh, polivinil klorida dapat digunakan sebagai elektroda yang selektif terhadap ion Ca^{2+} dan NO^- . Metoda analisis dengan menggunakan elektroda membran sudah dimanfaatkan pada awal tahun 30-an, dimana membran digunakan untuk menentukan pH dengan mengukur perbedaan potensial larutan pembanding yang keasamannya tetap dengan larutan yang dianalisis.

Pemanfaatan polimer sebagai elektroda membran untuk keperluan analisis perlu dikembangkan di Indonesia. Setiap polimer mempunyai selektifitas yang berbeda-beda terhadap ion-ion tertentu. Seperti yang dijelaskan diatas bahwa ada jenis polimer yang bermuatan sehingga mampu untuk menangkap ion-ion tertentu. Untuk itu perlu diadakan studi selektifitas membran polimer terhadap ion atau logam. Berdasarkan penelitian (Chen, 1987), telah diketahui bahwa ada dari bentuk polianilin yang memiliki muatan positif sehingga dapat dimungkinkan sekali dimanfaatkan sebagai elektroda membran untuk analisa anion-anion

tertentu, seperti Cl^- . Oleh karena itu perlu diadakan uji kapasitas terhadap anion tersebut.

Uji kapasitas ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan maksimal membran polianilin mengikat anion sekaligus juga untuk mengetahui tingkat selektifitas membran.

Kelebihan analisa kation/anion menggunakan elektroda membran lebih teliti dibandingkan dengan analisa secara konvensional (titrimetri, gravimetri, potensiometri, dsb). Dari metoda analisa konvensional yang memiliki banyak kekurangan peneliti mencoba untuk mengadakan studi dengan menggunakan membran polianilin menyangkut daya adsorpsinya.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan untuk penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana pengaruh perbandingan PAn : Epoxy terhadap tingkat Adsorpsi anion Cl^- .
- b. Bagaimana pengaruh waktu terhadap laju Adsorpsi dan laju desorpsi anion Cl^- .
- c. Bagaimana kebergantungan waktu terhadap tingkat Adsorpsi/desorpsi anion Cl^- .
- d. Bagaimana pengaruh pH terhadap perubahan struktur elektronik membran PAn-epoxy.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

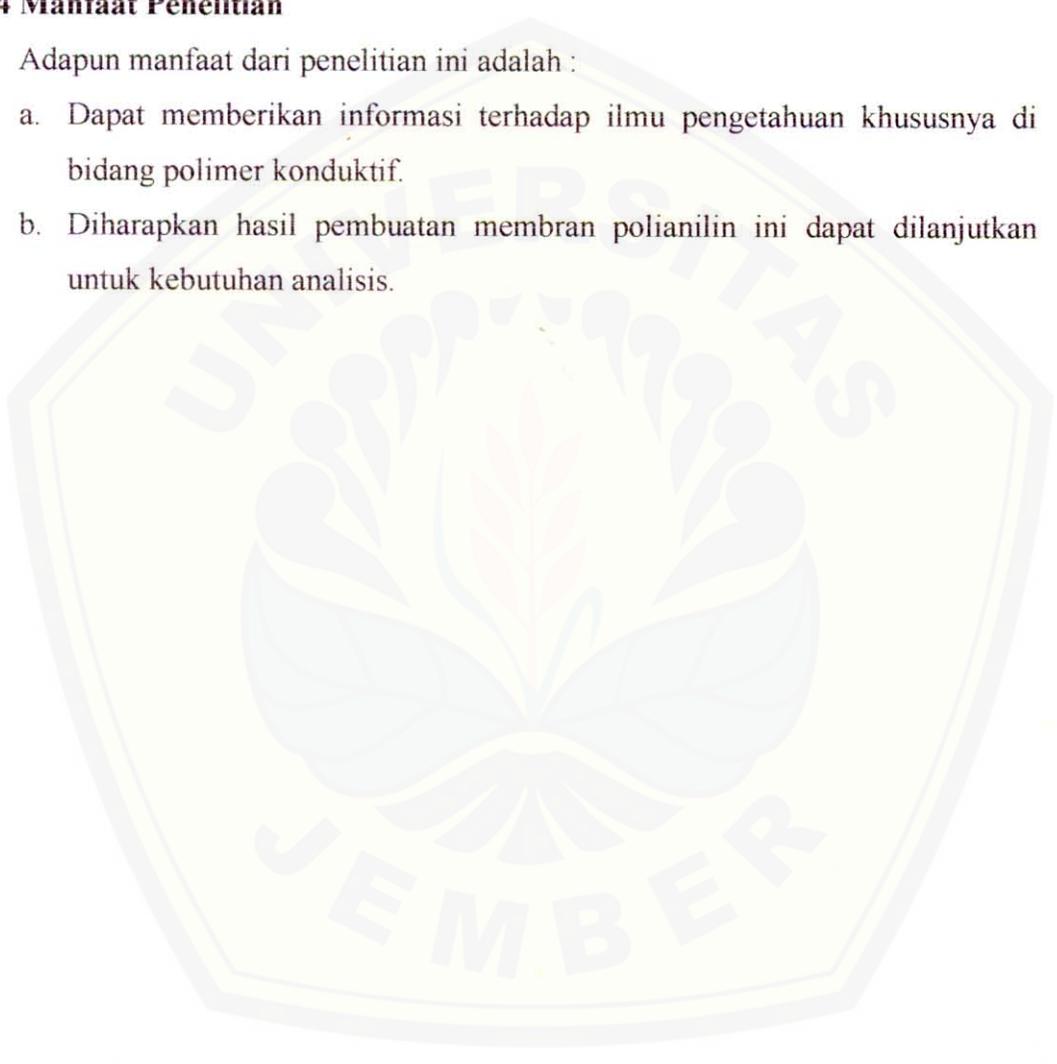
- a. Menentukan kondisi optimal membran PAn-epoxy terhadap kapasitas mengadsorp anion Cl^- .
- b. Mempelajari pengaruh parameter waktu terhadap tingkat Adsorpsi dan tingkat desorpsi anion Cl^- .
- c. Mempelajari pengaruh perbandingan PAn : Epoxy terhadap tingkat Adsorpsi anion.

- d. Mempelajari kebergantungan waktu terhadap laju Adsorpsi/desorpsi anion Cl.
- e. Menentukan hubungan antara perubahan struktur dan sifat elektrokromik membran PAn-epoxy terhadap variasi pH larutan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

- a. Dapat memberikan informasi terhadap ilmu pengetahuan khususnya di bidang polimer konduktif.
- b. Diharapkan hasil pembuatan membran polianilin ini dapat dilanjutkan untuk kebutuhan analisis.





BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

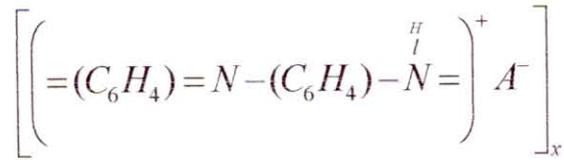
2.1 Polimer konduktif

Polimer konduktif adalah polimer yang secara intrinsik dapat menghantarkan listrik. Bahan polimer konduktif ini juga punya potensi aplikasi yang menarik (Yen Wei, 1990). Sejauh ini ada beberapa polimer konduktif yang ditemukan (sintetis) termasuk polipirol dan polianilin (PAn).

Polimer konduktif merupakan bahan yang bersifat listrik, ini terlihat dari struktur ikatan konjugasi polimer konduktif dalam keadaan murni disebut sebagai bahan isolator listrik. Peningkatan konduktivitas listrik terjadi akibat doping ke dalam bahan tersebut.

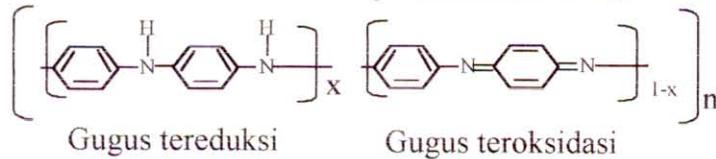
2.2 Polianilin

Diantara polimer konduktif terbaru yang telah ditemukan sejauh ini, polianilin menempati kedudukan istimewa karena kaya akan aspek ilmiah dan luas potensi aplikasinya seperti baterai sekunder, sensor, bahan elektrokromik, solar, LED (*Light Emitting Dioda*), bahan devais elektronik (Paul, 1985), optoelektronik (Yang, 1995) dan elektroda membran untuk kebutuhan analisis. Selain itu diantara polimer konduktif yang telah ditemukan, polianilin merupakan bahan yang sangat stabil, hanya larut dalam pelarut organik tertentu, murah dan berlimpah. Polimer ini salah satu bentuknya mempunyai muatan. Muatan ini dihasilkan dari bentuk teroksidasi sebagian serta terprotonasi. Secara umum struktur polianilin menurut (Suryaningsih, 1998) adalah :



Gambar 2.1 Struktur Polianilin

Adapun struktur polianilin secara umum digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.2 Struktur Polianilin secara umum

Nilai x menunjukkan tingkat oksidasi dari polianilin. Jika $x=0$, menunjukkan tingkat teroksidasi penuh yang menghasilkan polianilin berbentuk basa pernigranilin dimana rantai polimer hanya terdiri dari gugus teroksidasi. Nilai $x = 0,5$; menunjukkan tingkat setengah teroksidasi yang menghasilkan polianilin berbentuk basa emeraldine. Sementara nilai $x = 1$, menunjukkan tingkat tereduksi penuh yang menghasilkan polianilin berbentuk basa emeraldine (Suryaningsih,1998).

2.2.1 Empat bentuk Polianilin

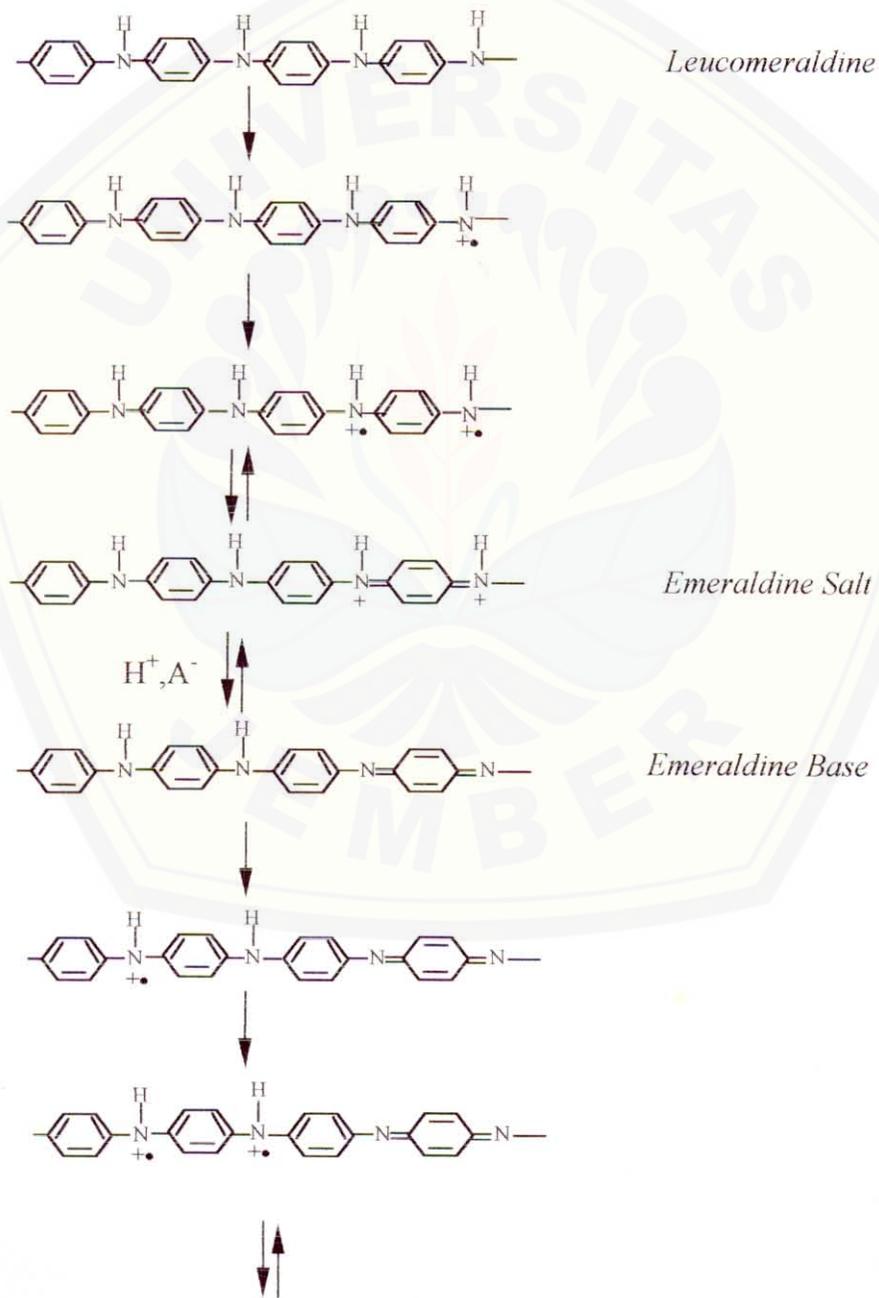
Perkembangan ilmu pengetahuan menunjukkan bahwa polianilin memiliki empat bentuk yang berbeda dimana masing-masing bentuk tersebut mempunyai warna yang berbeda (Bradford, 1994). Anilin dipolimerisasi secara elektrokimia menjadi bentuk konduksi yang disebut sebagai *emeraldine salt*. Nama, struktur, warna dan sifat-sifat listrik dari keempat bentuk polianilin ditunjukkan pada tabel berikut ini :

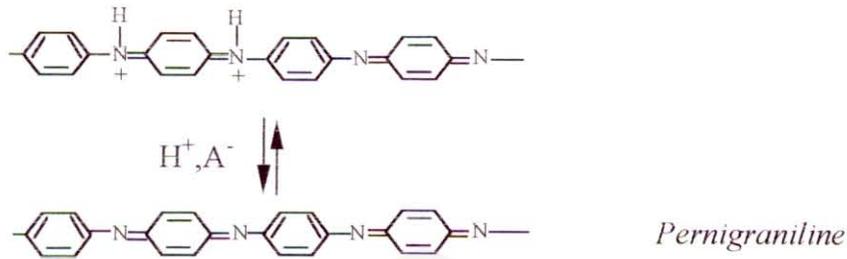
Tabel 1. Empat bentuk polianilin dan sifat fisiknya

Nama	Struktur	Warna	Keterangan
<i>Leucomeraldine</i>		Bening	Tereduksi penuh
<i>Emeraldine salt</i>		Hijau	Teroksidasi sebagian dan protonasi
<i>Emeraldine base</i>		Biru	Teroksidasi sebagian
<i>Pernigraniline</i>		Ungu	Teroksidasi penuh

2.2.2 Bentuk *Emeraldine Salt* PAn

Dari empat bentuk diatas *emeraldine salt* merupakan satu-satunya bentuk polianilin yang mempunyai sifat konduktif. Bentuk ini didapatkan dari anilin yang dipolimerisasi menjadi hijau. Secara elektropolimerisasi bentuk *emeraldine salt* ini dihasilkan dari protonasi yang terjadi antara + 0,3 volt sampai + 0,4 volt. Berikut mekanisme polimerisasi anilin menghasilkan bentuk *emeraldine salt* :



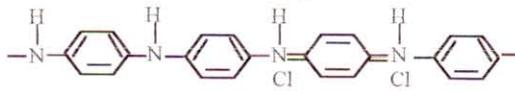


Gambar 2.3 Mekanisme polimerisasi polianilin

2.3 Reaktivitas Imine

Ramadhhar Singh, Dkk.(1997) telah melakukan penelitian mengenai sifat-sifat struktur PAn akibat transport dopan ion monovalen dan multivalen. Proses doping dari ion-ion monovalent (Cl^-) telah didiskusikan secara berlebihan sampai hari ini. Formasi dari bipolaron pada tempat imine, dimana tidak konsisten dengan kalkulasi struktur ikatan oleh Stafstrom dan studi magnetis dimana resonansi putaran elektron (e.s.r) adalah teknik yang berguna untuk membedakan antara polaron dengan bipolaron tidak stabil dan dapat disosialisasikan menjadi polaron. Macdiarmid (1985) menyatakan bahwa polaron adalah dari bentuk semiquinon, selanjutnya Ramadhhar menganjurkan bahwa polaron ada pada daerah kristalin dan bipolaron pada daerah *amorphous*. Diketahui bahwa protonasi bisa terjadi pada segmen amin dari rantai ES (*Emeraldine Salt*) untuk membentuk group NH_2^+ sebelum protonasi pada segmen imine dari rantai polimeraldin. Akhir-akhir ini, Wan dan Yang (1995) telah menunjukkan bahwa doping adalah menyerang imine untuk ion-ion monovalen.

Doping adalah kimiawi seperti juga proses difusi. Proton (H^+) dan *counterions* (Cl^-) berdifusi pada rantai polimer dan polaron menghasilkan tempat imine sebagai hasil dari doping yang konsisten dengan hasil e.s.r. struktur pada dasar dari studi yang disebut diatas diberikan pada gambar 2.4 dan bertanggung jawab untuk membaca perubahan yang luar biasa pada konduktivitas.



Gambar 2.4 Doping oleh Cl⁻ pada rantai polianilin

2.4 Membran

Kata membran berasal dari bahasa latin "*membrana*" yang berarti potongan kain. Saat ini istilah membran didefinisikan sebagai lapisan tipis (film) yang fleksibel, pembatas antara 2 fasa yang bersifat semipermeabel. Membran dapat berupa padatan ataupun cairan, dan berfungsi sebagai media pemisahan yang selektif berdasarkan perbedaan koefisien difusivitas, muatan listrik atau perbedaan kelarutan.

Pengelompokan membran dapat dilakukan atas dasar berbagai hal. Berdasarkan material yang digunakan membran dapat dikelompokkan menjadi membran polimer, liquid membran, padatan (keramik) dan membran penukar ion. Berdasarkan konfigurasi membran dapat dikelompokkan menjadi membran lembaran, lilitan spiral (spiral wound), tubular dan emulsi. Dan berdasarkan fungsinya membran dapat dikelompokkan menjadi ultra filtrasi (mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi dan reverse osmosis), dialisis, elektrodialisis, pemisahan gas, *carrier-mediated transport*, *control release*, elektroda membran dan pervaporasi.

Membran polimer dari bahan sintetik dapat dihasilkan melalui proses sintering serbuk polimer, penarikan lembaran polimer dan pembalikan fasa. Ciri dari struktur dan konfigurasi pori dari membran polimer ditentukan oleh cara pembuatan.

Pemberian aditif diperlukan dalam memperbaiki sifat dasar dari polimer. Senyawa aditif ini biasa disebut dengan *plastizicer* atau *filler*. Literatur menunjukkan bahwa penambahan aditif ini meningkatkan sifat transport secara difusi zat terlarut melalui membran.

(Mulder M, 1991)

2.5 Film Tipis (*thin film*)

Film tipis, dari satu sampai beberapa ratus lapisan-lapisan molekul, umumnya didefinisikan sebagai artian letak diatas substrat, baik berupa cairan maupun padatan. Film tipis mungkin terbentuk tanpa sengaja pada permukaan, atau dapat terbentuk disebabkan oleh beberapa agen eksternal..

Involuntary formation, molekul pada permukaan larutan atau padatan dibentuk pada ketidakseimbangan daya tarik antar molekul. Pada permukaan larutan ketidakseimbangan ini memberikan kenaikan tegangan permukaan dan semua efek ini dikenal sebagai kapilaritas. Pada permukaan padatan, bentuk geometri berubah yang dihilangkan sebagai energi bebas, ditentukan dari atom atau ion dari fase yang berdekatan.

Formation by external action, film monomolekuler pada permukaan air dapat dibuat dengan menambahkan material yang tepat dalam kuantitas yang sangat kecil pada permukaan. Material ini tidak dapat larut dalam air, dibentuk juga oleh hidrokarbon yang banyak atau gugus fungsional fluorokarbon pada molekul. Material ini bagaimanapun dapat dilarutkan dalam permukaan air berdasarkan atas ikatan hidrogen. *Monolayer* ini dapat diangkat dari permukaan air dan dapat ditaruh pada substrat padat, seperti *glass* atau platina. Dengan pengulangan penambahan *monolayer* pada permukaan lapisan dasar, maka film dengan tebal *monolayer* banyak dapat dihasilkan. Ini dikenal sebagai film Langmuir-Blodgett; mulai terpikir oleh mereka dalam biomembran dan mempunyai aplikasi *electron-beam microlithography*, penggabungan optik, elektrooptik, layar elektronik, *photovoltaic cell*, dan lain sebagainya. Film juga dapat ditaruh langsung pada substrat padat melalui evaporasi material dalam vakum, oleh reaksi kimia, oleh *ion plating* atau *electroplating*. Material yang cocok untuk vakum deposisi adalah logam *alloy* atau senyawa anorganik seperti oksida, halida, sulfida, dan selenida. Beberapa polimer juga cocok, tapi senyawa yang terdekomposisi oleh panas tidak cocok.

(McGraw-Hill, 1992)

2.6 Fisisorpsi dan Kemisorpsi

Molekul dan atom dapat menempel pada permukaan dengan dua cara yaitu Fisisorpsi dan Kemisorpsi. Dalam fisisorpsi (kependekan dari “adsorpsi secara fisika”), terdapat antaraksi Van der Waals antara adsorbat dan substrat. Antaraksi Van der Waals mempunyai jarak jauh, tetapi lemah. Entalpi fisisorpsi dapat diukur dengan mencatat kenaikan temperatur sampel dengan kapasitas kalor yang diketahui, dan nilai khasnya berada sekitar -20 kJmol^{-1} . Perubahan entalpi yang kecil ini tidak cukup untuk menghasilkan pemutusan ikatan, sehingga molekul yang terfisisorpsi tetap mempertahankan identitasnya.

Dalam kemisorpsi (kependekan dari “adsorpsi secara kimia”), partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen), dan cenderung mencari tempat untuk memaksimalkan bilangan koordinasinya dengan substrat. Entalpi Kemisorpsi jauh lebih besar daripada fisisorpsi, dan nilai khasnya adalah sekitar -200 kJmol^{-1} .

Dulu pengujian utama untuk membedakan Kemisorpsi dan fisisorpsi adalah ukuran entalpi adsorpsinya. Nilai yang kurang negatif dari -25 kJmol^{-1} dianggap menunjukkan fisisorpsi, dan nilai yang lebih negatif dari sekitar -40 kJmol^{-1} dianggap menunjukkan Kemisorpsi. Akan tetapi, patokan ini tidak aman, dan sekarang sudah ada teknik spektroskopi yang dapat mengenali spesies teradsorpsi. (Atkins, 1994)

2.7 Laju Adsorpsi

Laju adsorpsi menurut kimia fisik adalah laju tertutupnya permukaan oleh adsorbat, bergantung pada kemampuan substrat untuk menghamburkan energi partikel datang sebagai gerakan termal, saat partikel tersebut menabrak permukaan. Laju ini juga dapat dinyatakan dengan laju perubahan penutupan permukaan, dan dapat ditentukan dengan mengamati perubahan penutupan terfraksi/tingkat adsorpsi (θ) terhadap waktu. Tingkat adsorpsi /tingkat penutupan permukaan biasanya dinyatakan sebagai penutupan terfraksi (θ). (Atkins, 1994)

$$\theta = \frac{\text{jumlah tempat adsorpsi yang terisi}}{\text{jumlah tempat yang tersedia}}$$

2.8 Pembentukan Ikatan Ion

Diketahui bahwa ion-ion sebelum gas mulia mudah membentuk ion negatif (elektronegatif) dan ion sesudah gas mulia mudah membentuk ion positif (elektropositif). Misal atom Cl mudah membentuk ion Cl^- dan atom Na mudah membentuk ion Na^+ . Jika kedua ion tersebut berikatan terbentuklah ikatan elektrovalen atau ikatan ion.

2.9 Batas-batas Pembentukan Ion

Pembentukan ion dari suatu atom tergantung beberapa faktor :

- Stabilitas dari ion yang terjadi
- Besarnya atom
- Nomor atom

Besarnya atom menentukan elektron valensi dari inti. Makin jauh makin lemah di ikat oleh inti dan makin mudah untuk dilepaskan.

Nomor atom menentukan banyaknya muatan inti, makin besar muatan inti, makin sukar membentuk ion. Setelah atom melepaskan satu elektron, elektron berikutnya sukar untuk dilepaskan.

Pada pembentukan ion negatif, atom mengikat ekstra elektron. Dalam hal ini makin kecil atomnya, makin mudah membentuk ion-ion negatif. Dalam urutan F, Cl, Br, I makin ke kiri makin mudah membentuk ion negatif.

2.10 Ion Unsur Cl

Unsur halogen sangat mudah membentuk anion. Ion halogen diklasifikasikan sebagai anion sederhana dimana anion hanya terdiri dari satu atom (monoatom).

Cl^- , kebanyakan klorida larut dalam air. Menggunakan NaCl , ion Cl^- dapat bereaksi dengan :

- asam sulfat pekat
- mangan dioksida dan asam sulfat pekat
- perak nitrat
- timbal asetat

Sifat fisika Unsur Cl

1. Berat molekul : 35,5 gr/mol
2. Warna : hijau
3. Afinitas elektron : 348,7 kJ/mol

(Cotton, 1989)





BAB. III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Organik, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember. Pelaksanaan penelitian dilaksanakan pada bulan September 2001 – Januari 2002.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk pembuatan membran polianilin meliputi alat sintesis polimer polianilin ditambah dengan kaca berukuran 15 x 15 cm dan kertas transparan yang digunakan untuk press membran serta beban 20 kg.

Penentuan kapasitas membran polianilin menggunakan alat beaker glass 125 mL, buret analitis (mikro), labu ukur (25 mL ; 50 mL ; 100 mL ; 250 mL ; 500 mL), pipet volume (5 mL ; 10 mL ; 50 mL) dan erlenmeyer.

Identifikasi membran polianilin dilakukan dengan menggunakan Spektroskopi UV-Vis Shimadzu Recording Spectrophotometer UV-365.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi polianilin optimal, epoxy, NaOH, HCl dan aquadest serta bahan pendukung lainnya.

3.3 Parameter yang diamati dalam penelitian

- Kapasitas mengikat membran polianilin.
- Waktu
- pH
- Laju adsorpsi dan laju desorpsi

3.4 Eksperimen

3.4.1 Pembuatan Membran PAN-epoxy

3.4.1.1 Preparasi Polianilin

Polianilin yang digunakan dalam penelitian ini dipreparasi dengan metode galvanostatik menggunakan monomer anilin dan larutan asam di dalam sel elektrokimia. (Isa, 2001)

3.4.1.2 Preparasi Epoxy

Epoxy yang dipakai adalah epoxy komersial yang dibuat dengan variasi berat 0,2 gr; 0,3 gr; 0,4 gr; 0,5 gr; 0,6 gr dan 0,7 gr.

3.4.1.3 Pembuatan Membran

Membran dibuat dengan mencampurkan langsung epoxy sesuai perlakuan dengan polianilin optimal (Isa, 2001) yang ditaruh di atas kertas transparan dan diletakkan diatas kaca bersih (15 x 15 cm) lalu dipress dengan kaca bersih lainnya dengan ukuran sama, sebelumnya di atas campuran tersebut diletakkan kertas transparan lainnya. Beban yang digunakan untuk press membran sebesar 20 kg. Membran tersebut dibiarkan selama 24 jam untuk mendapatkan bentuk yang elastis.

3.4.2 Analisa Kapasitas Membran terhadap Cl^- akibat Variasi Berat Epoxy

1. Membran yang sudah jadi dengan beberapa variasi berat epoxy tersebut direndam dalam larutan HCl dengan konsentrasi 1,3 M.
2. Pengujian dilakukan dengan waktu 1800 detik dalam keadaan terstrirer.
3. Larutan lalu dititrasi dengan NaOH 0,5 M. Dicatat juga perubahan yang terjadi pada membran.
4. Hasil optimal dari pengujian ini dipakai pada pengujian dengan variasi waktu.

3.4.2 Analisa Kapasitas Membran terhadap Cl^- akibat Variasi Waktu

1. Membran yang digunakan yaitu membran optimal dari pengujian dengan variasi berat epoxy di atas.
2. Membran lalu dimasukkan dalam larutan HCl dengan konsentrasi 1,3 M.

3. Pengujian dilakukan dengan variasi waktu (1800, 3600, 5400, 7200, 9000, 10800, 12600, 14400, 16200 dan 18000 detik) dalam keadaan terstrirer.
4. Larutan lalu dititrasi dengan NaOH 0,5 M. Perubahan pada membran juga diamati.

3.4.2 Analisa Kapasitas Membran terhadap Cl^- akibat Variasi pH

1. Membran yang digunakan yaitu membran optimal dari pengujian pada variasi waktu.
2. Membran lalu dimasukkan dalam larutan dengan pH 1, 3, 5, 7 dan 9 selama waktu optimal pada variasi waktu.
3. Larutan lalu dititrasi dengan NaOH 0,5 M. Perubahan pada membran juga diamati.

3.4.4 Menentukan Tingkat Adsorpsi dan Laju Adsorpsi

Untuk menentukan tingkat adsorpsi biasanya dinyatakan dengan penutupan terfraksi θ dimana :

$$\theta = \frac{\text{jumlah tempat adsorpsi yang terisi}}{\text{jumlah tempat yang tersedia}}$$

Jumlah tempat yang terisi dapat diketahui dari konsentrasi Cl^- yang terikat dengan data pada variasi waktu. Untuk jumlah tempat yang tersedia ditentukan dengan cara membran PAN-epoxy optimal direndam dalam HCl 1,3 M sampai 3 hari 3 malam atau sampai seluruh permukaan berwarna hijau. Artinya dalam kondisi ini diharapkan semua permukaan membran PAN-epoxy mengadsorpsi anion Cl^- . Dengan demikian konsentrasi Cl^- terikat sama dengan jumlah tempat yang tersedia.

Laju adsorpsi θ merupakan laju penutupan permukaan dan dapat ditentukan dengan mengamati perubahan penutupan terfraksi terhadap waktu.

$$\text{Laju adsorpsi} = \frac{\theta}{\text{waktu}}$$

3.4.5 Menentukan Tingkat Desorpsi dan Laju Desorpsi

Proses desorpsi adalah kebalikan dari proses adsorpsi. Untuk mengetahui tingkat desorpsinya dibuat eksperimen sebagai berikut :

1. Membran PAN yang sudah terikat oleh anion Cl^- dalam perlakuan sebelumnya, direndam dalam aquades (H_2O) dalam waktu tertentu (1, 2, 3, 4 dan 5 jam).
2. Setelah itu masing-masing dititrasi dengan NaOH 0,1 M.
3. Hasil dari titrasi untuk mengetahui jumlah Cl^- yang lepas dari membran PAN-epoxy.

3.4.5 Karakterisasi Membran PAN-epoxy

Karakterisasi membran PAN-epoxy dilakukan dengan menggunakan spektroskopi UV-Vis. Pengukuran dilakukan pada daerah 200 nm sampai dengan 800 nm. Interaksi gelombang elektromagnetik di daerah UV-Vis akan menyebabkan eksitasi elektron dari satu pita ke pita lain. Selain itu juga digunakan untuk menyelidiki konjugasi molekul yang tampak pada pergeseran pita absorpsi ke panjang gelombang yang lebih besar serta peningkatan intensitas absorpsinya pada daerah tersebut.

Sampel yang digunakan berupa beberapa membran polianilin hasil doping dengan kondisi pH yang berbeda-beda (1,3,5,7 dan 9) pada setiap membran.

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

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

$$RSD = \frac{SD}{\bar{X}}$$

Keterangan :

X : Nilai pada masing-masing percobaan

\bar{X} : Nilai rata-rata

n : banyaknya percobaan



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada pembuatan membran PAN-epoxy digunakan kaca dengan tekanan $0,089 \text{ kg/cm}^2$, hasilnya membran yang elastis dan punya ketahanan tinggi.
2. Pengaruh berat epoxy untuk optimasi kapasitas membran PAN-epoxy didapatkan dengan berat epoxy 0,4 gram yang menghasilkan kondisi adsorpsi Cl^- sebesar 19,77 % dengan lama adsorpsi hanya 1800 detik.
3. Untuk parameter waktu didapatkan waktu optimal adsorpsi Cl^- oleh membran PAN-epoxy yaitu di atas 10800 detik dimana adsorpsi rata-rata mempunyai harga sekitar 25 %. Perubahan fisik yang terjadi yaitu membran yang semula berwarna biru akan berubah seluruhnya menjadi berwarna hijau.
4. Efek dari perubahan pH lingkungan didapatkan bahwa adsorpsi Cl^- oleh membran PAN-epoxy optimal pada $\text{pH} = 1$ dimana rata-rata adsorpsi adalah 25,893 %. Semakin tinggi pH (lebih dari 1) maka semakin rendah Cl^- yang dapat diadsorpsi oleh membran PAN-epoxy. Perubahan fisik yang tampak untuk $\text{pH} = 1$ dimana membran akan berubah seluruhnya menjadi berwarna hijau yang sebelumnya berwarna biru. Untuk $\text{pH} 3$ dan 5 membran berwarna campuran biru dan hijau sedangkan $\text{pH} = 7$ dan di atas 7 membran berwarna biru.
5. Karakteristik membran PAN-epoxy yang dilakukan dengan merendam lebih dulu membran pada pH tertentu (variasi pH) didapatkan bahwa pada panjang gelombang 275nm dan 625 nm intensitas serapan terlihat semakin naik. Ini menunjukkan bahwa pH lingkungan mempengaruhi adsorpsi membran PAN-epoxy.
6. Persamaan laju adsorpsi untuk membran PAN-epoxy adalah $V = -0,002 \text{ [A]}$, sedangkan persamaan laju desorpsinya $V = -0,0012 \text{ [AM]}$.

6.2 Saran

Pada penelitian ini masih banyak yang belum dikaji. Diantaranya yaitu selektifitas membran pada anion lain misalkan ion halogen selain Cl^- atau ion lain yang bermuatan -1 juga penelitian lebih lanjut untuk melanjutkan hasil karakterisasi dimana hasil tersebut dapat dipakai pedoman untuk membuat sensor anion



DAFTAR PUSTAKA

- Atkins P.W, 1994, *Kimia Fisika*, Edisi keempat, Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Billmeyer, Fred W. J.R, 1970, *Textbook of Polymer Science*, Second Edition, New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Bradford Charles Sherman, William B. Euler and R. Ren Force, 1994, **Polyaniline – A Conducting Polymer**?. Dalam *Journal Chemical Education*. Vol 71. p 4-10.
- Charles N.Satterfield, 1980, *Heterogeneous Catalysis In Practice*, McGraw-Hill Book Company, New York
- Chen, S and Tein-San Lee, 1987, **Fibrilar Morphology of The electrochemically Polymerization Polyaniline in Tetrafluoroboric Acod Aqueous Solution**, Dalam *Journal of Polymer Science*. Vol 25. p. 455-460.
- Cotton dan Wilkinson, 1989, *Kimia Anorganik Dasar*, Universitas Indonesia, UI-Press, Jakarta.
- Isa. Abdul Kholiq, 2001, *Studi Bentuk-Bentuk Polianilin Dalam Elektropolimerisasi Secara Galvanostatik*, Fakultas MIPA, Jurusan Kimia, Universitas Jember, Jember.
- Macdiarmid G., Hjertberg, T. W.R Salaneck, Lundstrom, and N. L.D.somasiri, 1985, **A ¹³C Cp-Mass NMR Investigation of Polyaniline**. Dalam *Journal of Polymer Science*. Vol 23. p. 503-508.
- March Jerry, 1992, *Advanced Organic Chemistry (Reactions, Mechanisms & Structure)*, fourth edition, John Wiley and Sons, New York.
- Mulder M, 1991, *Basic Principles of Membrane Technology*, University of Twente, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Otong, Nurhilal, Yayah Yuliah dan Tuti Susilawati, 1997, **Sintesis dan Karakterisasi Polianilin sebagai Bahan Aktif Sensor pH**. Laporan Penelitian Bandung : Fakultas MIPA Universitas Padjadjaran.
- Ramadhhar Singh dkk, 1997, **Transport and Structural Properties of Polyaniline Doped with Monovalent and Multivalent Ions**, *Polymer* vol. 38 Number 19.

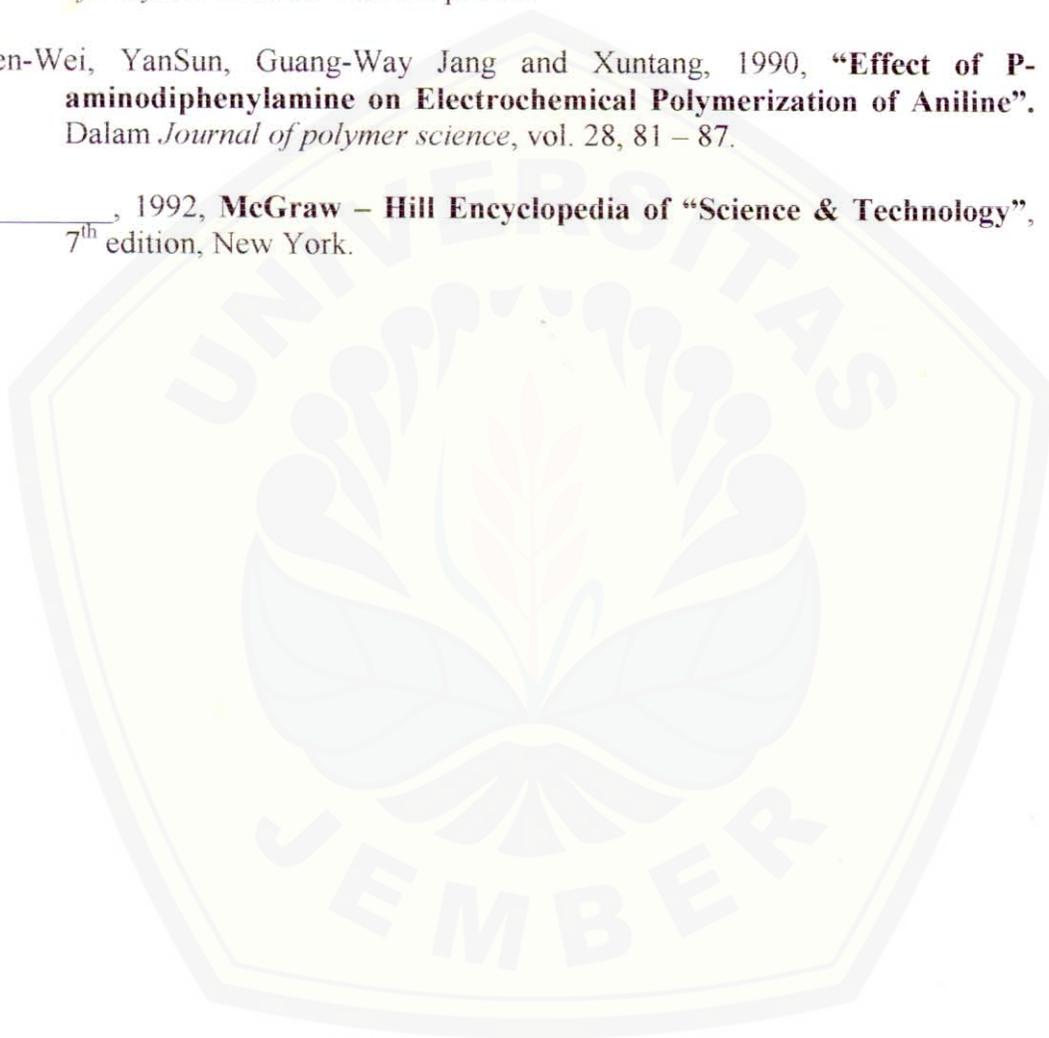
Suryaningsih, Yayah Yuliah, 1998, *Pengaruh Konsentrasi Elektrolit Tegangan dan Temperatur pada Konduktifitas Bahan Polianilin*, Fakultas MIPA UNPAD, Bandung.

Vogel, 1979, *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*, Edisi ke-5, PT. Kalman Media Pustaka, Jakarta.

Wan, M. and Yang, Jaminan sosial tenaga kerja, 1995. Dalam *Journal Application of Polymer Science*. Vol. 55. p. 399.

Yen-Wei, YanSun, Guang-Way Jang and Xuntang, 1990, "Effect of P-aminodiphenylamine on Electrochemical Polymerization of Aniline". Dalam *Journal of polymer science*, vol. 28, 81 – 87.

_____, 1992, *McGraw – Hill Encyclopedia of "Science & Technology"*, 7th edition, New York.



Lampiran 2

Tabel 3. Optimasi membran terhadap variasi berat epoxy

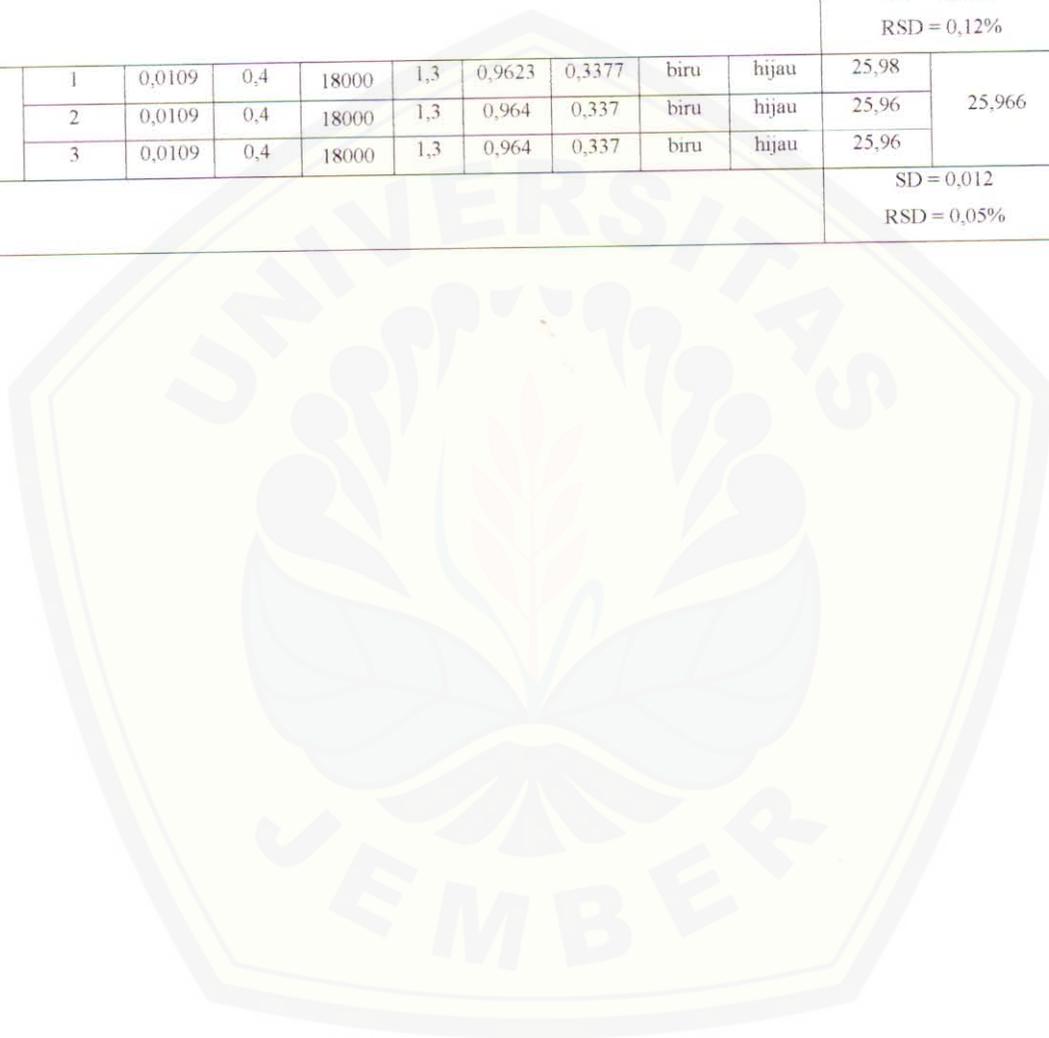
Perc.	Ulangan	Preparasi membran PAn		Waktu (detik)	Konsentrasi HCl			Karakter Membran PAn (warna)		Jumlah teradsorp (%)	Jumlah teradsorp rata-rata (%)
		PAn (gr)	Epoxy (gr)		awal	sisas	terikat	awal	akhir		
1	1	0,0109	0,2	7200	1,3	1,210	0,09	Biru	Hijau	6,92	6,365
	2	0,0109	0,2	7200	1,3	1,210	0,09	Biru	Hijau	6,92	
	3	0,0109	0,2	7200	1,3	1,228	0,072	Biru	Hijau	5,54	
	4	0,0109	0,2	7200	1,3	1,221	0,079	Biru	Hijau	6,08	
										SD = 0,67	
										RSD = 10,52%	
2	1	0,0109	0,3	7200	1,3	1,208	0,092	Biru	Hijau	7,08	7,5
	2	0,0109	0,3	7200	1,3	1,191	0,109	Biru	Hijau	8,38	
	3	0,0109	0,3	7200	1,3	1,205	0,095	Biru	Hijau	7,31	
	4	0,0109	0,3	7200	1,3	1,206	0,094	Biru	Hijau	7,23	
										SD = 0,59	
										RSD = 7,68%	
3	1	0,0109	0,4	7200	1,3	1,043	0,257	Biru	Hijau	19,76	19,77
	2	0,0109	0,4	7200	1,3	1,040	0,260	Biru	Hijau	20,00	
	3	0,0109	0,4	7200	1,3	1,045	0,255	Biru	Hijau	19,61	
	4	0,0109	0,4	7200	1,3	1,044	0,256	Biru	Hijau	19,71	
										SD = 0,17	
										RSD = 0,86%	
4	1	0,0109	0,5	7200	1,3	1,048	0,252	Biru	Hijau	19,38	18,89
	2	0,0109	0,5	7200	1,3	1,045	0,255	Biru	Hijau	19,61	
	3	0,0109	0,5	7200	1,3	1,062	0,238	Biru	Hijau	18,30	
	4	0,0109	0,5	7200	1,3	1,062	0,238	Biru	hijau	18,30	
										SD = 0,70	
										RSD = 3,71%	
5	1	0,0109	0,6	7200	1,3	1,218	0,082	Biru	Hijau	6,3	6,437
	2	0,0109	0,6	7200	1,3	1,222	0,078	Biru	Hijau	6	
	3	0,0109	0,6	7200	1,3	1,211	0,089	Biru	Hijau	6,84	
	4	0,0109	0,6	7200	1,3	1,214	0,086	Biru	Hijau	6,61	
										SD = 0,366	
										RSD = 5,69%	

Lampiran 3

Tabel 4. Optimasi membran terhadap variasi waktu

Perc.	Ulangan	preparasi membran		Waktu (detik)	Konsentrasi HCl			Karakter membran PAn (warna)		Jumlah teradsorp (%)	Jumlah teradsorp rata-rata (%)
		PAn (gr)	Epoxy (gr)		awal	sisa	terikat	awal	akhir		
1	1	0,0109	0,4	1800	1,3	0,998	0,302	biru	hijau	23,23	23,31
	2	0,0109	0,4	1800	1,3	0,996	0,304	biru	hijau	23,39	
	3	0,0109	0,4	1800	1,3	0,997	0,303	biru	hijau	23,31	
										SD = 0,08	
										RSD = 0,34%	
2	1	0,0109	0,4	3600	1,3	0,994	0,306	biru	hijau	23,54	23,38
	2	0,0109	0,4	3600	1,3	0,998	0,302	biru	hijau	23,23	
	3	0,0109	0,4	3600	1,3	0,996	0,3038	biru	hijau	23,37	
										SD = 0,16	
										RSD = 0,68%	
3	1	0,0109	0,4	5400	1,3	0,998	0,302	biru	hijau	23,23	23,29
	2	0,0109	0,4	5400	1,3	0,997	0,303	biru	hijau	23,39	
	3	0,0109	0,4	5400	1,3	0,998	0,302	biru	hijau	23,23	
										SD = 0,09	
										RSD = 0,39%	
4	1	0,0109	0,4	7200	1,3	0,995	0,305	biru	hijau	23,46	23,08
	2	0,0109	0,4	7200	1,3	1,006	0,294	biru	hijau	22,62	
	3	0,0109	0,4	7200	1,3	0,999	0,301	biru	hijau	23,16	
										SD = 0,43	
										RSD = 1,86%	
5	1	0,0109	0,4	9000	1,3	0,982	0,318	biru	hijau	24,46	25,00
	2	0,0109	0,4	9000	1,3	0,970	0,330	biru	hijau	25,38	
	3	0,0109	0,4	9000	1,3	0,973	0,327	biru	hijau	25,16	
										SD = 0,48	
										RSD = 1,92%	
6	1	0,0109	0,4	10800	1,3	0,962	0,338	biru	hijau	26,00	25,95
	2	0,0109	0,4	10800	1,3	0,963	0,337	biru	hijau	25,96	
	3	0,0109	0,4	10800	1,3	0,964	0,336	biru	hijau	25,88	
										SD = 0,0612	
										RSD = 0,24%	
7	1	0,0109	0,4	12600	1,3	0,9623	0,3377	biru	hijau	25,98	25,91
	2	0,0109	0,4	12600	1,3	0,9633	0,3367	biru	hijau	25,90	
	3	0,0109	0,4	12600	1,3	0,9638	0,3362	biru	hijau	25,86	
										SD = 0,0612	
										RSD = 0,24%	
8	1	0,0109	0,4	14400	1,3	0,963	0,337	biru	hijau	25,96	25,94

	2	0,0109	0,4	14400	1,3	0,9638	0,3362	biru	hijau	25,86	
	3	0,0109	0,4	14400	1,3	0,962	0,338	biru	hijau	26,00	
										SD = 0,072 RSD = 0,28%	
9	1	0,0109	0,4	16200	1,3	0,9631	0,3369	biru	hijau	25,92	25,953
	2	0,0109	0,4	16200	1,3	0,964	0,337	biru	hijau	25,96	
	3	0,0109	0,4	16200	1,3	0,9623	0,3377	biru	hijau	25,98	
										SD = 0,0305 RSD = 0,12%	
10	1	0,0109	0,4	18000	1,3	0,9623	0,3377	biru	hijau	25,98	25,966
	2	0,0109	0,4	18000	1,3	0,964	0,337	biru	hijau	25,96	
	3	0,0109	0,4	18000	1,3	0,964	0,337	biru	hijau	25,96	
										SD = 0,012 RSD = 0,05%	



Lampiran 4

Tabel 5. Efek pH terhadap % Cl⁻ teradsorp

Perc.	Ulangan	Preparasi membran		Waktu (detik)	pH	Konsentrasi HCl			Karakter PAN (warna)		Jumlah teradsorp (%)	Jumlah teradsorp rata-rata (%)
		PAn (gr)	Epoxy (gr)			awal	akhir	terikat	awal	akhir		
1	1	0,0109	0,4	10800	1	1,3	0,9631	0,3369	biru	hijau	25,92	25,893
	2	0,0109	0,4	10800		1,3	0,9633	0,3367	biru	hijau	25,90	
	3	0,0109	0,4	10800		1,3	0,9638	0,3362	biru	hijau	25,86	
											SD=0,0305 RSD=0,12%	
2	1	0,0109	0,4	10800	3	1,3	1,056	0,2440	biru	Biru hijau ++	18,77	18,73
	2	0,0109	0,4	10800		1,3	1,057	0,2430	biru	Biru hijau ++	18,69	
	3	0,0109	0,4	10800		1,3	1,0565	0,2435	biru	Biru hijau ++	18,73	
											SD=0,04 RSD=0,21%	
3	1	0,0109	0,4	10800	5	1,3	1,2275	0,0725	biru	Biru hijau +	5,58	5,54
	2	0,0109	0,4	10800		1,3	1,2279	0,0721	biru	Biru hijau +	5,55	
	3	0,0109	0,4	10800		1,3	1,2286	0,0714	biru	Biru hijau +	5,49	
											SD=0,046 RSD=0,83%	
4	1	0,0109	0,4	10800	7	1,3	1,2841	0,0159	biru	biru	1,23	1,223
	2	0,0109	0,4	10800		1,3	1,2847	0,0153	biru	biru	1,18	
	3	0,0109	0,4	10800		1,3	1,2837	0,0163	biru	biru	1,26	
											SD=0,040 RSD=3,30%	
5	1	0,0109	0,4	10800	9	1,3	1,2997	0,0003	biru	biru	0,022	0,023
	2	0,0109	0,4	10800		1,3	1,2997	0,0003	biru	biru	0,022	
	3	0,0109	0,4	10800		1,3	1,2997	0,0003	biru	biru	0,024	
											SD=0,0012 RSD=5,22%	

Lampiran 5

Tabel 6. Desorpsi membran PAN-Epoxy

Perc.	Ulangan	Waktu (detik)	Konsentrasi CI yang larut	Konsentrasi CI yang larut (%)	Rata-rata konsentrasi CI yang larut (%)
1	1	3600	0,00475	0,475	0,487
	2	3600	0,00475	0,475	
	3	3600	0,00512	0,512	
					SD = 0,0214 RSD = 4,39%
2	1	7200	0,00512	0,512	0,524
	2	7200	0,00512	0,512	
	3	7200	0,00549	0,549	
					SD = 0,0213 RSD = 4,06%
3	1	10800	0,00549	0,549	0,561
	2	10800	0,00586	0,586	
	3	10800	0,00549	0,549	
					SD = 0,0213 RSD = 3,8%
4	1	14400	0,00586	0,586	0,574
	2	14400	0,00549	0,549	
	3	14400	0,00586	0,586	
					SD = 0,0214 RSD = 3,73%
5	1	18000	0,00695	0,695	0,671
	2	18000	0,00659	0,659	
	3	18000	0,00659	0,659	
					SD = 0,0208 RSD = 3,09%

Tabel 7 Tingkat Adsorpsi dan Laju Adsorpsi

No	Waktu (detik)	Tingkat Adsorpsi (θ)	Laju Adsorpsi (θ/waktu)
1	1800	0,8676	0,0299
2	3600	0,9000	0,0150
3	5400	0,8968	0,0099
4	7200	0,8887	0,0074
5	9000	0,9626	0,0064
6	10800	0,9992	0,0056
7	12600	0,9977	0,0047
8	14400	0,9988	0,0041
9	16200	0,9993	0,0037
10	18000	0,9998	0,0033

Tabel 8 Tingkat Desorpsi dan Laju Desorpsi

No	Waktu (detik)	Tingkat desorpsi (θ_d)	Laju Desorpsi (θ_d/waktu)
1	3600	0,0188	0,00031
2	7200	0,0202	0,00017
3	10800	0,0216	0,00012
4	14400	0,0221	0,00009
5	18000	0,0259	0,00008

Lampiran 6

Tabel 9 % tempat yang tersedia pada membran PAN epoxy

Ulangan	Preparasi membran		Waktu (hari)	Konsentrasi HCl			Karakter PAN (warna)		Jumlah teradsorp (%)	Jumlah teradsorp rata-rata (%)
	PAn (gr)	Epoxy (gr)		awal	akhir	terikat	awal	akhir		
1	0,0109	0,4	3	1,3	0,9625	0,3375	biru	hijau	25,958	25,97
2	0,0109	0,4	3	1,3	0,9621	0,3379	biru	hijau	25,989	
3	0,0109	0,4	3	1,3	0,9624	0,3376	biru	hijau	25,967	
4	0,0109	0,4	3	1,3	0,96245	0,33755	biru	hijau	25,966	
									SD = 0,0133	
									RSD = 0,051%	

