



**ELEKTROLIT POLIMER KITOSAN/PVA SEBAGAI  
ENERGI ALTERNATIF BATU BATERAI**

Skripsi

disusun sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

Program Studi Kimia

oleh

Lysa Setyaningrum  
4311411048

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2015**

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis di dalam skripsi ini benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan dari hasil karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, 10 Juli 2015

Peneliti



Lysa Setyaningrum

4311411048

## PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Elektrolit Polimer Kitosan/PVA sebagai Energi Alternatif Batu Baterai

disusun oleh

Nama : Lysa Setyaningrum

NIM : 4311411048

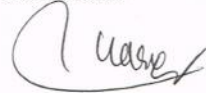
telah dipertahankan di hadapan Sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA Universitas Negeri Semarang pada tanggal



Prof. Dr. Wiyanto, M.Si

NIP. 196310121988031001

Sekretaris



Dra. Woro Sumarni, M.Si

NIP. 196507231993032001

Ketua Penguji



Drs. Subiyanto HS, M.Si

NIP. 195104211975011002

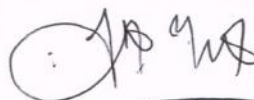
Anggota Penguji Pembimbing 1



Dra. Woro Sumarni, M.Si

NIP. 196507231993032001

Anggota Penguji Pembimbing 2



Nuni Widiarti, S.Pd., M.Si

NIP. 197810282006042001

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul **Elektrolit Polimer Kitosan/PVA sebagai Energi Alternatif Batu Baterai** yang disusun oleh Lysa Setyaningrum telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan dihadapan sidang Penelitian Ujian Skripsi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang (UNNES).

Semarang, Juli 2015

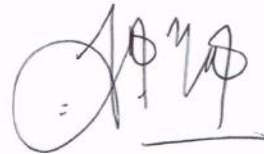
Dosen Pembimbing I



Dra. Woro Sumarni, M.Si

NIP. 196507231993032001

Dosen Pembimbing II



Nuni Widiarti, S.Pd., M.Si

NIP. 197810282006042001

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### MOTTO

1. "Jadilah kamu manusia yang pada kelahiranmu semua orang tertawa bahagia, tetapi hanya kamu sendiri yang menangis, dan pada kematianmu semua orang menangis sedih, tetapi hanya kamu sendiri yang tersenyum."  
(Mahatma Gandhi)
2. *When someone say your dream is too big, you can say to him that his think is too small*

### PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur kepada Allah SWT, atas segala karuniaNya skripsi ini kupersembahkan kepada:

1. Kedua orang tua Bapak Rudy, Ibu Biena, yang selalu mendukung baik secara moral maupun material serta doa yang selalu terucap
2. Adiku dan nenek yang selalu mendoakan dan memberikan motivasi
3. Ibu Dra.Woro Sumarni, M.Si, Ibu Nuni Widiarti, S.Pd, yang telah membimbing seperti orang tua sendiri
4. Teman-teman Kimia 2011

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusunan skripsi yang berjudul Elektrolit Polimer Kitosan/PVA sebagai Energi Alternatif Batu Baterai dapat terselesaikan dengan baik.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan ijin penelitian
2. Ketua Jurusan Kimia Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan ijin penelitian
3. Dra. Woro Sumarni, M.Si dan Nuni Widiarti, S.Pd, Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan skripsi ini
5. Keluarga tercinta yang telah memberikan motivasi dan dukungan selama penyusunan skripsi ini
6. Dosen-dosen Jurusan Kimia yang telah memberikan ilmunya kepada peneliti
7. Bapak dan Ibu Teknisi Laboratorium Kimia Universitas Negeri Semarang yang telah membantu penulis selama penelitian
8. Amanda Shinta, Amanda Puji, Etik, Fatun, Istria, Kartika, Metta, Margereta, Selli yang menjadi teman seperjuangan selama melaksanakan studi di Universitas Negeri Semarang

9. Semua pihak yang telah membantu peneliti, yang tidak dapat disebutkan satu per satu

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca sangat penulis harapkan. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca khususnya dan bagi dunia pendidikan pada umumnya.

Semarang, 10 Juli 2015

Peneliti

## ABSTRAK

Setyaningrum, Lysa. 2015. *Elektrolit Polimer Kitosan/PVA sebagai Energi Alternatif Batu Baterai*. Skripsi. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Dra. Woro Sumarni, M.Si dan Pembimbing Pendamping Nuni Widiarti, S.Pd, M.Si.

Kata Kunci :elektrolit polimer, kitosan,  $\text{NH}_4\text{Br}$

Material ramah lingkungan yang belum banyak dikembangkan sebagai alternatif sumber penyimpanan energy adalah elektrolit padatan. *Kitosan merupakan salah satu jenis polimer alam yang berpotensi sebagai bahan elektrolit padat*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai konduktivitas elektrolit polimer kitosan-PVA-glutaraldehid- $\text{NH}_4\text{Br}$  dengan variasi kitosan dan variasi garam amonium bromida ( $\text{NH}_4\text{Br}$ ). Membran elektrolit polimer dibuat menggunakan metode inverse fasa. Pembuatan elektrolit polimer dengan mencampurkan kitosan, PVA, glutaraldehid dan  $\text{NH}_4\text{Br}$  hingga menjadi larutan homogeny dan dicetak. *Elektrolit polimer dengan variasi kitosan 2; 2,4; 2,8 dan 3,2 g memiliki konduktivitas ionik tertinggi  $1,4983 \times 10^{-2} \text{ S/cm}$  pada penambahan 2,8 gram kemudian dijadikan komposisi optimum. Variasi garam ( $\text{NH}_4\text{Br}$ ) 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 dan 1 g memiliki konduktivitas ionik tertinggi  $2,4385 \times 10^{-2} \text{ S/cm}$  pada penambahan 0,6 g. Hasil karakterisasi menggunakan FTIR menunjukkan gugus OH pada bilangan gelombang  $3362,02 \text{ cm}^{-1}$ , gugus C-O  $1740,43 \text{ cm}^{-1}$ , gugus C=N  $1542,41 \text{ cm}^{-1}$ . Polimer hasil sintesis dapat dijadikan baterai dengan tegangan 0,43 V.*



## ABSTRACT

Setyaningrum, Lysa. 2015. *Chitosan Polymer Electrolyte/PVA as Batteries Alternative Energy*. Final project. Chemistry Department, Faculty of Mathematics and Science, Semarang State University. First advisor is Dra. Woro Sumarni, M.Si and the second advisor is Nuni Widiarti, S.Pd, M.Si.

Keywords : polymer electrolyte, chitosan, NH<sub>4</sub>Br

The eco-friendly material which has not widely developed as energy storage alternative sources is solid electrolytes. Chitosan is one type of natural polymer which is potentially made as solid electrolyte material. The purpose of this study is to determine the conductivity value of the chitosan polymer electrolyte-PVA-glutaraldehyde-NH<sub>4</sub>Br with chitosan variation and salt ammonium bromide (NH<sub>4</sub>Br) variation. The polymer electrolyte membrane is made by using a phase inversion method. Electrolyte polymer is made by mixing chitosan, PVA, glutaraldehyde and NH<sub>4</sub>Br to be a homogeneous liquid and then printed. Polymer electrolyte with chitosan variation 2; 2.4; 2.8 and 3.2 g has the highest ionic conductivity of  $1.4983 \times 10^{-2}$  S/cm by the addition of 2.8 g then it is made as optimum composition. The salt variations (NH<sub>4</sub>Br) 0; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8 and 1 g has the highest ionic conductivity of  $2.4385 \times 10^{-2}$  S/cm with 0.6 g addition. The result of characterization using FTIR shows an OH group at wave number  $3362.02 \text{ cm}^{-1}$ , group C-O  $1740.43 \text{ cm}^{-1}$ , group C=N  $1542.41 \text{ cm}^{-1}$ . Synthesized polymers can be used as a battery that has 0.43 V voltage.

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	i
<b>PENYATAAN.....</b>	ii
<b>PENGESAHAN.....</b>	iii
<b>PERSETUJUAN PEMBIMBING .....</b>	iv
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....</b>	v
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	vi
<b>ABSTRAK .....</b>	viii
<b>ABSTRACT.....</b>	ix
<b>DAFTAR ISI.....</b>	x
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	xv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5

	Halaman
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1 Kitosan.....	6
2.2 Polivinil Alkohol (PVA).....	8
2.3 Glutaraldehida .....	9
2.4 Baterai.....	10
2.4.1 Karakteristik Baterai .....	12
2.4.2 Komponen Penyusun Baterai .....	13
2.5 Elektrolit Polimer .....	13
2.5.1 Elektrolit Polimer Kitosan/PVA .....	14
2.6 Transpor Muatan Elektrolit Polimer.....	17
2.7 Karakterisasi Elektrolit Polimer .....	18
2.7.1 Konduktivitas Listrik .....	18
2.7.2 <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	19
2.8 Penelitian Terkait Elektrolit Polimer.....	19
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b> .....	21
3.1 Sampel .....	21
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	21
3.3 Variabel Penelitian .....	21
3.4 Alat dan Bahan .....	22
3.4.1 Alat Penelitian.....	22
3.4.2 Bahan Penelitian.....	22

	Halaman
3.5 Tahap Penelitian .....	22
3.5.1 Pembuatan Elektrolit Polimer Kitosan/PVA.....	22
3.5.2 Uji Konduktivitas .....	23
3.5.3 Karakterisasi Elektrolit Polimer.....	23
3.5.4 Pembuatan Baterai .....	24
3.5.5 Uji Baterai .....	24
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>25</b>
4.1 Preparasi Membran .....	25
4.2 Bentuk Polimer .....	27
4.3 Ketebalan Film.....	29
4.4 Konduktivitas Ionik.....	30
4.5 <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	35
4.6 Karakteristik Baterai .....	37
<b>BAB 5 PENUTUP .....</b>	<b>39</b>
5.1 Simpulan.....	39
5.2 Saran .....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>40</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>44</b>

**DAFTAR TABEL**

Tabel	Halaman
2.1 Contoh polimer elektrolit kitosan dengan daya konduksinya .....	7
2.2 Contoh polimer elektrolit PVA dengan daya konduksinya.....	9
2.3 Daftar Tegangan per-sel.....	12
4.1 Ketebalan elektrolit polimer dengan variasi penambahan kitosan.....	30
4.2 Ketebalan elektrolit polimer dengan variasi penambahan $\text{NH}_4\text{Br}$ .....	30

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Struktur Kitosan .....	7
2.2 Struktur Kimia PVA.....	8
2.3 Pembentukan basa Schiff (C-N) gugus amino .....	10
2.4 Mekanisme pertautan silang kitosan, PVA dan glutaraldehid .....	15
2.5 Transpor Ion Polimer .....	17
4.1 Elektrolit polimer variasi $\text{NH}_4\text{Br}$ .....	28
4.2 Reaksi Membran kitosan-PVA <i>crosslinked</i> dengan glutaraldehid .....	29
4.3 Nilai konduktivitas ionik pada variasi penambahan kitosan.....	31
4.4 Nilai konduktivitas ionik pada variasi penambahan $\text{NH}_4\text{Br}$ .....	32
4.5 Struktur $\text{NH}_4^+$ .....	33
4.6 Mekanisme transport ion $\text{H}^+$ pada kitosan-garam .....	34
4.7 Spektrum inframerah.....	36
4.8 Baterai elektrolit polimer .....	38

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1 Penentuan Komposisi Optimum Kitosan.....	45
2 Pembuatan Elektrolit Polimer Variasi Penambahan Garam $\text{NH}_4\text{Br}$ .....	47
3 Pembuatan Baterai .....	49
4 Pembuatan Larutan Asam Asetat 1%.....	50
5 Pembuatan Larutan Glutaraldehyd 6% .....	51
6 Perhitungan Nilai Konduktivitas Elektrolit Polimer Variasi 1 .....	52
7 Perhitungan Nilai Konduktivitas Elektrolit Polimer Variasi 2 .....	55
8 Dokumentasi Penelitian .....	58
9 Spektrum Inframerah Elektrolit Polimer.....	61
10 Spektrum Inframerah Kitosan.....	62
11 Spektrum Inframerah PVA .....	63
12 Spektrum Inframerah Glutaraldehyd .....	64

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Bahan polimer alam saat ini banyak diteliti untuk dijadikan sebagai elektrolit polimer karena sifatnya yang ramah lingkungan. Salah satu bahan polimer alam yang banyak diteliti antara lain kitosan. Kitosan merupakan salah satu jenis polimer alam yang berpotensi sebagai bahan elektrolit padat. Penelitian yang dilakukan oleh Sudaryanto (2012) kitosan dapat dijadikan sebagai elektrolit padat dengan cara melarutkan kitosan dalam asam asetat 1% mempunyai nilai konduktivitas ionik sebesar  $3,87 \times 10^{-7}$  S/cm. Kitosan adalah biopolimer karbohidrat alam yang diturunkan dari proses deasetilasi kitin. Kitin sendiri merupakan senyawa biopolimer kedua yang paling banyak ditemukan di alam setelah selulosa (Rinaudo, 2006; Muzzareli and Muzzareli 2005; Yahya and Arof 2003). Kitosan mempunyai sifat polielektrolit kationik karena adanya gugus amino, bersifat *biodegradable*, dan dapat membentuk film (Putri, 2009). Membran kitosan dibuat dengan metode inversi fasa menggunakan bahan baku yang berasal dari cangkang hewan *crustaceae*, terutama udang melalui serangkaian proses, diantaranya depigmentasi, deproteinasi, demineralisasi, dan deasetilasi.

Elektrolit terdiri dari elektrolit cair dan elektrolit padat. Jenis elektrolit cair memiliki kelemahan diantaranya rentan terhadap kebocoran dan mudah



terbakar jika terkena percikan api serta bersifat racun, sedangkan untuk elektrolit dengan bentuk padatan (solid) lebih aman, mudah dipakai, bebas dari kebocoran dan dapat dibuat dengan dimensi lebih kecil seperti lapisan tipis (Gay dan Armand, 1999). Elektrolit polimer dapat menggantikan elektrolit cair. Elektrolit polimer harus memiliki konduktivitas ionik yang baik tetapi tidak menjadi konduktif secara elektrik, karena akan menyebabkan korsleting internal, tidak reaktif dengan bahan elektroda, sedikit perubahan pada sifat terhadap perubahan suhu, aman dan biaya rendah (Linden 2002).

Konduktivitas elektrolit polimer dapat ditingkatkan dengan mempergunakan dua jenis polimer yang berbeda serta modifikasi jenis polimer yang sesuai (Rajendran *et al.* 2001). Kitosan dapat dimodifikasi dengan menggunakan bahan tambahan yang dapat meningkatkan stabilitas dan karakter membran. Modifikasi membran kitosan diharapkan dapat menghasilkan membran dengan karakter yang lebih baik seperti peningkatan kestabilan membran, karena lapisan yang terbuat dari kitosan murni lebih rapuh dibandingkan dengan kitosan yang dimodifikasi. Bahan yang biasa digunakan sebagai penstabil membran antara lain glutaraldehid dan genipin, keduanya merupakan agen pertautan silang pada kitosan (Jin *et al.* 2004). Osman *et al.* (2001) menyampaikan bahwa konduktivitas pada kitosan berasal dari pergerakan ion garam, keadaan pergerakan ini selanjutnya dapat diperbaiki dengan adanya penambahan *plasticizer* (bahan pemplastik). Beberapa *plasticizer* yang pernah digunakan dalam mentautsilangkan kitosan antara lain asam oleat (Yahya dan Arof 2003), asam

fosfat (Majid dan Arof 2007), PEO (Polyethylene Oxide) (Dosono *et al.* 2007) dan PVA (Polyvinyl Alcohol) (Kumar *et al.* 2007).

PVA adalah polimer yang paling umum digunakan sebagai membran karena salah satu sifatnya, yaitu hidrofilik, murah dan menunjukkan stabilitas termal dan kimia yang baik. Untuk menuju energi hijau, PVA telah dipilih oleh banyak peneliti di seluruh dunia untuk menjadi polimer elektrolit karena larut dalam air dan biodegradable. Namun film PVA tidak stabil selama efek penuaan, karena sifat hidrofilik PVA menjadikan tekstur film berubah dan tidak stabil ketika menyerap molekul H<sub>2</sub>O. Film menjadi mengembang pada saat menyerap molekul H<sub>2</sub>O. Usaha untuk menstabilkan tekstur film yaitu dengan menautsilangkan (Nurlaila, 2006). Penambahan PVA dalam jumlah tertentu dapat memperbaiki struktur dari membran itu sendiri, meningkatkan kekuatan membran kitosan, serta mampu menstabilkan membran yang dibentuknya (Hassan & Peppas 2000).

Penelitian yang dilakukan oleh Kadir *et al.* (2010) mengenai elektrolit padat dari campuran murni kitosan-PVA menghasilkan konduktivitas ion sebesar  $10^{-11} \text{ S cm}^{-1}$  pada suhu kamar. Akan tetapi setelah polimer ditambahkan NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> dan etilen karbonat sebagai plastisizer mampu menghasilkan nilai konduktivitas ion yang tinggi, yaitu  $6,0 \times 10^{-3} \text{ S cm}^{-1}$ . Berbeda halnya dengan penelitian yang dilakukan Riyanto (2011) yaitu elektrolit polimer dari kitosan-PVA-glutaraldehyd menghasilkan konduktivitas ionik sebesar  $4,8 \times 10^{-10} \text{ S cm}^{-1}$ , namun setelah ditambah dengan NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> konduktivitas ionik menjadi  $2,2 \times 10^{-5} \text{ S cm}^{-1}$ . Kajian yang telah dilakukan oleh Hema *et al.* (2009) yaitu polimer elektrolit

padat yang dibuat dari PVA dengan penambahan garam amonium halida ( $\text{NH}_4\text{X}$ ). Nilai konduktivitas yang didapat meliputi PVA- $\text{NH}_4\text{Cl}$  sebesar  $1,0 \times 10^{-5}$ , PVA- $\text{NH}_4\text{Br}$  sebesar  $5,7 \times 10^{-4}$ , dan PVA- $\text{NH}_4\text{I}$  sebesar  $2,5 \times 10^{-3}$ .

Berdasarkan kajian yang sudah ada bahwa kitosan dapat dibuat sebagai elektrolit polimer dengan modifikasi untuk meningkatkan nilai konduktivitas sehingga dapat ditujukan untuk pembuatan baterai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai konduktivitas elektrolit polimer dari variasi kitosan yang ditambah dengan PVA-glutaraldehyd- $\text{NH}_4\text{Br}$ , setelah didapat komposisi kitosan dengan nilai konduktivitas ionik tertinggi dibuat elektrolit polimer kitosan-PVA-glutaraldehyd dengan variasi garam amonium bromida ( $\text{NH}_4\text{Br}$ ).

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan sebelumnya, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

- a) Berapakah nilai konduktivitas tertinggi yang diperoleh dari elektrolit polimer pada variasi penambahan kitosan?
- b) Berapakah nilai konduktivitas tertinggi yang diperoleh dari elektrolit polimer pada variasi penambahan garam amonium bromida?
- c) Berapakah tegangan listrik yang diperoleh dari baterai ?

### **1.3. Tujuan**

Berdasarkan pada pertanyaan-pertanyaan rumusan masalah yang akan diteliti diatas, maka akan dipaparkan tujuan penelitian sebagai berikut:

- a) Mengetahui nilai konduktivitas tertinggi yang diperoleh dari elektrolit polimer pada variasi penambahan kitosan.
- b) Mengetahui nilai konduktivitas tertinggi yang diperoleh dari elektrolit polimer pada variasi penambahan garam amonium bromida.
- c) Mengetahui tegangan listrik yang diperoleh batu baterai.

### **1.4. Manfaat**

Penelitian ini diharapkan mampu :

- a) Menghasilkan elektrolit polimer kitosan-PVA-glutaraldehyd-NH<sub>4</sub>Br dengan nilai konduktivitas yang tinggi.
- b) Memberikan alternatif sumber energi listrik dalam bentuk baterai.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

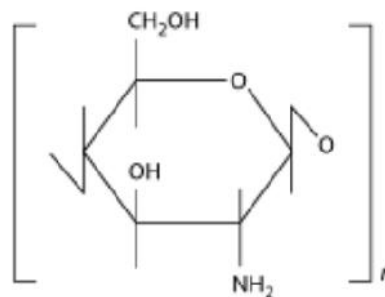
#### **2.1. Kitosan**

Kitosan merupakan bahan dasar polielektrolit yang mengandung gugus amina dan gugus hidroksil yang banyak digunakan sebagai bahan molekul transpor aktif suatu anion dalam larutan. Kitosan memiliki sifat mudah terdegradasi, *biocompatible*, dan tidak beracun. Kitosan tidak larut dalam air, larutan alkali pada pH di atas 6,5 dan pelarut organik, tetapi dapat larut cepat dalam asam organik encer seperti asam asetat, asam format, asam sitrat, dan mineral lain kecuali sulfur. Kitosan dalam media asam juga dapat menjadi polielektrolit melalui protonasi gugus amina (Omum, 1992).

Oleh karena sifat kristalin kitosan, bagian kristalin pada kitosan akan menghalangi masuknya molekul air ke dalam membran kitosan sehingga menghambat transpor ion hidroksida di dalam membran yang didukung dengan adanya gugus polar dan non polar yang dikandungnya. Dengan demikian kitosan dapat digunakan sebagai pengental, pengikat, penstabil, pembentuk tekstur, dan pembentuk gel. Bila kitosan dilarutkan di dalam asam, maka kitosan akan menjadi polimer kationik dengan struktur linear sehingga dapat digunakan dalam proses flokulasi dan pembentukan film. Kitosan dapat dijadikan konduktor proton, jika kitosan dilarutkan dalam asam asetat dan dicetak dalam bentuk lembaran. Ion  $H^+$  dan  $CH_3COO^-$  tersebar di dalam pelarut kitosan dan dapat dimobilisasi di bawah

medan listrik. Jika ion  $H^+$  lebih banyak yang bergerak di dalam film maka akan menjadi konduktor proton (Mohamed *et al.* 1995).

Kelebihan polielektrolit kationik dibandingkan dengan koagulan lain adalah lebih sedikitnya jumlah flok yang dihasilkan karena polielektrolit tidak membentuk endapan. Flok yang terbentuk lebih kuat dan tidak membutuhkan pengaturan pH (Omum, 1992). Adanya gugus amina dan karboksil yang terikat mengakibatkan kitosan mempunyai reaktivitas kimia yang baik dan penyumbang sifat elektrolit kation sehingga dapat berperan sebagai *amino exchange*.



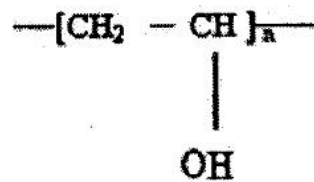
Gambar 2.1. Struktur Kitosan ( Sumber: Se-Kwon Kim, 2010 )

Tabel 2.1. Contoh polimer elektrolit kitosan dengan daya konduksinya

Komposisi Polimer Elektrolit	Konduktivitas ( $S\ cm^{-1}$ )	Referensi
Kitosan- $NH_4CF_3SO_3$	$8.91 \times 10^{-7}$	Khlar, (2006)
Kitosan- $NH_4NO_3$	$2.53 \times 10^{-5}$	Majid dan Arof (2005)
Kitosan- $H_3PO_4$	$4.9 \times 10^{-4}$	Majid dan Arof (2007)
Kitosan- $NH_4I$	$3.7 \times 10^{-7}$	Buraidahet <i>al.</i> , (2009)
Kitosan- $NH_4I$ -Etilen Karbonat	$7.6 \times 10^{-6}$	Buraidahet <i>al.</i> , (2009)
Kitosan- $NH_4I$ -1-butyl-3-metilimidazolium iodida	$8.47 \times 10^{-4}$	Buraidahet <i>al.</i> , (2010)

## 2.2. Polivinil Alkohol (PVA)

PVA adalah polimer yang paling umum digunakan sebagai membran karena salah satu sifatnya, yaitu hidrofilik, murah dan menunjukkan stabilitas termal dan kimia yang baik. PVA dapat larut dalam air dengan bantuan panas yaitu pada temperatur diatas 90°C. Pada suhu kamar PVA berwujud padat, lunak dalam pemanasan, kemudian elastis seperti karet dan mengkristal dalam proses. PVA mempunyai rantai karbon polimer dengan gugus hidroksil yang melekat pada karbon metilen [Rajendran dan Mahendran, 2001].



Gambar 2.2. Struktur Kimia PVA ( Sumber: I. Noezar *et al*, 2008)

PVA memiliki sifat pembentuk film yang baik. Selain itu, PVA memiliki gugus hidroksil yang menghasilkan ikatan inter dan intra-molekul hidrogen. PVA biokompatibel, dan tidak beracun. Membran PVA dilaporkan memiliki aplikasi yang baik di bidang biomedis. Karena kelarutan dan biodegradasi, film PVA juga digunakan sebagai bahan kemasan (Nisa, 2005).

Untuk menuju energi hijau, PVA telah dipilih oleh banyak peneliti di seluruh dunia untuk menjadi polimer elektrolit karena larut dalam air dan

*biodegradable*, lebih lanjut bahwa elektrolit polimer berbasis PVA telah diketahui menunjukkan nilai konduktivitas yang baik.

Tabel 2.2. Contoh polimer lektrolit PVA dengan daya konduksinya

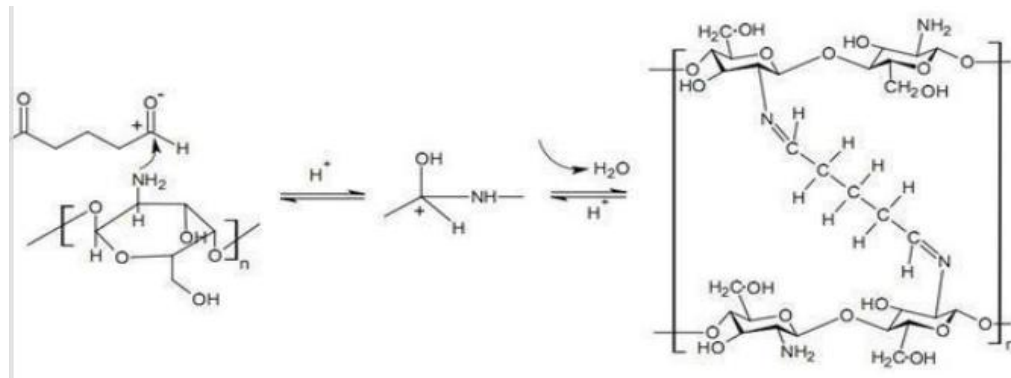
Komposisi Polimer Elektrolit	Konduktivitas (S cm <sup>-1</sup> )	Referensi
PVA-CF <sub>3</sub> SO <sub>3</sub> H-H <sub>2</sub> O	~ 10 <sup>-2</sup>	Lewandowski dan Skorupska (2001a)
PVA-CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> <sup>-</sup>	5.62 x 10 <sup>-6</sup>	Hirankumar <i>et al.</i> , (2005)
PVA-H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	~ 10 <sup>-4</sup>	Kufian <i>et al.</i> , (2007)
PVA-NH <sub>4</sub> Br	5.7 x 10 <sup>-4</sup>	Hema <i>et al.</i> , (2008)
PVA-NH <sub>4</sub> I	2.5 x 10 <sup>-3</sup>	Hema <i>et al.</i> , (2009a)
PVA-NH <sub>4</sub> Cl	1.0 x 10 <sup>-5</sup>	Hema <i>et al.</i> , (2009b)

### 2.3. Glutaraldehida

Glutaraldehid memiliki nama lain glutardialdehid, 1,3 – diformilpropan, glutaral, 1,5 – pentanedial, 1,5 – pentanedion, asepi, cidex, jotacide, sonacide. Glutaraldehida merupakan agen pertautan silang yang sering digunakan dalam polipeptida dan protein karena aktivitasnya yang tinggi dan gugus aldehida yang dapat membentuk basa Schiff's dengan gugus amino dari protein. Pertautan silang adalah polimer yang terbentuk karena beberapa rantai polimer saling berikatan satu sama lain pada rantai utamanya. Glutaraldehida juga digunakan sebagai agen pertautan silang dengan PVA dan beberapa polisakarida lain seperti heparin, asam hialuronat, dan kitosan (Wang *et al.* 2004). Glutaraldehida merupakan senyawa dengan fungsi ganda yang umumnya digunakan dalam modifikasi protein dan polimer. Glutaraldehida mempunyai rumus molekul C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub> dengan bobot molekul sebesar 100.1 g/mol, titik didih sebesar 100°C, titik



lebur  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , pH 3.2–4.2, berupa larutan yang berwarna kuning, larut dalam air, alkohol, dan benzene (BASF 1999).



Gambar 2.3. Pembentukan basa Schiff (C-N) gugus amino pada kitosan dan gugus alhid pada glutaraldehida (Wang *et al.*, 2004)

Glutaraldehida yang berikatan silang dengan kitosan dalam formasi basa schiff. Wang *et al.* (2004) menyampaikan bahwa nukleofilik nitrogen dari gugus amina ( $-\text{NH}_2$ ) menginduksi karbon dari aldehid, sehingga menyebabkan terjadinya kehilangan satu molekul air dan terbentuk ikatan  $\text{C}=\text{N}$ . Formasi pembentukkan basa schiff ( $\text{C}=\text{N}$ ) antara gugus amino kitosan dan gugus aldehid pada glutaraldehida dapat dilihat pada Gambar 2.3.

## 2.4. Baterai

Baterai adalah suatu alat yang dapat menghasilkan energi listrik dengan melibatkan transfer elektron melalui suatu media yang bersifat konduktif dari dua elektroda (anoda dan katoda) sehingga menghasilkan arus listrik dan beda potensial. Baterai terdiri dari dua jenis, yaitu baterai primer dan baterai sekunder (Kartawidjaja *et al.*, 2008).

Baterai merupakan salah satu sel volta, yaitu sel yang menghasilkan arus listrik, berbeda dengan aki, baterai tidak dapat diisi kembali. Sel Volta (sel galvani) memanfaatkan reaksi spontan ( $G < 0$ ) untuk membangkitkan energi listrik, selisih energi reaktan (tinggi) dengan produk (rendah) diubah menjadi energi listrik. Sistem reaksi melakukan kerja terhadap lingkungan

Baterai primer merupakan baterai yang hanya dapat digunakan sekali dan tidak dapat diisi ulang. Baterai ini hanya dapat digunakan sekali saja karena reaksi kimia yang ada di dalam material aktifnya tidak dapat dikembalikan. Contoh dari baterai primer ini adalah baterai *zinc-carbon*, dan baterai alkalin. Baterai primer memiliki keunggulan dalam harga dan memiliki kerapatan energi yang tinggi.

Baterai sekunder adalah baterai yang dapat diisi ulang. Baterai sekunder dapat diisi ulang karena reaksi kimia di dalam material aktifnya dapat diputar kembali. Kelebihan dari baterai sekunder adalah harganya lebih efisien untuk jangka panjang. Salah satu contoh baterai sekunder adalah *lead-acid*, baterai NiCd, dan baterai NiMH (Kiehne, 2003).

Komponen utama pada baterai terdiri dari elektroda dan elektrolit. Bahan dan luas permukaan elektroda mampu mempengaruhi jumlah beda potensial yang dihasilkan. Setiap bahan elektroda memiliki tingkat potensial elektroda ( $E^\circ$ ) yang berbeda-beda. Jika luas permukaan elektroda diperbesar maka akan semakin banyak elektron yang dapat dioksidasi dibandingkan dengan elektroda dengan luas permukaan yang kecil (Kartawidjaja *et al.*, 2008).

Elektrolit atau konduktor ionik yaitu sebagai penyedia sarana untuk mentransfer ion. Elektrolit terdiri dari elektrolit cair dan elektrolit padat. Jenis

elektrolit cair memiliki kelemahan diantaranya rentan terhadap kebocoran dan mudah terbakar, sedangkan elektrolit dalam bentuk padatan cenderung lebih aman, mudah dipakai, bebas dari kebocoran dan dapat dibuat dengan dimensi lebih kecil (Riyanto, 2011).

Proses transfer elektron pada baterai melibatkan transfer elektron melalui suatu media yang bersifat konduktif dari dua elektroda (anoda dan katoda) sehingga menghasilkan arus listrik dan beda tegangan. Prinsip kerja baterai menggunakan prinsip elektrokimia dengan memanfaatkan proses reduksi-oksidasi yaitu elektroda negatif (anoda) akan mengalami reaksi oksidasi sehingga elektron yang berada pada permukaan anoda akan terlepas dan dibawa oleh ion elektrolit menuju elektroda positif (katoda). Transfer elektron oleh ion elektrolit ini kemudian akan menghasilkan beda tegangan dan arus listrik jika dihubungkan atau dirangkaikan dengan komponen elektronika seperti dioda, resistor atau kapasitor (Kartawidjaja *et al.*, 2008).

#### 2.4.1. Karakteristik Baterai

Karakteristik baterai bergantung pada kemampuan sebuah baterai mengeluarkan tegangan tiap unit.

Tabel 2.3. Daftar Tegangan per-sel (Meade, 1994)

Sel Primer		Sel Sekunder	
Tipe	V	Tipe	V
Karbon-seng	1,5	Timbal-Asam	2,2
Alkalin	1,5	Nikel-Besi	1,4
Merkuri	1,35	Nikel-	1,2
Perak-Oksida	1,5	Kadmium	
Litium	3,0		

### **2.4.2. Komponen Penyusun Baterai**

Elektroda adalah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian atau media non-logam dari sebuah sirkuit (misal semikonduktor, elektrolit atau vakum). Ungkapan kata ini diciptakan oleh ilmuwan Michael Faraday dari bahasa Yunani elektron (berarti amber, dan hodos sebuah cara). Elektroda dalam sel elektrokimia dapat disebut sebagai anoda atau katoda, kata-kata yang juga diciptakan oleh Faraday.

Anoda ini didefinisikan sebagai elektroda dengan elektron datang dari sel elektrokimia dan oksidasi terjadi, dan katoda didefinisikan sebagai elektroda dengan elektron memasuki sel elektrokimia dan reduksi terjadi. Setiap elektroda dapat menjadi sebuah anoda atau katoda tergantung dari tegangan listrik yang diberikan ke sel elektrokimia tersebut. Elektroda bipolar adalah elektroda yang berfungsi sebagai anoda dari sebuah sel elektrokimia dan katoda bagi sel elektrokimia lainnya (Hiskia, 2001).

## **2.5. Elektrolit Polimer**

Membran elektrolit merupakan komponen utama yang berperan untuk memisahkan reaktan dan menjadi sarana transportasi ion hidrogen yang dihasilkan oleh reaksi anoda menuju katoda sehingga reaksi katoda yang menghasilkan energi listrik dapat terjadi (Carette *et al.*, 2001; Bossel, 2000).

Material berbasis polimer memiliki beberapa keunggulan sebagai material elektrolit. Keunggulan tersebut antara lain (Gay 1997):

1. Mempunyai hantaran listrik yang cocok untuk aplikasi sel elektrokimia
2. Mempunyai sifat mekanik yang baik
3. Mempunyai kestabilan kimia, elektrokimia dan fotokimia yang baik
4. Murah dalam pembuatannya

Ciri-ciri yang harus dimiliki oleh suatu polimer agar dapat berfungsi sebagai host dalam elektrolit polimer (Linden 2002), antara lain:

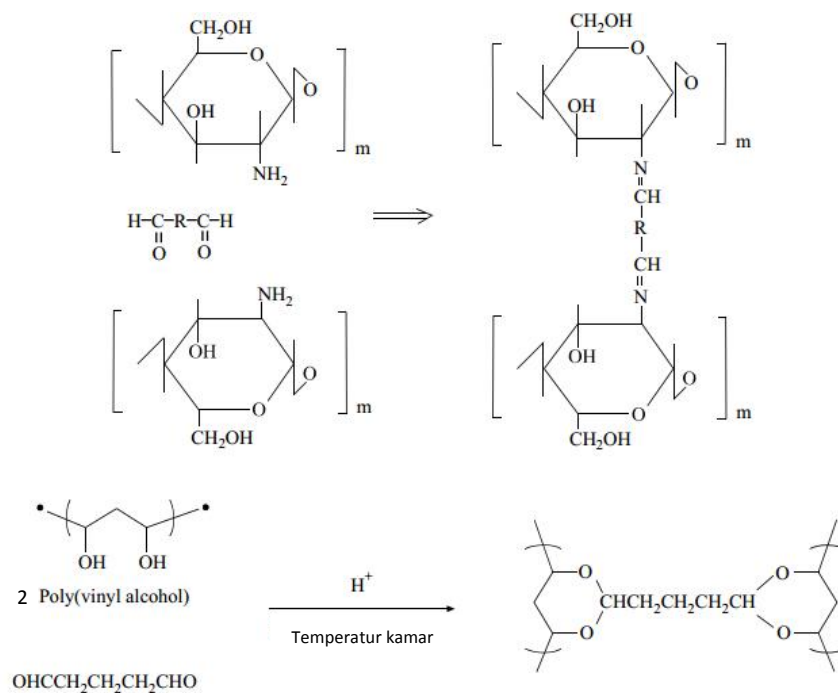
1. Memiliki atom atau beberapa atom yang cukup untuk mendonorkan elektron sehingga dapat membentuk ikatan yang berkoordinasi dengan kation.
2. Memiliki hambatan yang kecil terhadap pergerakan ikatan polimer sehingga memungkinkan pergerakan ion pada ikatan polimer.
3. Memiliki jarak yang sesuai antara pusat koordinat, hal ini penting dalam pembentukan beberapa ikatan ion secara intra polimer.
4. Memiliki suhu transisi gelas yang rendah sehingga memudahkan dalam pergerakan ion.

Elektrolit harus memiliki konduktivitas ionik yang baik tetapi tidak menjadi konduktif secara elektrik, tidak reaktif dengan bahan elektroda, sedikit perubahan pada sifat terhadap perubahan suhu, aman dan biaya rendah (Linden 2002).

### **2.5.1. Elektrolit Polimer Kitosan / PVA**

Campuran kitosan dan PVA dengan glutaraldehida sebagai agen pertautan silang menghasilkan struktur jaringan semi-IPN. Semi-IPN merupakan salah satu

jaringan yang dapat membentuk struktur hidrogel. Jaringan semi IPN tersusun atas dua jenis polimer yang pada salah satu jenis polimernya terjadi ikatan silang antar sesamanya yang dibentuk oleh agen pertautan silang, sedangkan pada polimer yang lain tidak terbentuk ikatan silang oleh agen pertautan silang tersebut. Ikatan kovalen koordinat yang terbentuk pada ikatan silang terjadi antara gugus amino ( $-\text{NH}_2$ ) dari rantai kitosan dengan atom karbon pada gugus aldehida dari glutaraldehida (Wang et al. 2004).



Gambar 2.4. Mekanisme pertautan silang kitosan, PVA dan glutaraldehid. (Sumber: Jegal, 1999)

Ion  $\text{H}^+$  dan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  tersebar di dalam pelarut kitosan dan dapat dimobilisasi di bawah medan listrik. Jika ion  $\text{H}^+$  lebih banyak yang bergerak di dalam film maka akan menjadi konduktor proton (Mohamed et al. 1995). Gugus amino ( $\text{NH}_2$ ) pada kitosan telah diprotonisasi menjadi  $\text{NH}_3^+$  dalam larutan asam asetat, dan gugus OH pada polivinil alkohol akan berkaitan dengan  $\text{NH}_3^+$

membentuk ikatan hidrogen yang membuat struktur kimia film yang dihasilkan kokoh (Xu *et al.* 2004). Kitosan dalam bentuk membran telah mengalami perubahan dalam keteraturan ikatan antar rantai polimernya. Ikatan hidrogen antar dan dalam rantai polimer kitosan kemungkinan telah terkalahkan oleh terjadinya ikatan baru yaitu ikatan antara rantai polimer kitosan dengan polivinil alkohol (Nugroho, 2014). Garam yang ditambahkan dalam film elektrolit polimer yang akan menyumbangkan  $H^+$  terhadap sistem utama

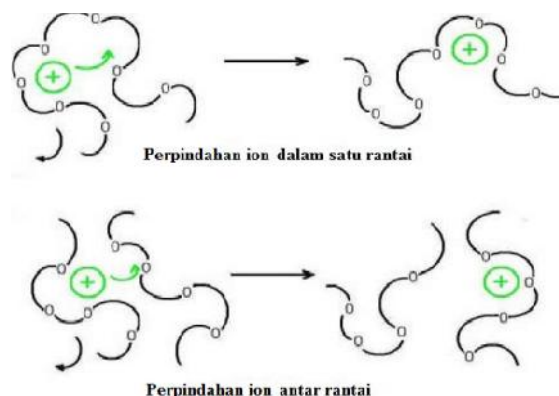
Glutaraldehid dalam hal ini diduga bertindak sebagai penaut silang membentuk formasi ikatan intra dan antara jaringan (Wang *et al.* 2004). Ketika glutaraldehid digunakan untuk *crosslinking*, sebagian kecil dari gugus hidroksil dan gugus amina saling berikatan, tetapi sebagian besar gugus hidroksil dan amina masih terdapat jumlahnya untuk pertukaran proton (Smitha *et al.* 2006).

Konduktivitas ionik elektrolit polimer tergantung pada ukuran anion dan energi kisi. Perbedaan ukuran kation dan anion menurunkan daya tarik elektrostatik di antara keduanya membuat pemisahan mudah. Hal ini menguntungkan bagi kompleksasi polimer-garam. Garam dengan energi kisi yang lebih rendah akan membutuhkan lebih sedikit energi untuk memecahkan ikatan ion untuk melepaskan ion ke dalam sistem polimer-garam. Dengan demikian, konduktivitas elektrolit polimer akan ditingkatkan dengan penggunaan anion besar dan energi kisi rendah garam.

## 2.6 . Transpor Muatan Elektrolit Polimer

Salah satu mekanisme transpor muatan dalam membran elektrolit adalah perpindahan ion (umumnya kation atau ion positif) akibat relaksasi segmental dari rantai polimer. Relaksasi segmental menyebabkan terlepasnya ion dari satu segmen rantai polimer dan pindah ke segmen lainnya. Peristiwa ini berpengaruh langsung pada proses difusi kation yang akhirnya menentukan konduktivitas ionik. Mekanisme difusi ion dalam polimer sama seperti mekanisme Kristal ion yaitu terdapat kekosongan dalam susunan kisi. Mekanisme pergerakan ion yang fleksibel dalam matriks polimer tergantung kepada kepekatan/konsentrasi garam yang terkandung dalam matriks polimer tersebut .

Konduktivitas membran polimer elektrolit bergantung pada pergerakan ion antar rantai polimer. Semakin banyak pergerakan ion yang berpindah dari rantai polimer ke rantai polimer yang lain, maka konduktivitasnya akan semakin meningkat ( Chee Lip Chew, 2005 ).



Gambar 2.5. Transpor Ion Polimer ( Sumber: Chee Lip Chew, 2005 ).



## 2.7. Karakterisasi Elektrolit Polimer

### 2.7.1. Konduktivitas Listrik

Konduktivitas didefinisikan sebagai rapat arus yang dapat dibawa dalam suatu material yang dikenai medan listrik. Jika medan listrik  $E$  ditempatkan pada suatu material, rapat arus akan sebanding dengan medan listrik dan konstanta konduktivitasnya,

$$j = \delta E \quad (1)$$

$j$  adalah rapat arus ( $A/m^2$ ) dan  $\delta$  ( $S/cm$ ) adalah konduktivitas listrik. Dari persamaan di atas terlihat bahwa konduktivitas material yang tinggi akan menghasilkan rapat arus yang tinggi bila ditempatkan pada medan listrik. Nilai konduktivitas ditentukan oleh kerapatan mobilitas ion (jumlah pembawa ion) dalam material ( $n$ ), waktu tumbukan ion ( $t$ ), muatan ion ( $q$ ) dan massa ion ( $m$ ), sesuai dengan hubungan:

$$\delta = \frac{nq^2t}{m} \quad (2)$$

Pada suatu polimer elektrolit, konduktivitas listrik dapat ditentukan dengan mengetahui resistansi bahan melalui pengukuran impedansinya. Sesuai dengan hukum Ohm, resistansi suatu bahan ( $R$ ) memenuhi persamaan:

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (3)$$

dengan menggunakan hubungan  $\delta = \frac{1}{\rho}$ , konduktivitas listrik bahan dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\delta = \frac{l}{A.R} \quad (4)$$

dengan:

$R$  = Resistansi bahan (ohm)

$l$  = Tebal bahan (m)

$A$  = Luas penampang bahan ( $m^2$ )

(Handayani, 2008)

### **2.7.2. Fourier Transform Infrared (FTIR)**

Analisis struktur film elektrolit polimer menggunakan spektroskopi FTIR dengan panjang gelombang 4000 sampai 650  $\text{cm}^{-1}$ . Karakterisasi menggunakan spektroskopi FTIR untuk mengidentifikasi keberadaan gugus fungsi yang terdapat pada permukaan film elektrolit polimer.

Seperti halnya penelitian yang telah dilakukan oleh Riyanto (2011) menunjukkan elektrolit polimer yang terbuat dari kitosan-PVA-glutaraldehyd- $\text{NH}_4\text{Br}$  memiliki spektra gugus OH pada bilangan gelombang 3431  $\text{cm}^{-1}$ , gugus  $\text{NH}_2$  pada bilangan gelombang 1653  $\text{cm}^{-1}$ , gugus C=C pada bilangan gelombang 1424  $\text{cm}^{-1}$ , gugus C-N pada bilangan gelombang 1320  $\text{cm}^{-1}$  serta gugus C-O pada bilangan gelombang 1157  $\text{cm}^{-1}$  dan 1068  $\text{cm}^{-1}$ .

## **2.8. Penelitian Terkait Elektrolit Polimer**

Penelitian yang dilakukan oleh Riyanto (2011) yaitu elektrolit polimer dari kitosan, PVA, dan glutaraldehyd sebesar  $4,8 \times 10^{-10} \text{ S cm}^{-1}$  sedangkan polimer elektrolit polimer dari kitosan, PVA, dan glutaraldehyd yang ditambah dengan  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  yaitu sebesar  $2,2 \times 10^{-5} \text{ S cm}^{-1}$ . Penelitian tersebut diketahui kitosan merupakan polimer linear yang tersusun oleh 2000-3000 monomer D-glukosamin (GlcN) dalam ikatan  $-(1,4)$  mengandung unit berulang 2-amino-2-deoksi- D-glukopiranos, hasil dari proses deasetilasi kitin. Karakteristik unik tersebut menjadikan chitosan sebagai polimer yang dapat diaplikasikan pada baterai (Riyanto, 2011).

Kajian yang telah dilakukan oleh Kadir *et al* (2010) bahwa polimer dengan campuran murni kitosan dan PVA menghasilkan konduktivitas ion sebesar  $10^{-11} \text{ S cm}^{-1}$  pada suhu kamar. Akan tetapi setelah polimer ditambahkan  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  dan etilen karbonat sebagai *plasticizer* mampu menghasilkan nilai konduktivitas ion yang tinggi, yaitu  $6,0 \times 10^{-3} \text{ S cm}^{-1}$ .

## **BAB 3**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Sampel**

Sampel dalam penelitian ini yaitu kitosan dengan derajat deasetilasi 86% yang berasal dari Institut Pertanian Bogor dibuat menjadi elektrolit polimer dengan penambahan *plasticizer* polivinil alkohol (PVA), glutaraldehid dan  $\text{NH}_4\text{Br}$ .

#### **3.2. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian dilakukan di Laboratorium Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengatahuan Alam Universitas Negeri Semarang pada bulan Februari 2015 sampai dengan Juni 2015.

#### **3.3. Variabel Penelitian**

- a) Variabel bebas : massa kitosan (2 ; 2,4 ; 2,8 dan 3,2 g) dan penambahan garam ammonium bromida pada elektrolit polimer (0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 dan 1g)
- b) Variabel kontrol : kecepatan pengadukan 600 rpm, suhu pengeringan membran 60°C, waktu pengovenan 15 jam, volume glutaraldehid, massa PVA, dan peralatan yang digunakan.

- c) Variabel terikat : Konduktivitas ionik, karakter elektrolit polimer, dan tegangan listrik batu baterai.

### **3.4. Alat dan Bahan**

#### **3.4.1. Alat Penelitian**

Alat yang diperlukan dalam penelitian ini adalah oven, neraca analitik, pencetak membran (petridish), magnetic stirrer, multimeter, LCR Meter (EDLaboratory EDC-1630), FTIR (PerkinElmer Spectrum Version 10.4.00), baterai bekas, erlenmeyer, pipet, gelas ukur, dan *shaker*.

#### **3.4.2. Bahan Penelitian**

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah kitosan DD 86%, PVA teknis, asam asetat 100% (*Merck*), glutaraldehid 25% (*Merck*) dan amonium bromida p.a (*Merck*).

### **3.5. Tahap Penelitian**

#### **3.5.1. Pembuatan Elektrolit Polimer Kitosan/PVA**

Pada pembuatan elektrolit polimer kitosan/PVA ini mengacu pada penelitian yang telah dilakukan oleh Riyanto *et al* (2011) menggunakan PVA dengan penambahan ammonium nitrat. Polivinil alkohol sebanyak 1,2 g dan kitosan terlebih dahulu dilarutkan masing-masing dalam 100 ml asam asetat 1% selama 2 jam dengan variasi penambahan kitosan (2 ; 2,4 ; 2,8 dan 3,2 g) . Bahan yang sudah larut dihomogenkan dengan menggunakan magnetic stirrer pada suhu 80°C selama 5 menit hingga tercampur. Larutan didiamkan terlebih dahulu hingga mencapai suhu 25°C. Secara perlahan-lahan menambahkan glutaraldehida 6%

sebanyak 1 ml sambil diaduk secara merata, kemudian didiamkan kembali selama 15 menit hingga homogen. Garam amonium bromida ( $\text{NH}_4\text{Br}$ ) dimasukkan perlahan-lahan yaitu 0,4 gam. Setelah larutan-larutan terhomogenkan, selanjutnya dicetak pada cawan petri dan dikeringkan didalam oven selama 15 jam pada suhu  $60^\circ\text{C}$  dan didiamkan hingga kering pada suhu ruang. Elektrolit polimer yang terbentuk diuji nilai konduktivitasnya dengan menggunakan LCR meter. Variasi penambahan kitosan dengan konduktivitas yang paling tinggi kemudian dijadikan komposisi optimum untuk variasi penambahan garam ammonium bromida ( $\text{NH}_4\text{Br}$ ).

Komposisi optimum polivinil alkohol dan kitosan dibuat elektrolit polimer seperti langkah sebelumnya dengan variasi penambahan garam amonium bromida ( $\text{NH}_4\text{Br}$ ) yang berbeda, yaitu 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 dan 1 gam.

### **3.5.2. Uji Konduktivitas**

Elektrolit polimer kitosan/PVA yang sudah terbentuk selanjutnya di uji nilai konduktivitasnya dengan LCR meter.

### **3.5.3. Karakterisasi Elektrolit Polimer**

Analisis struktur film elektrolit polimer dilakukan dengan spektroskopi FTIR. Film elektrolit polimer yang akan dikarakterisasi merupakan elektrolit polimer dengan nilai konduktivitas yang tinggi. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan panjang gelombang  $4000 - 650 \text{ cm}^{-1}$ .

#### **3.5.4. Pembuatan Baterai**

Baterai bekas yang sudah dilepaskan dari wadahnya kemudian diambil bagian gafitnya yang sudah dibersihkan. Elektrolit polimer kitosan/PVA dengan nilai konduktivitas tertinggi dililitkan pada gafit dilapisi dengan seng hingga tertutup.

#### **3.5.5. Uji Baterai**

Baterai yang telah dibuat, kemudian di ukur tegangan dan arusnya menggunakan multimeter.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Membran Elektrolit Polimer

Membran elektrolit polimer dibuat dengan menggunakan metode inversi fasa. Inversi fasa adalah proses pada polimer yang diubah dari bentuk larutan menjadi bentuk padatan secara terkontrol.

Pembentukan membran pada teknik ini melalui beberapa tahap. Pertama, pembuatan larutan cetak hingga homogen, penguapan pelarut dan perendaman dalam larutan non-pelarut. Preparasi membran kitosan 1%, mula-mula serbuk kitosan yang akan digunakan sebagai bahan pembuatan membran kitosan dilarutkan terlebih dahulu ke dalam asam asetat 1% karena keterlarutan kitosan yang paling baik ialah dalam larutan asam asetat 1% (Farha, 2012). Agar dapat diperoleh membran yang halus dan homogen, kitosan harus larut sempurna dalam pelarut yang digunakan. Larutan selanjutnya diaduk selama 2 jam pada suhu kamar dengan pengaduk magnetic hingga terbentuk larutan kental dengan warna kuning jernih. Jika pencampuran dilakukan pada suhu yang tinggi maka pelarut dalam hal ini adalah asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) akan berkurang akibat adanya penguapan. Berkurangnya volume pelarut akan menyebabkan bertambahnya kekentalan larutan *dope*, hal ini mengakibatkan tidak ratanya larutan *dope* ketika akan dituang dalam cetakan. Semakin tinggi konsentrasi kitosan yang digunakan, viskositas larutan makin meningkat. Wang et al. (1991)



melaporkan bahwa di dalam suatu larutan, tingginya muatan positif akan menghasilkan gaya tolak menolak, yang membuat polimer kitosan yang sebelumnya berbentuk gulungan membuka menjadi rantai lurus, sehingga mengakibatkan viskositas larutan meningkat. Kumar *et al.* (2010) melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi kitosan menimbulkan tautan silang dan terjadinya peningkatan jumlah ikatan hidrogen. Park *et al.* (2002) menambahkan bahwa selama pembentukan film, jumlah ikatan hidrogen pada film kitosan makin meningkat dan peningkatan ini sejalan dengan meningkatnya jumlah gugus amino dan gugus hidroksil akibat konsentrasi kitosan yang ditambahkan, sehingga viskositas menjadi tinggi.

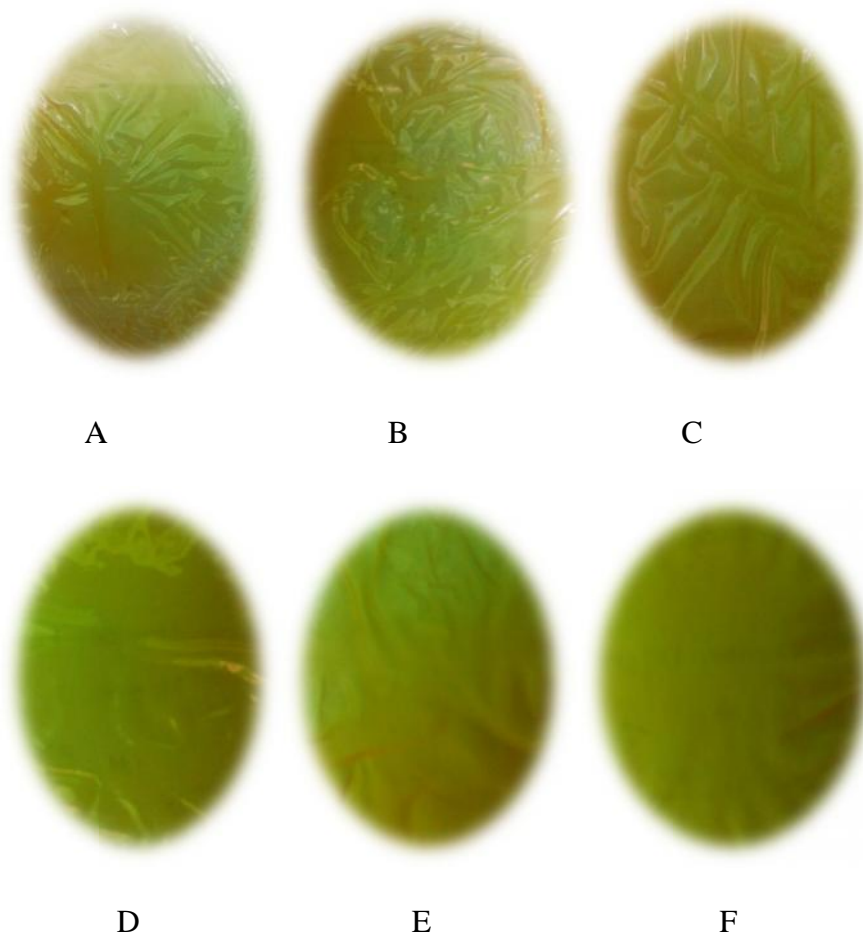
Penambahan PVA dilakukan setelah diperoleh larutan kitosan yang homogen. Polivinil alkohol berwujud padatan kering dan berbentuk butiran serbuk putih. Penambahan PVA dalam jumlah tertentu dapat memperbaiki struktur dari membran itu sendiri, meningkatkan kekuatan membran kitosan, serta mampu menstabilkan membran yang dibentuknya (Hassan & Peppas 2000). PVA yang merupakan senyawa turunan dari Poly Vinyl Acetat akan meleleh pada suhu di atas 72°C, sebab titik leleh Poly Vinyl Acetat 72°C (Cowd, M.A, 1991). PVA dapat larut homogen dengan larutan kitosan dikarenakan adanya ikatan hidrogen antara PVA dengan kitosan. Setelah kitosan dan PVA tercampur, glutaraldehid ditambahkan. Glutaraldehida dalam hal ini diduga bertindak sebagai penaut silang membentuk formasi ikatan intra dan antara jaringan (Wang *et al.* 2004). Ketika glutaraldehid digunakan untuk *crosslinking*, sebagian kecil dari gugus hidroksil dan gugus amina saling berikatan, tetapi sebagian besar gugus

hidroksil dan amina masih terdapat jumlahnya untuk pertukaran proton (Smitha *et al.* 2006).

Larutan sebelum dicetak harus dibiarkan dahulu kurang lebih selama 24 jam untuk menghilangkan gelembung-gelembung udara karena gelembung udara yang terperangkap pada saat pencetakan membran dapat mengakibatkan membran menjadi sobek. Proses pendiaman larutan sebelum dicetak turut berperan menghasilkan membran yang baik. Kemudian cetakan yang telah terisi larutan membran dioven pada suhu 60°C selama 15 jam. Melepas membran harus dilakukan secara hati-hati karena lapisannya sangat tipis sehingga mudah robek atau bocor. Untuk melepas membran dari cetakan, diperlukan perendaman dengan larutan NaOH 1%. Membran yang sudah kering direndam dengan larutan NaOH 1%. Larutan NaOH dalam hal ini berfungsi sebagai larutan non-pelarut yang dapat berdifusi ke bagian bawah membran yang berhimpitan dengan permukaan cetakan sehingga membran tersebut akan terdorong ke atas dan terkelupas (Kusumawati dan Tania, 2012). Membran yang telah dilepaskan dari cawan petri dicuci berulang-ulang dengan akuades untuk menghilangkan NaOH.

## **4.2. Bentuk polimer**

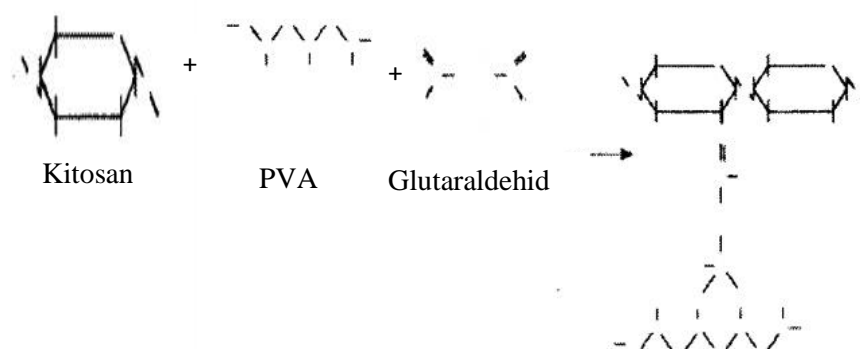
Bentuk elektrolit polimer yang telah dibuat terlihat menyerupai lembaran plastik tipis dan transparan dengan warna kekuningan. Bentuk elektrolit polimer pada berbagai penambahan garam amonium bromide (NH<sub>4</sub>Br) dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Elektrolit polimer variasi  $\text{NH}_4\text{Br}$  sebanyak (A) 0 g, (B) 0,2 g, (C) 0,4 g, (D) 0,6 g, (E) 0,8 g, dan (F) 1 g

Elektrolit polimer yang terbentuk secara visual telah memperlihatkan homogenisasi yang baik antara kitosan dan PVA serta glutaraldehida yang berperan sebagai agen penaut silang (*cross-linking*), sehingga membentuk plastik film yang terlihat rata dan transparan. Adapun warna kekuningan yang dominan pada bentuk elektrolit polimer ini diduga disebabkan terjadinya *mailard browning* yang cenderung berwarna coklat kekuningan. Namun Costa-junior (2008) menyampaikan bahwa warna film kitosan umumnya adalah kekuningan yang terbentuk karena glutaraldehida yang berikatan silang dengan kitosan dalam

formasi basa schiff. Wang et al. (2004) menyampaikan bahwa nukleofilik nitrogen dari gugus amina ( $\text{-NH}_2$ ) menginduksi karbon dari aldehyd, sehingga menyebabkan terjadinya kehilangan satu molekul air dan terbentuk ikatan  $\text{C=N}$ . Formasi pembentukan basa schiff ( $\text{C=N}$ ) antara gugus amino kitosan dan gugus aldehyd pada glutaraldehyda dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Reaksi Membran kitosan-PVA *crosslinked* dengan glutaraldehyd (Sumber: Noezar, 2008)

### 4.3. Ketebalan film

Elektrolit polimer yang terbentuk memiliki ketebalan berkisar antara 0,02 – 0,06 millimeter. Nilai ketebalan film material kemasan yang dihasilkan cenderung tidak berbeda namun peningkatan konsentrasi kitosan terlihat makin meningkatkan ketebalan film material kemasan yang ada (Tabel 4.1). Portes *et al.* (2009) melaporkan bahwa peningkatan ketebalan diduga oleh banyaknya ikatan hidrogen yang terbentuk akibat interaksi antara gugus hidroksil dan amino dari kitosan dengan gugus hidroksil PVA, sehingga menyebabkan kedua bahan tersebut terikat kuat dan membentuk suatu padatan saat berubah menjadi film. Raymond *et al.* (2003) menambahkan gugus hidroksil dan gugus amina yang berinteraksi dalam ikatan hidrogen menjadikan larutan menjadi lebih sulit

menguap dari senyawa lain. Gontard et al. (1993) melaporkan bahwa ketebalan film dipengaruhi oleh jumlah padatan yang terdapat pada larutan. Semakin banyak jumlah padatan maka film yang terbentuk semakin tebal. Park dan Chinnan (1995) melaporkan hal lain yang dapat mempengaruhi ketebalan film diantaranya luas cetakan, volume larutan, dan jumlah padatan dalam larutan.

Tabel 4.1. Ketebalan elektrolit polimer pada variasi konsentrasi kitosan

Kitosan (g)	Tebal (millimeter)
2,0	0.02
2,4	0.03
2,8	0.05
3,2	0.05

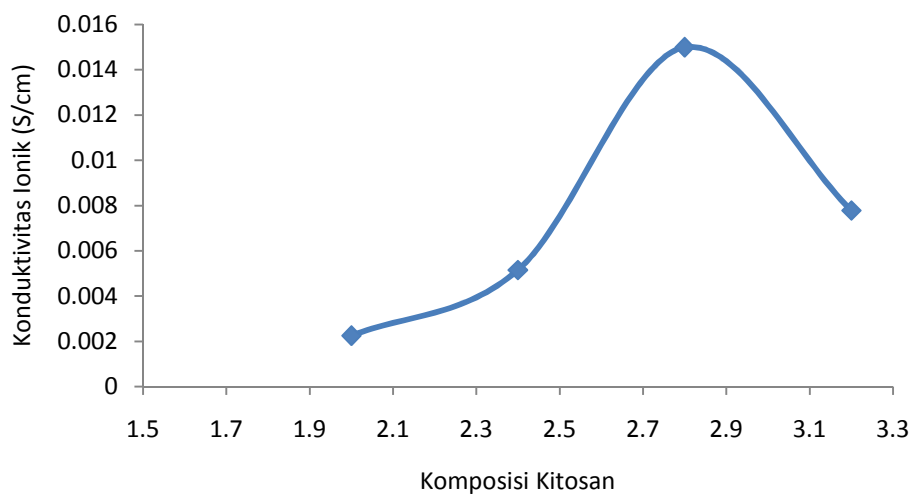
Tabel 4.2. Ketebalan elektrolit polimer dengan variasi penambahan NH<sub>4</sub>Br

NH <sub>4</sub> Br (g)	Tebal (millimeter)
0,0	0.04
0,2	0.05
0,4	0.05
0,6	0.05
0,8	0.05
1,0	0.05

#### 4.4. Konduktivitas ionik

Konduktivitas ion merupakan salah satu parameter penting dalam penetapan dari sebuah elektrolit polimer. Konduktivitas ionik pada elektrolit polimer umumnya dipengaruhi oleh jumlah ion yang bergerak dan pergerakan dari ion tersebut (Osman *et al.*, 2001).

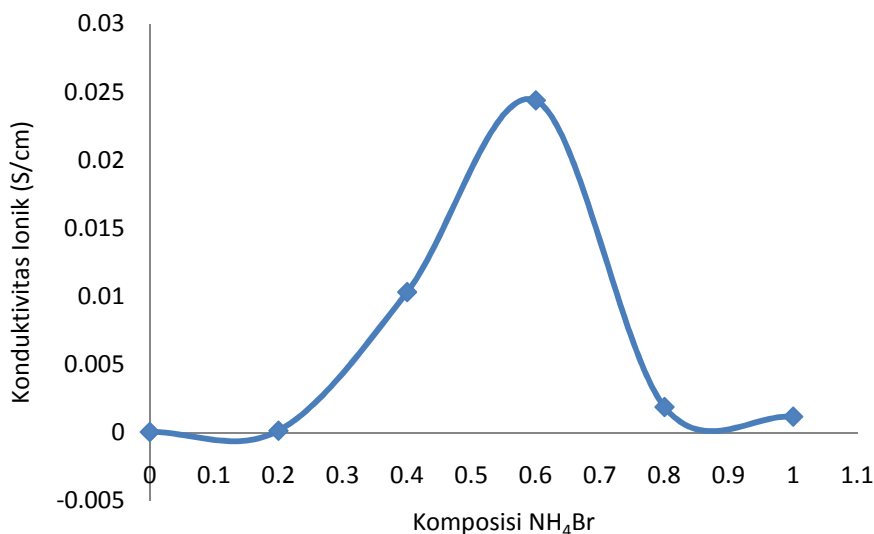
Elektrolit polimer dengan perbandingan konsentrasi kitosan didapatkan nilai konduktivitas untuk massa kitosan 2 g sebesar  $2,2430 \times 10^{-3}$  S/cm, kitosan 2,4 g sebesar  $5,1534 \times 10^{-3}$  S/cm, kitosan 2,8 g sebesar  $1,4983 \times 10^{-2}$  S/cm, dan kitosan 3,2 g sebesar  $7,7777 \times 10^{-3}$  S/cm. Pada massa kitosan 2 g sampai dengan 2,8 g mengalami peningkatan nilai konduktivitas. Sedangkan pada massa 3,2 g mengalami penurunan nilai konduktivitas. Elektrolit polimer yang dihasilkan pada massa 3,2 g memiliki bentuk yang kaku dan tebal sehingga dapat menghambat pergerakan-pergerakan ion tersebut dan memiliki konduktivitas yang lebih rendah. Nilai konduktivitas optimum diperoleh pada penambahan kitosan 2,8 g dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4.3. Nilai konduktivitas ionik pada variasi massa kitosan

Gambar 4.4 menunjukkan nilai konduktivitas optimum elektrolit campuran kitosan, PVA, glutaraldehid dan  $\text{NH}_4\text{Br}$  dapat terlihat pada penambahan garam amonium bromida ( $\text{NH}_4\text{Br}$ ) sebesar 0 g menghasilkan nilai konduktivitas  $4,0978 \times 10^{-5}$  S/cm, garam amonium bromida ( $\text{NH}_4\text{Br}$ ) 0,2 g menghasilkan nilai konduktivitas  $1,3423 \times 10^{-4}$  S/cm, garam amonium bromida ( $\text{NH}_4\text{Br}$ ) 0,4 g

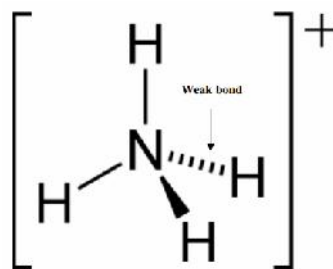
menghasilkan nilai konduktivitas  $1.0313 \times 10^{-2}$  S/cm, garam amonium bromida ( $\text{NH}_4\text{Br}$ ) 0,6 g menghasilkan nilai konduktivitas  $2,4385 \times 10^{-2}$  S/cm, garam amonium bromida ( $\text{NH}_4\text{Br}$ ) 0,8 g menghasilkan nilai konduktivitas  $1,8742 \times 10^{-3}$  S/cm, garam amonium bromida ( $\text{NH}_4\text{Br}$ ) 1 g menghasilkan nilai konduktivitas  $1,1670 \times 10^{-3}$  S/cm. Adanya peningkatan konduktivitas ion tersebut diduga dari makin tingginya jumlah ion dan mobilitas dari ion-ion yang ada. Gugus amino ( $\text{NH}_2$ ) pada kitosan dalam asam asetat menurut Xu *et al.* (2004) telah terprotonisasi menjadi  $\text{NH}_3^+$ , dan gugus OH pada polivinil alkohol akan berkaitan dengan  $\text{NH}_3^+$  membentuk ikatan hidrogen. Kitosan dalam hal ini berperan sebagai matrix polimer dan menurut Mohamed *et al.* (1995), ion  $\text{H}^+$  dan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  tersebar di dalam pelarut kitosan dan dapat dimobilisasi di bawah medan listrik.



Gambar 4.4. Nilai konduktivitas ionik pada variasi penambahan  $\text{NH}_4\text{Br}$

Elektrolit polimer tanpa penambahan garam amonium bromida ( $\text{NH}_4\text{Br}$ ) memiliki nilai konduktivitas yang paling rendah, sedangkan nilai konduktivitas

optimum elektrolit polimer diperoleh pada penambahan  $\text{NH}_4\text{Br}$  0,6 g. Secara keseluruhan nilai konduktivitas yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian Riyanto (2011) yaitu elektrolit polimer kitosan, PVA, glutaraldehyd dan garam  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  dengan nilai konduktivitas sebesar  $2,2 \times 10^{-5} \text{ Scm}^{-1}$ . Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Hema *et al* (2009) menunjukkan elektrolit polimer yang terbuat dari PVA dan  $\text{NH}_4\text{Br}$  memiliki nilai konduktivitas sebesar  $5,7 \times 10^{-4} \text{ Scm}^{-1}$ . Garam yang ditambahkan dalam film elektrolit polimer kitosan adalah amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dari senyawa amonium bromida ( $\text{NH}_4\text{Br}$ ), yang akan menyumbangkan  $\text{H}^+$  terhadap sistem utama. Baru-baru ini, garam-garam amonium telah dilihat sebagai donor proton yang sangat baik untuk matriks polimer (Billmeyer, 1984). Kation  $\text{NH}_4^+$  mempunyai struktur tetrahedral yang ideal seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.5.

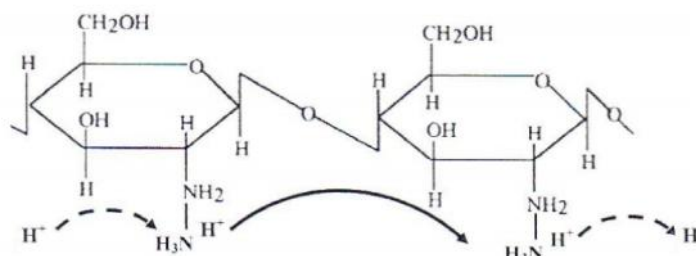


Gambar 4.5. Struktur  $\text{NH}_4^+$

Atom hidrogen yang paling lemah terikat pada atom nitrogen dalam  $\text{NH}_4^+$ , ion dapat dipisahkan dengan mudah di bawah pengaruh medan listrik. Kekosongan dalam struktur  $\text{NH}_4^+$  yang dihasilkan dari perpindahan  $\text{H}^+$  akan diisi



oleh  $H^+$  ion lain dari tetangga [Buraidah *et al.*, 2009]. Ion  $H^+$  dikoordinasikan dengan oksigen dari host polimer (PVA).



Gambar 4.6. Mekanisme transport ion  $H^+$  pada kitosan-garam (Khiar, 2006)

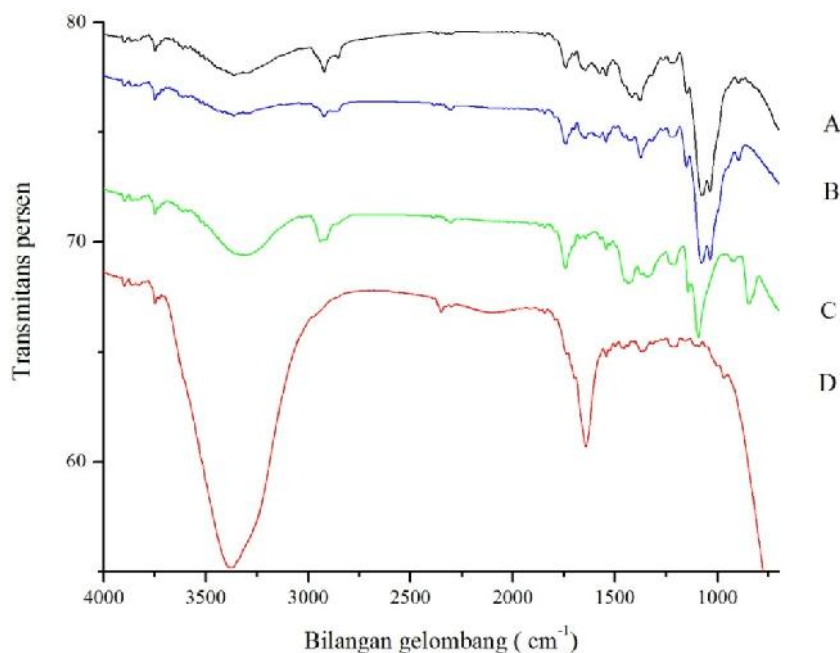
Penambahan  $NH_4Br$  dengan persentase optimum akan menghasilkan elektrolit polimer dengan konduktivitas ionik paling tinggi. Persentase  $NH_4Br$  yang paling baik tergantung pada polimer yang digunakan. Polimer yang berbeda akan memiliki persentase penambahan  $NH_4Br$  yang berbeda pula (Putri, 2009). Hal ini karena host polimer memiliki kemampuan yang berbeda dalam melarutkan garam-garam (Buraidah *et al.*, 2010). Penambahan  $NH_4Br$  pada batas tertentu mengakibatkan penurunan nilai konduktivitas ionik elektrolit polimer. Pada Gambar 4.4 dapat dilihat pada penambahan  $NH_4Br$  0,8 g lebih menghasilkan elektrolit polimer dengan konduktivitas ionik yang menurun, hal ini disebabkan elektrolit polimer dalam komposisi yang mencapai batas komposisi jenuh. Konsentrasi ion yang tinggi dalam polimer dapat menghambat pergerakan ion-ion tersebut dan menyebabkan kekakuan pada rantai polimer yang mengakibatkan menurunnya nilai konduktivitas ionik elektrolit polimer (Singh *et al.*, 2003). Hal ini menjadi memungkinkan saat konsentrasi penambahan garam amonium

bromida ( $\text{NH}_4\text{Br}$ ) sebesar 45wt%, dimana kemungkinan terjadi kepadatan ion, sehingga pergerakan ion semakin berkurang dan menyebabkan nilai konduktivitas ion yang dihasilkan menjadi menurun.

Menurut Suka (2010), polimer yang mengandung gugus fungsi hidroksil dan amina mempunyai hantaran yang baik. Membran yang mempunyai hantaran ionik/proton lebih besar dari  $1 \times 10^{-5} \text{S/cm}$  dapat digunakan untuk operasi sel bahan bakar.

#### **4.5. *Fourier Transform Infrared (FTIR)***

FTIR digunakan untuk meneliti struktur suatu elektrolit polimer. Seperti untuk melihat adanya kompleks garam-polimer dalam elektrolit polimer dan mengetahui interaksi antara berbagai unsur dalam elektrolit polimer, interaksi ini dapat menyebabkan perubahan dalam moda vibrasi dari molekul pada elektrolit polimer (Pollu *et al.*, 2011). Analisis FTIR pada elektronik polimer digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan gugus fungsi yang terdapat pada permukaan film elektrolit polimer (kitosan dan PVA).



Gambar 4.7. Spektrum inframerah dari (A) elektrolit polimer, (B) kitosan, (C) PVA, dan (D) glutaraldehid

Pada elektrolit polimer kitosan/PVA terdapat gugus  $-\text{OH}$ ;  $-\text{CH}_2-$ ;  $-\text{C}-\text{O}-$ ;  $-\text{CH}_3$  dan  $-\text{NH}_2$  (Nugroho, 2014). Gambar 4.7 menunjukkan spektra gugus polivinil alkohol yang terbentuk pada bilangan gelombang  $3309,77 \text{ cm}^{-1}$  dan  $1741,55 \text{ cm}^{-1}$  merupakan gugus hidroksil (OH) dan keton, begitu juga pada spektra elektrolit polimer yang terbentuk bilangan gelombang  $3362,02 \text{ cm}^{-1}$  dan  $1740,43 \text{ cm}^{-1}$ . Spektra murni kitosan pada bilangan gelombang  $3362,23 - 3611,51 \text{ cm}^{-1}$  merupakan vibrasi rentangan gugus  $-\text{OH}$ . Lebaranya serapan dan pergeseran bilangan gelombang gugus  $-\text{OH}$  pada kitosan ini disebabkan adanya tumpang tindih dengan gugus  $\text{NH}$  dari amina. Bilangan gelombang  $1644,86 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan keberadaan gugus  $\text{NH}_2$  dalam elektrolit polimer. Pada bilangan gelombang  $1415,01 \text{ cm}^{-1}$  terbentuk gugus  $\text{C}=\text{C}$  aromatik tetapi

sifatnya lemah. Terdapat gugus C-N dan C-O pada pita bilangan serapan  $1034,74\text{ cm}^{-1}$  dan  $1075\text{ cm}^{-1}$ . Penelitian yang telah dilakukan oleh Riyanto (2011) menunjukkan elektrolit polimer yang terbuat dari kitosan-PVA-glutaraldehyd- $\text{NH}_4\text{Br}$  memiliki spektra gugus OH pada bilangan gelombang  $3431\text{ cm}^{-1}$ , gugus  $\text{NH}_2$  pada bilangan gelombang  $1653\text{ cm}^{-1}$ , gugus C=C pada bilangan gelombang  $1424\text{ cm}^{-1}$ , gugus C-N pada bilangan gelombang  $1320\text{ cm}^{-1}$  serta gugus C-O pada bilangan gelombang  $1157\text{ cm}^{-1}$  dan  $1068\text{ cm}^{-1}$ .

Mengacu pada penelitian Nisa (2005) menunjukkan bahwa membran kitosan-PVA-polietilena glikol memiliki spektra gugus C=N pada bilangan gelombang  $1651,4\text{ cm}^{-1}$ . Puncak yang muncul pada panjang gelombang  $1542,41\text{ cm}^{-1}$  mengidentifikasi keberadaan gugus imina (C=N).

Dengan demikian elektrolit polimer kitosan-PVA-glutaraldehyd- $\text{NH}_4\text{Br}$  memiliki spektra gugus fungsi O-H,  $\text{NH}_2$  yang merupakan gugus dengan hantaran yang baik sehingga konduktivitasnya dapat meningkat. Gugus C=N yang merupakan ikatan kovalen yang terbentuk dari reaksi substitusi nukleofilik (nitrogen dari gugus amina pada rantai kitosan) terhadap gugus aldehida pada glutaraldehyda. Selain itu terdapat gugus C=O, C=C aromatik, C-N, dan C-O.

#### **4.6. Karakteristik Baterai**

Pada pembentukan baterai terdapat elektroda negatif (anoda) yaitu seng dan elektroda positif (katoda) yaitu karbon. Elektrolit polimer yang akan dijadikan baterai yaitu elektrolit polimer dengan nilai konduktivitas tertinggi karena konduktivitas merupakan ukuran dari suatu bahan untuk menghantarkan arus

listrik. Elektrolit polimer pada massa  $\text{NH}_4\text{Br}$  sebanyak 0,6 g dililitkan diantara karbon dan seng dari baterai bekas seperti yang terlihat pada Gambar 4.8. Baterai diuji menggunakan multimeter dan didapatkan nilai tegangan 0,43 V yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan nilai tegangan yang ditetapkan oleh BSN (2004) untuk baterai karbon-seng yaitu sebesar 1,5 V. Baterai memiliki tegangan yang kecil, kemungkinan penyebabnya karena perangkaian baterai yang dilakukan masih secara manual sehingga lilitan elektrolit polimer pada elektroda kurang maksimal, dikarenakan juga elektrolit polimer yang masih kaku. Menurut Linden (2002), desain dari baterai dapat mempengaruhi hasil dari tegangan serta arus baterai. Namun demikian, kelebihan baterai dengan elektrolit polimer yaitu menggunakan kitosan dan PVA sebagai bahan dasar yang dapat terdegradasi oleh alam sehingga lebih ramah lingkungan serta sifatnya yang lebih fleksibel.



Gambar 4.8. Baterai elektrolit polimer

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Simpulan**

1. Kitosan pada penambahan sebanyak 2,8 g memiliki nilai konduktivitas tertinggi yaitu sebesar  $1,4983 \times 10^{-2} \text{ S/cm}$
2. Garam ammonium bromida pada penambahan sebanyak 0,6 g memiliki nilai konduktivitas tertinggi yaitu sebesar  $2,4385 \times 10^{-2} \text{ S/cm}$
3. Tegangan baterai elektrolit polimer dari campuran antara kitosan, PVA,  $\text{NH}_4\text{Br}$  dan glutaraldehid sebesar 0,43 V.

#### **5.2. Saran**

Aplikasi elektrolit polimer kebanyakan digunakan untuk sel dan yang paling sederhana yaitu pada batu baterai, karena pada baterai biasa elektrolitnya merupakan elektrolit cair yang rentan terhadap kebocoran, sedangkan elektrolit polimer lebih aman dan dapat dibuat dimensi lebih kecil. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai elektrolit polimer yang memiliki nilai konduktivitas lebih tinggi yaitu seperti penambahan bahan polimer dan garam yang lain agar baterai elektrolit polimer memiliki tegangan yang lebih besar dan bentuk elektrolit polimer yang lebih lentur tetapi juga kuat, selain itu prototipe baterai, pengepakan serta penggunaan jenis anoda dan katoda yang berbeda-beda perlu diteliti agar baterai yang dihasilkan memiliki tegangan yang tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- BASF. 1999. *Glutaraldehyde-50%*. New Jersey: BASF Corporation.
- Billmeyer F.Jr. 1984. *Text book of Polymer Science*. Wiley Singapore
- Buraidah, M.H. and Arof A.K.2009.Characterization of chitosan/PVA blended electrolyte doped with NH<sub>4</sub>I. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 357: 3261–3266.
- Buraidah, M.H., Teo, L.P., Majid, S.R., Yahya, R., Taha, R., Arof, A.K. 2010. Charaterizations of chitosan-based polymer electrolyte photovoltaic cells. *International Journal of Photoenergy*, 1-7. doi:10.115/2010/805836
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2004. *Baterai primer-Bagian 1: Umum*. SNI 04-2051.1-2004.
- Carette, L., Friedrich, K. A. & Stimming, U. 2001. *Fuel Cell- Fundamentals and Application*. Wiley Online Library.
- Chee Lip Chew. 2005. *Kajian Kekonduksian Ionik Terhadap Adunan Elektrolit Polimer PVC-Getah Asli Terepoksi dan PVDF-Getah Asli Terepoksi*. Thesis. Fakulti Sains. Universiti Teknologi Malaysia.
- Costa-junior E.S. 2008. *Desenvolvimento de matriz de Quitosana/PVA quimicamente reticulada para aplicação potencial em engenharia de tecido epithelial*. Thesis. Belo Horizonte: UFMG
- Cowd, M. A. 1991. *Kimia Polimer*. Bandung: ITB
- Donoso, J.P., Lopes, L.V.S., Pawlicka, A., Fuentes, S., Retuert, P.J., Gonz´alez, G. 2007. Nuclear magnetic resonance study of PEO–chitosan based polymer electrolytes. *Electrochimica Acta*, 53: 1455–1460
- Farha, I.F., Nita, K. 2012. Pengaruh PVA Terhadap Morfologi dan Kinerja Membran Kitosan dalam Pemisahan Pewarna Rhodamin B. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Unesa 2012*–ISBN :978-979-028-550-7
- Gontard, N., Guilbert, S., Cuq,J.L. 1993.Water and glycerol as plasticizer affect mechanical and water vapor barrier properties of an wheat gluten film. *Journal of Food Science* 58(1): 206–211
- Gay, F.M. 1997. *Polymer Electrolyte*.London : The Royal Society of Chemistry.

- Gay, F., Armand, M. 1999. *Polymer Electrolytes*. Di dalam: Jurgen O. Besenhard, editor. Handbook of Battery Materials. New York: Wilcy-VCH.
- Handayani, S. 2008. Membran Elektrolit Berbasis Polieter-Eter Keton tersulfonasi untuk Direct Methanol Fuel Cell Suhu Tinggi. *Disertasi*. Program Pascasarjana Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- Hassan, C.M., Peppas, N.A. 2000. Structure and application of poli(vinyl alcohol) hidrogel produced by conventional crosslinking or by freezing/thawing methodes. *Adven. Polym. Sci.*, 153:37-38
- Hema, M., Selvasekarapandian, S., Arunkumar, D., Sakunthala, A., Nithya, H. 2009. FTIR, XRD and ac impedance spectroscopic study on PVA based polymer electrolyte doped with  $\text{NH}_4\text{X}$  ( $\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$ ), *Journal of Non-Crystalline Solids*, 355: 84-90.
- Hirankumar, G., Selvasekarapandian, S., Kuwata, N., Kawamura, J., Hattori, T. 2005. Thermal, electrical and optical studies on the poly(vinyl alcohol) based polymer electrolytes, *Journal of Power Sources*, 144: 262-267
- Hiskia, A. 2001. *Elektrokimia dan Kinetika Kimia*. Bandung: PT Citra Aditya Bakti.
- Jegal, J. and Lee, K. 1999. Nanofiltration membranes based on poly (vinyl alcohol) and ionic polymers, *J. Appl. Polym. Sci.*, 72: 1755-1762.
- Jin, J., Song, M., Hourston, D.J. 2004. Novel chitosan-based films cross-linking by genipin with improved physical properties. *Biomacromol*, 5:162-168.
- Kadir, M.F.Z., Majid, S.R., Arof, A.K. 2010. Plasticized chitosan-PVA blend polymer electrolyte based proton battery. *Electrochimia Acta*, 55: 1475-1482.
- Kartawidjaja, M., Abdurrochman, A., Rumeksa, E. 2008. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II* 2008. Lampung: Universitas Lampung : 105-115
- Kiehne, H.A. 2003. Battery Technology Handbook (2<sup>nd</sup> Edition). New York: Marcell Decker, Inc.
- Kufian, M.Z., Majid, S.R., Arof, A.K. 2007. Dielectric and conduction mechanism studies of PVA-orthophosphoric acid polymer electrolyte, *Ionics*, 13: 231-234.



- Kumar, H.M.P.N., Prabhakar, M.N., Prasad, C.V., Rao, K.M., Reddy, T.V.A.K., Rao, K.C., Subha, M.C.S. 2010. Compatibility studies of chitosan/PVA blend in 2% aqueous acetic acid solution at 30°C. *Carbohydrate Polymers*, 82:251-255.
- Kusumawati, N. dan Tania, S. 2012. Pembuatan dan Uji Kemampuan Membran Kitosan sebagai Membran Ultrafiltrasi untuk Pemisahan Zat Warna Rhodamin B. *Molekul*, 9(1): 43-52.
- Lewandowski, A., Skorupska, K. 2001. Novel proton conducting polymer electrolyte based on poly(vinyl alcohol) and trifluoromethane sulfonic acid, *Polish Journal of Chemistry*, 75: 1745-1752.
- Linden, D. and Reddy, T.B. 2002. *Handbook of Batteries 3Ed.* USA: The McGraw-Hill Companies, Inc
- Meade, R. 1994. *Foudation Of Electronics* . US America : Delmar Publisher, Inc.
- Mohamed ,N.S., Subban , R.H.Y., Arof, A.K. 1995. Polymer battries fabricated from lithium complexed acetylated chitosan. *Journal of Power Sources*, 56: 153-156.
- Muzzarelli, R.A.A and Muzzarelli, C. 2005.Chitosan chemistry: relevance to the biomedical sciences. *Adv. Polym. Sci.*, 186:151-209
- Nisa, K. 2005. *Karateristik Fluks Membran Kitosan Termodifikasi Polivinil Alkohol dengan Variasi Polietilena Glikol sebagai Porogen*.Skripsi.Institut Pertanian Bogor.
- Noezar, I., Praptowidodo, V.S., Agustin, S. P., dan Dewita, R. 2008. Membran PVA-Chitosan Crosslinked untuk Pemisahan Campuran Etanol-Air Secara Pervaporasi. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 7(1): 724-730
- Nugroho, D., Eko, B.S., Agung, T.P. 2014. Sinesis membrane kitosan-PVA terikat silang untuk menurunkan kadar zat warna remazol red. *Indonesian Journal of Chemical Science* 3 (1), 28-35
- Nurlaila. 2006. *Preparasi Sensor Kelembaban Relatif dari Film Polivinil Alkohol dengan Metode Celup (dip-coating)*. Tesis
- Omum, J. V. 1992. Shrimp Waste Must It Be Waste? *Infofish*, 6: 48-52.
- Osman, Z., Ibrahim, V., Arof, V. 2001. Conductivity enhancement due to ion dissociation in plasticized chitosan based polymer electrolytes. *Carbohydrate Polymers*, 44(2): 167-173.

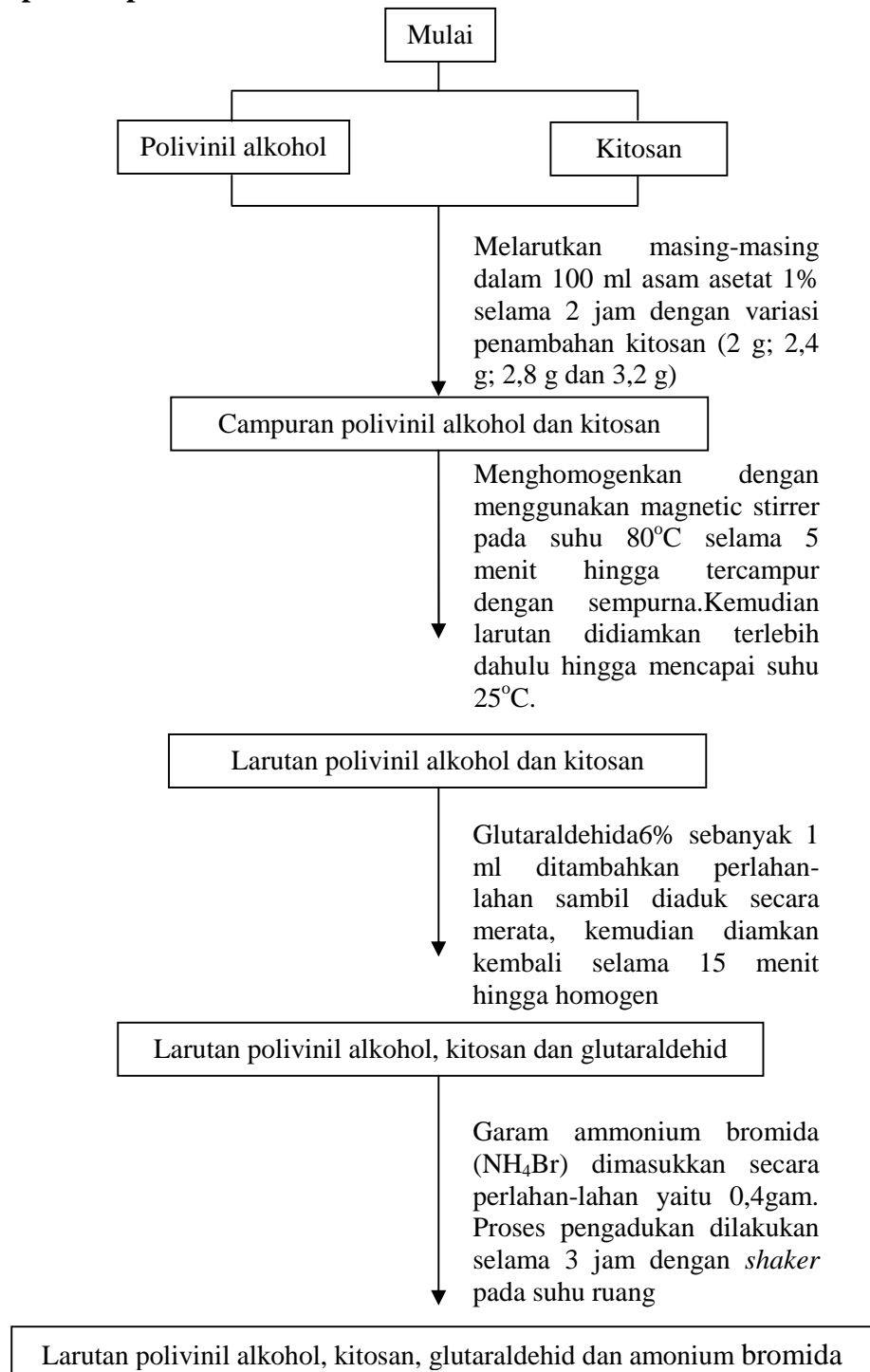
- Park, S.Y., Marsh, K.S., Rhim, J.W. 2002. Characteristics of different molecular weight chitosan films affected by the type of organic solvents. *Journal of Food Science*, 67(1):194-197.
- Park, H.J., Chinnan, M.S.1995. Gas and water vapour barrier properties of edible films from protein and cellulose materials. *Journal of Food Engineering*, 25(4):497-507
- Pollu, A.R., Kumar, R. 2011. Impedance spectroscopy and FTIR studies of PEG-based polymer electrolyte. *E-journal of Chemistry*. 8(1): 347-353.
- Portes, E., Gardrat, C., Castellan, A., Coma, V. 2009. Environmentally friendly films based on chitosan and tetrahydrocurcuminoid derivatives exhibiting antibacterial and antioxidative properties. *Journal of Carbohydrate Polymers*, 76(4):578-584.
- Putri, R. 2009. *Studi Konduktivitas Elektrolit Polimer Kitosan/PVA+KOH*. Tesis.Bogor (ID): Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.
- Rajendran, S., Kannan, R., Mahendran, O. 2001. Ionic conductivity studies in poly(methylmethacrylate)-polyethylene oxide hybrid polymer electrolytes with lithium salts. *Journal of Power Sources*, 96:406-410.
- Dewi, R.S. 2011. *Baterai Cerdas dari Elektrolit Polimer Chitosan dengan Penambahan Amonium Nitrat*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Raymond, E.A., Tarbuck, T.L., Brown, M.G., Richmond, G.L. 2003. Hydrogen-bonding interactions at the vapor/water interface investigated by vibrational sum-frequency spectroscopy of HOD/H<sub>2</sub>O/D<sub>2</sub>O mixtures and molecular dynamics simulations. *Journal of Physics Chemistry*, 107(2):546-556.
- Rinaudo, M. 2006. Chitin and chitosan: Properties and application. *Prog. Polym. Sci.* 31: 603-632
- Riyanto, B., Akhiruddin, M., Ratna, S.D. 2011. Baterai Cerdas dari Elektrolit Polimer Chitosan dengan Penambahan Amonium Nitrat. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 14(2): 70-77.
- Singh, T.H.J. and Bhat, S.V. 2003. Morphology and conductivity studies of new solid polymer electrolyte: (PEG)<sub>x</sub>LiClO<sub>4</sub>. *Bull. mater sci.*, 26(7): 704-714

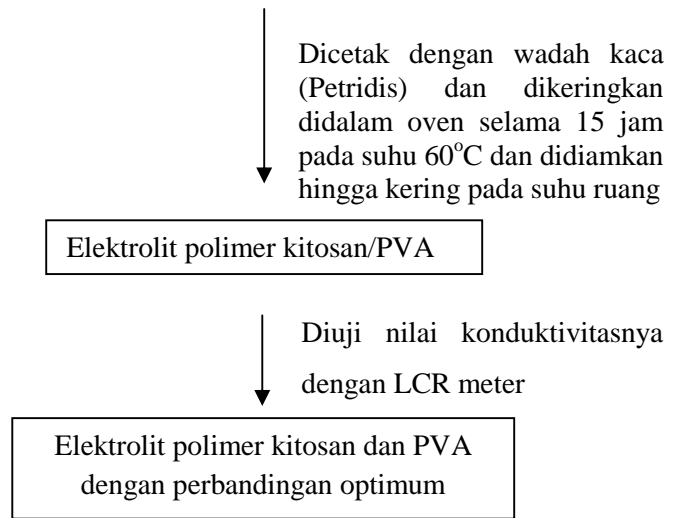
- Smitha, B., Sridhar, S., Khan, A.A. 2006. Chitosan–poly(vinyl pyrrolidone) blends as membranes for direct methanol fuel cell applications. *Journal of Power Sources*. 159:846–854
- Suka, I.G., Simanjuntak, W. dan Dewi, E.L. 2010. Pembuatan Membran Polimer Elektrolit berbasis Polistiren Akronitril (SAN) untuk Aplikasi Direct Methanol Fuel Cell. *Jurnal Natur Indonesia*, 13(1): 3-6.
- Wang, T., Turhan, M., Gunasekaran, S. 2004. Selected properties of pH-sensitive, biodegradable chitosan-poly(vinyl alcohol) hydrogel. *Pol. Int.*, 53:911-918.
- Wang, W., Bo, S., Li, S., Qin, W. 1991. Determination of the Mark-Houwink equation for chitosans with different degrees of deacetylation. *International Journal of Biology Macromolecular*, 13(5):281-285
- Yahya, M.Z.A and Arof A.K. 2003. Effect of oleic acid plasticizer on chitosan–lithium acetate solid polymer electrolytes. *Eur Polym. J.* 39: 897-902
- Xu, X.Y., Kim, K.M., Hanna, M.A., Nag D. 2004. Chitosan-starch composite film: preparation and characterization. *Journal of Industrial Crops and Product*, 21:185-192.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1

#### Penentuan Komposisi Optimum Kitosan

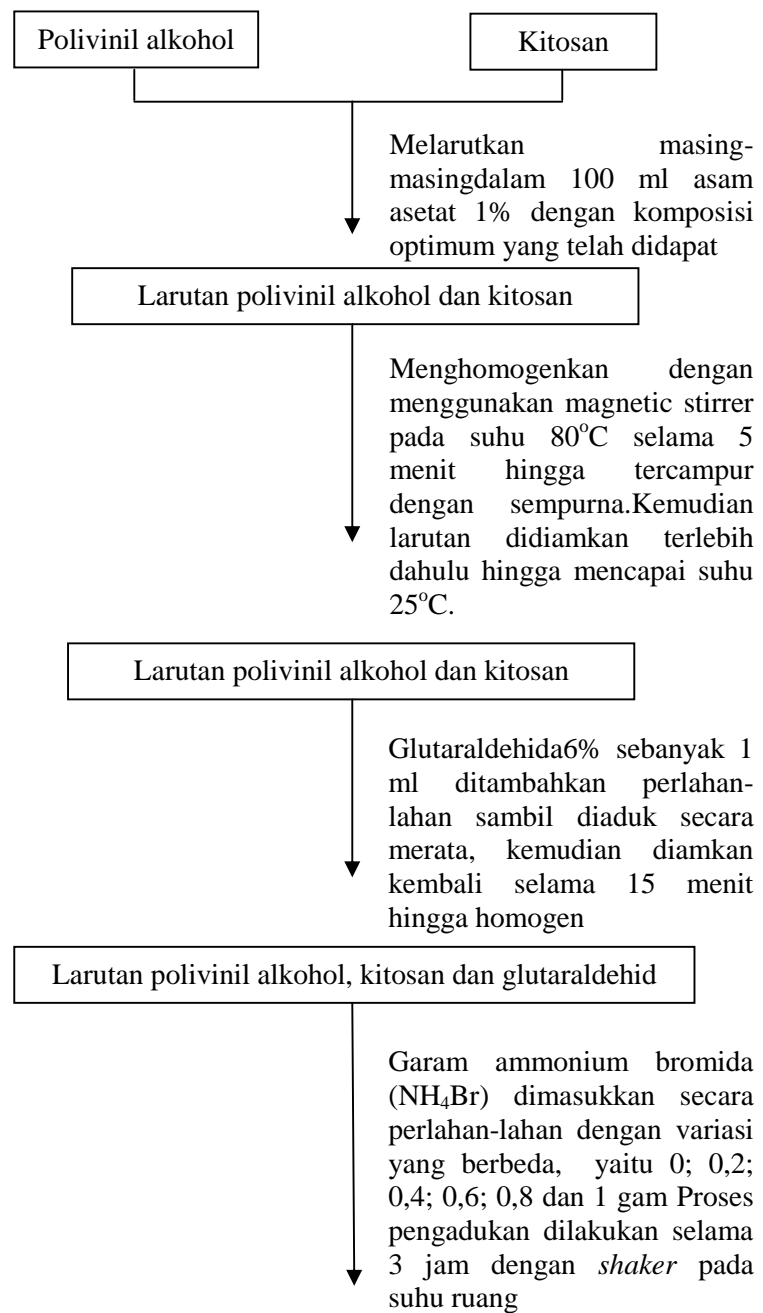




## Lampiran 2

### Pembuatan Elektrolit Polimer dengan Variasi Penambahan Garam Amonium Bromida

Elektrolit polimer polimer dengan komposisi kitosan optimum kemudian dijadikan komposisi tetap pada variasi penambahan garam amonium bromida.



Larutan polivinil alkohol, kitosan, glutaraldehid dan amonium bromida

Dicetak dengan wadah kaca (Petridis) dan dikeringkan didalam oven selama 1 jam pada suhu 70°C dan didiamkan hingga kering pada suhu ruang

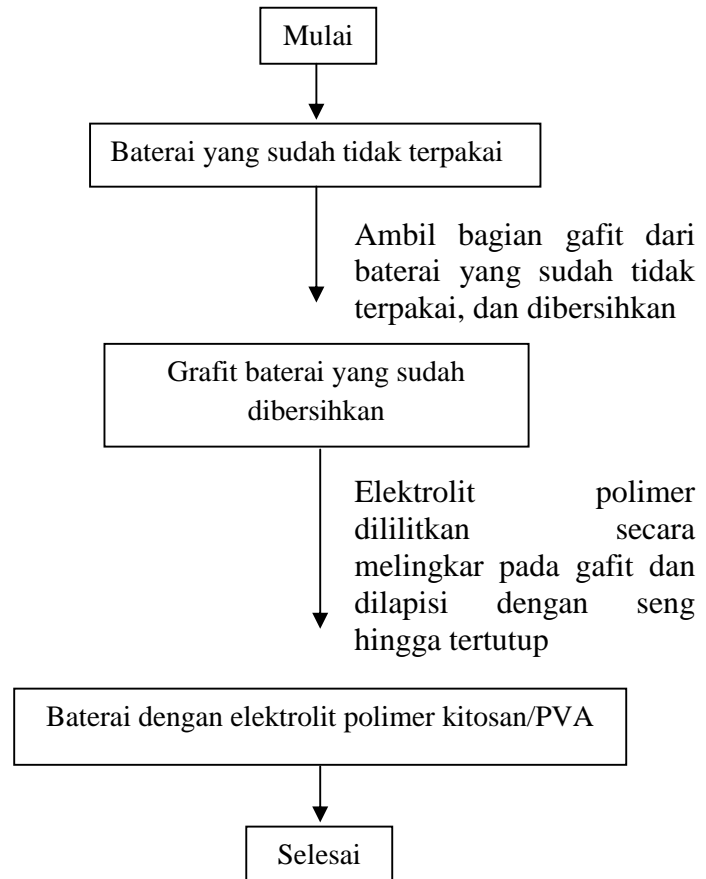
Elektrolit polimer kitosan/PVA

Diuji nilai konduktivitasnya dengan menggunakan LCR meter

Selesai

## Lampiran 3

## Pembuatan Baterai





Lampiran 4
------------

**Pembuatan Larutan Asam Asetat 1%**

Densitas = 1,05 g/ml

Mr = 60

$$M = \frac{\rho \times 10 \times \%}{Mr}$$

$$M = \frac{1,05 \times 10 \times 100}{60}$$

$$M = \frac{1050}{60}$$

$$M = 17,5 \text{ M}$$

$$M = \frac{\rho \times 10 \times \%}{Mr}$$

$$M = \frac{1,05 \times 10 \times 1}{60}$$

$$M = \frac{10,5}{60}$$

$$M = 0,175 \text{ M}$$

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$0,175 \times 100 = 17,5 \times V_2$$

$$V_2 = 1 \text{ ml}$$

Pembuatan larutan asam asetat 1% yaitu mengambil 1 ml asam asetat 100% pada labu ukur 100 ml kemudian menambahkan aquades sampai tanda batas.

Lampiran 5
------------

**Pembuatan Larutan Glutaraldehid 6%**

Densitas = 1,06 g/ml

Mr = 100,12

$$M = \frac{\rho \times 10 \times \%}{Mr}$$

$$M = \frac{1,06 \times 10 \times 25}{100,12}$$

$$M = \frac{265}{100,12}$$

$$M = 2,6468 \text{ M}$$

$$M = \frac{\rho \times 10 \times \%}{Mr}$$

$$M = \frac{1,06 \times 10 \times 6}{100,12}$$

$$M = \frac{63,6}{100,12}$$

$$M = 0,6352 \text{ M}$$

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$0,6352 \times 100 = 2,6468 \times V_2$$

$$V_2 = 23,9987 \text{ ml}$$

Pembuatan larutan glutaraldehid 6% yaitu mengambil 23,9987 ml glutaraldehid 25% pada labu ukur 100 ml kemudian menambahkan aquades sampai tanda batas.

Lampiran 6
------------

### Perhitungan Nilai Konduktivitas Elektrolit Polimer Variasi 1

$\sigma = \frac{t}{Rb \times A}$
----------------------------------

$\sigma$  : konduktivitas listrik (S/cm)

t : jarak antara dua plat kapasitor (cm)

Rb : resistansi (  $\Omega$  )

A : luas penampang keping sejajar (cm<sup>2</sup>)

Rs plat = 0,61666

A = 2 x 2 cm<sup>2</sup>

A. Kitosan 2 g

$$\begin{aligned} R_s &= \text{Resistensi bahan} - \text{Resistensi plat} \\ &= 2,8458 - 0,61666 \\ &= 2,22914 \ \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{0,02}{2,22914 \times 4} \\ &= \mathbf{2,2430 \times 10^{-3} \text{ S/cm}} \end{aligned}$$

B. Kitosan 2,4 g

$$\begin{aligned} R_s &= \text{Resistensi bahan} - \text{Resistensi plat} \\ &= 2,0720 - 0,61666 \\ &= 1,45534 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{0,03}{1,45534 \times 4} \\ &= \mathbf{5,1534 \times 10^{-3} \text{ S/cm}} \end{aligned}$$

C. Kitosan 2,8 g

$$\begin{aligned} R_s &= \text{Resistensi bahan} - \text{Resistensi plat} \\ &= 1,4509 - 0,61666 \end{aligned}$$

$$= 0,8342$$

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{0,05}{0,8342 \times 4} \\ &= \mathbf{1.4983 \times 10^{-2} \text{ S/cm}}\end{aligned}$$

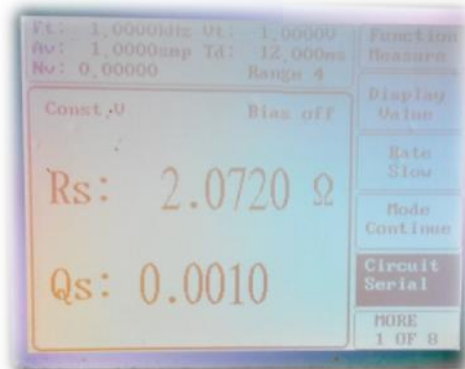
D. Kitosan 3,2 g

$$\begin{aligned}\text{Rs} &= \text{Resistensi bahan} - \text{Resistensi plat} \\ &= 2,2238 - 0,61666 \\ &= 1,60714\end{aligned}$$

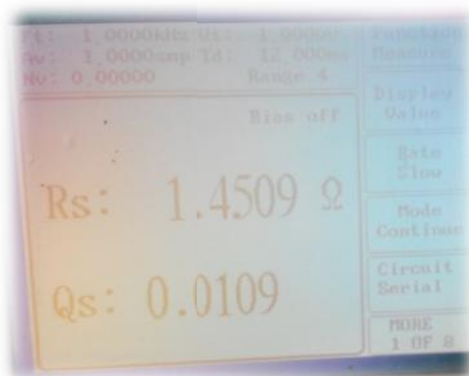
$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{0,05}{1,60714 \times 4} \\ &= \mathbf{7,7777 \times 10^{-3} \text{ S/cm}}\end{aligned}$$



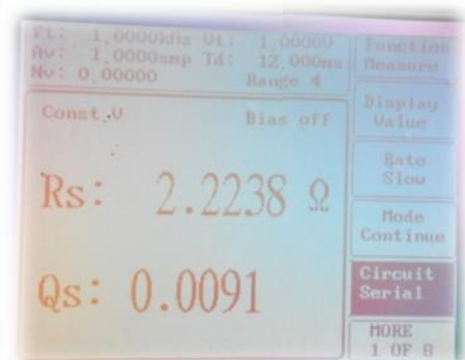
Kitosan 2 g



Kitosan 2,4 g



Kitosan 2,8 g



Kitosan 3,2 g

Lampiran 7
------------

### Perhitungan Nilai Konduktivitas Elektrolit Polimer Variasi 2

$\sigma = \frac{t}{Rb \times A}$
----------------------------------

$\sigma$  : konduktivitas listrik (S/cm)

t : jarak antara dua plat kapasitor (cm)

Rb : resistansi ( )

A : luas penampang keping sejajar (cm<sup>2</sup>)

Rs plat = 0,61666

A = 2 x 2 cm<sup>2</sup>

A. NH<sub>4</sub>Br 0 g

$$\begin{aligned} \text{Rs} &= \text{Resistensi bahan} - \text{Resistensi plat} \\ &= 244,65 - 0,61666 \\ &= 244,0333 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{0,04}{244,0333 \times 4} \\ &= \mathbf{4,0978 \times 10^{-5} \text{S/cm}} \end{aligned}$$

B. NH<sub>4</sub>Br 0,2 g

$$\begin{aligned} \text{Rs} &= \text{Resistensi bahan} - \text{Resistensi plat} \\ &= 93,736 - 0,61666 \\ &= 93,1193 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{0,05}{93,1193 \times 4} \\ &= \mathbf{1,3423 \times 10^{-4} \text{S/cm}} \end{aligned}$$

C. NH<sub>4</sub>Br 0,4 g

$$\begin{aligned} \text{Rs} &= \text{Resistensi bahan} - \text{Resistensi plat} \\ &= 1,8287 - 0,61666 \\ &= 1,2120 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{0,05}{1,2120 \times 4} \\ &= \mathbf{1.0313 \times 10^{-2} \text{ S/cm}}\end{aligned}$$

D.  $\text{NH}_4\text{Br}$  0,6 g

$$\begin{aligned}\text{Rs} &= \text{Resistensi bahan} - \text{Resistensi plat} \\ &= 1,2263 - 0,61666 \\ &\approx 0,6096\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{0,05}{0,6096 \times 4} \\ &= \mathbf{2,4385 \times 10^{-2} \text{ S/cm}}\end{aligned}$$

E.  $\text{NH}_4\text{Br}$  0,8 g

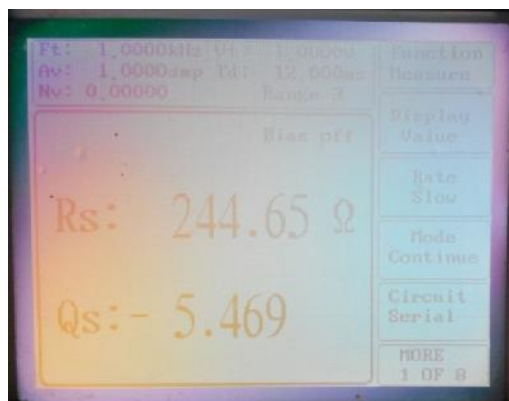
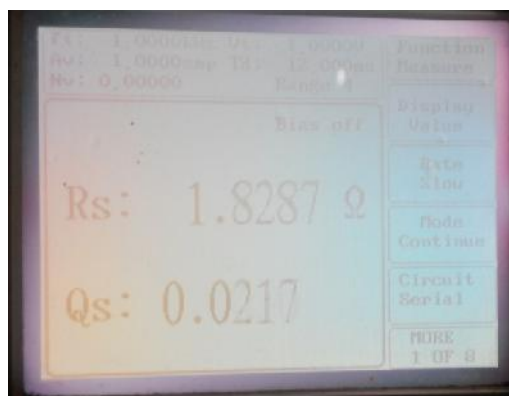
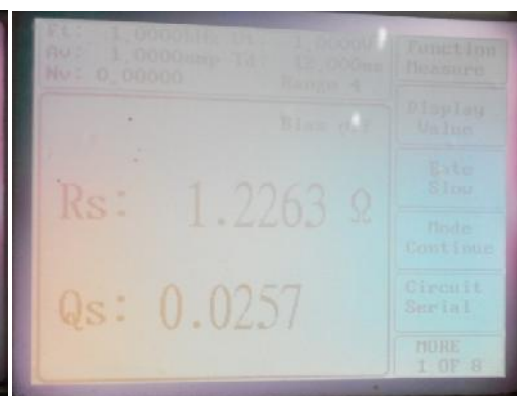
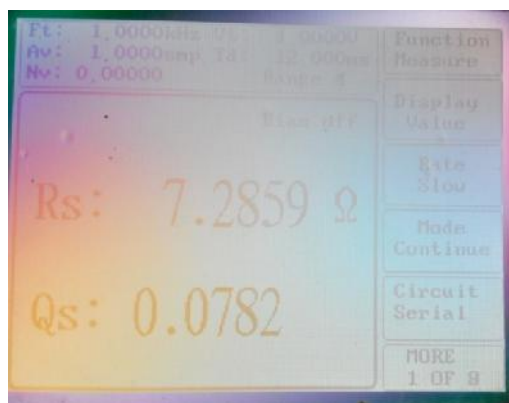
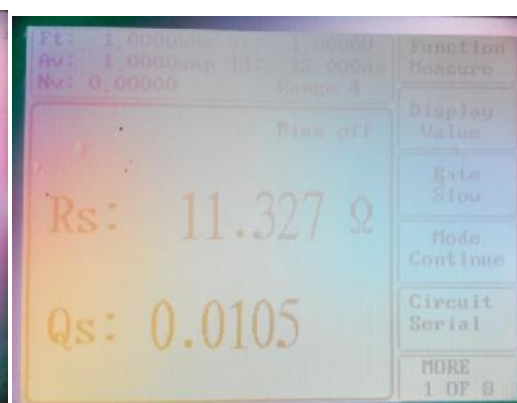
$$\begin{aligned}\text{Rs} &= \text{Resistensi bahan} - \text{Resistensi plat} \\ &= 7,2859 - 0,61666 \\ &\approx 6,6692\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{0,05}{6,6692 \times 4} \\ &= \mathbf{1,8742 \times 10^{-3} \text{ S/cm}}\end{aligned}$$

F.  $\text{NH}_4\text{Br}$  1 g

$$\begin{aligned}\text{Rs} &= \text{Resistensi bahan} - \text{Resistensi plat} \\ &= 11,327 - 0,61666 \\ &\approx 10,7103\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{0,05}{10,7103 \times 4} \\ &= \mathbf{1,1670 \times 10^{-3} \text{ S/cm}}\end{aligned}$$

NH<sub>4</sub>Br 0gNH<sub>4</sub>Br 0,2gNH<sub>4</sub>Br 0,4gNH<sub>4</sub>Br 0,6gNH<sub>4</sub>Br 0,8gNH<sub>4</sub>Br 1g



## Lampiran 8

## Dokumentasi Penelitian



Kitosan



PVA Teknis



Glutaraldehid

 $\text{NH}_4\text{Br}$



Kitosan dalam Asam Asetat



Kitosan dan PVA dalam  
Asam Asetat



Orbital Shaker



Penyaringan Larutan



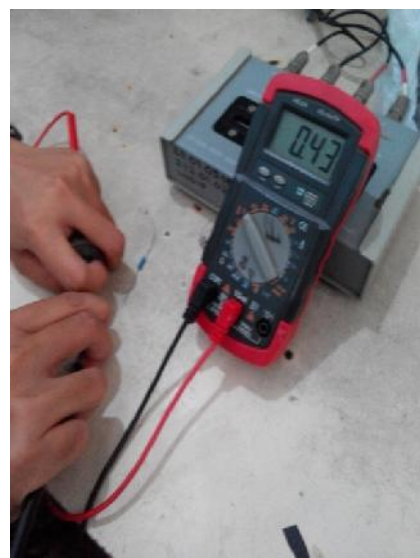
Pencetakan Larutan



Pengukuran Ketebalan  
Elektrolit Polimer



Uji Nilai Konduktivitas Ionik



Pengukuran Tegangan Baterai

PerkinElmer Spectrum Version 10.4.00  
Thursday, May 28, 2015 1:02 PM

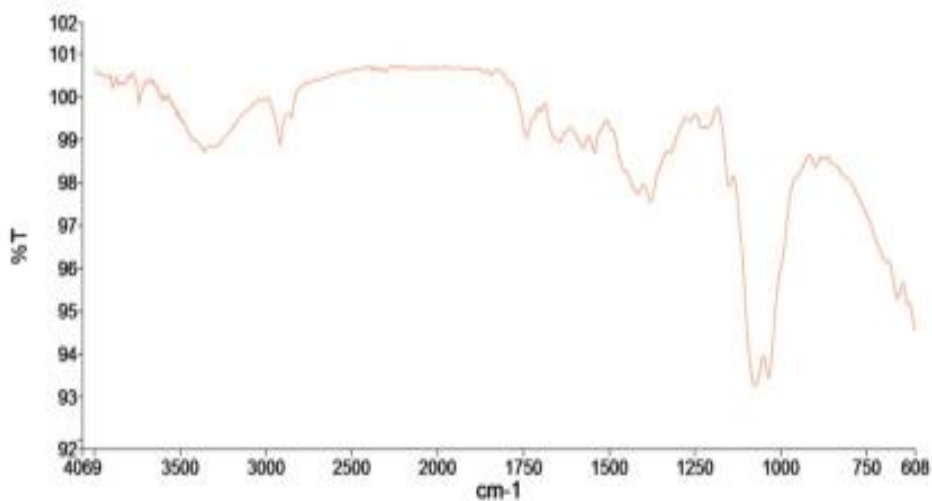
### Sample Details

Sample Name Lysa S1\_1  
 Sample Description Sample elektrolit polimer By labkim Date Thursday, May 28 2015  
 Analyst labkim  
 Creation Date 5/28/2015 11:47:59 AM  
 X-Axis Units cm-1  
 Y-Axis Units %T

### Instrument Details

Instrument Model Frontier FT-IR  
 Instrument Serial Number 96772  
 Software Revision CPU32 Main 00.09.9851 07-September-2011 11:49:41  
 Number of Scans 3  
 Resolution 4

### Spectrum



Name	Description
Lysa S1_1	Sample elektrolit polimer By labkim Date Thursday, May 28 2015

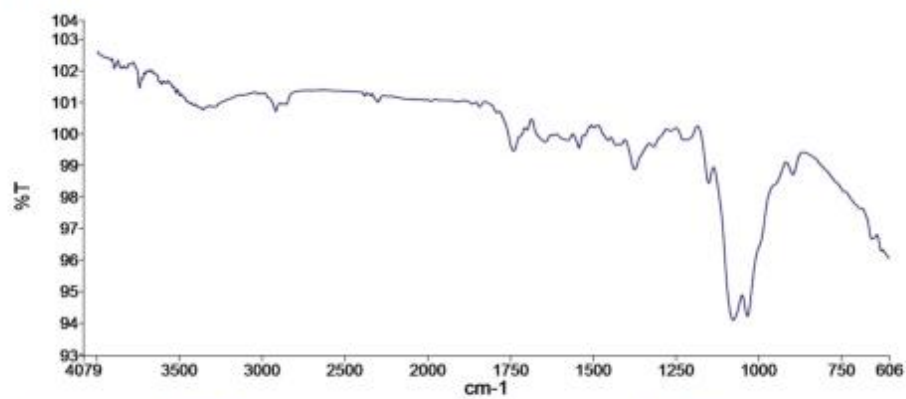
PerkinElmer Spectrum Version 10.4.00  
Thursday, May 28, 2015 1:03 PM

**Sample Details**

Sample Name Lysa S2\_1  
Sample Description Sample Kitosan By labkim Date Thursday, May 28 2015  
Analyst labkim  
Creation Date 5/28/2015 11:50:22 AM  
X-Axis Units cm-1  
Y-Axis Units %T

**Instrument Details**

Instrument Model Frontier FT-IR  
Instrument Serial Number 96772  
Software Revision CPU32 Main 00.09.9951 07-September-2011 11:48:41  
Number of Scans 3  
Resolution 4

**Spectrum**

Name	Description
Lysa S2_1	Sample Kitosan By labkim Date Thursday, May 28 2015

PerkinElmer Spectrum Version 10.4.00  
Thursday, May 28, 2015 1:04 PM

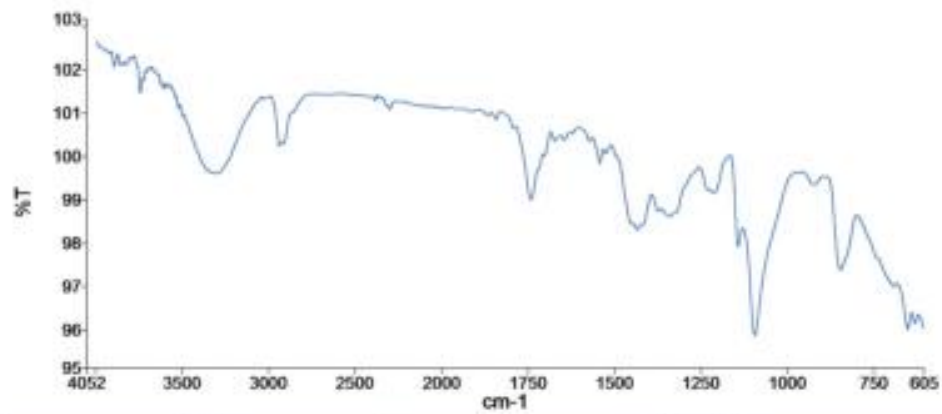
#### Sample Details

Sample Name Lysa S3\_1  
Sample Description Sample PVA teknis By labkim Date Thursday, May 28 2015  
Analyst labkim  
Creation Date 5/28/2015 11:52:28 AM  
X-Axis Units cm-1  
Y-Axis Units %T

#### Instrument Details

Instrument Model Frontier FT-IR  
Instrument Serial Number 96772  
Software Revision CPU32 Main 00.09.9951 07-September-2011 11:49:41  
Number of Scans 3  
Resolution 4

#### Spectrum



Name	Description
Lysa S3_1	Sample PVA teknis By labkim Date Thursday, May 28 2015

PerkinElmer Spectrum Version 10.4.00  
Thursday, May 28, 2015 1:05 PM

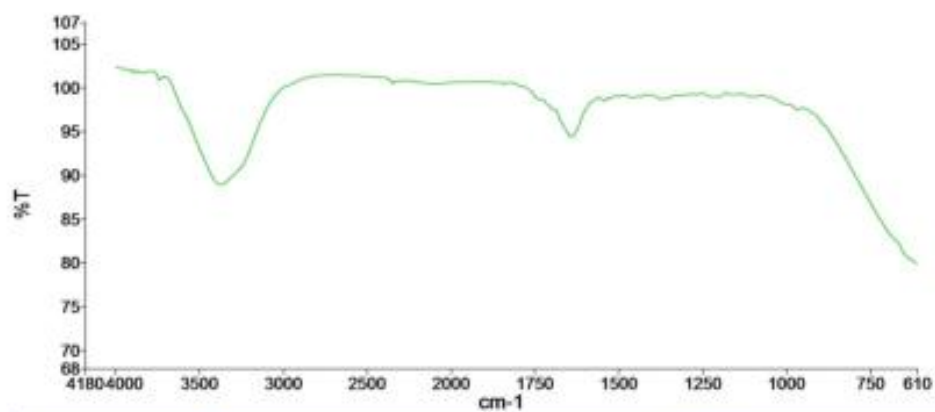
### Sample Details

Sample Name Lysa S4\_1  
 Sample Description Sample Gluteraldehyde By labkim Date Thursday, May 28 2015  
 Analyst labkim  
 Creation Date 5/28/2015 11:54:51 AM  
 X-Axis Units cm-1  
 Y-Axis Units %T

### Instrument Details

Instrument Model Frontier FT-IR  
 Instrument Serial Number 96772  
 Software Revision CPU32 Main 00.09.9951 07-September-2011 11:49:41  
 Number of Scans 3  
 Resolution 4

### Spectrum



Name	Description
Lysa S4_1	Sample Gluteraldehyde By labkim Date Thursday, May 28 2015