

**OPTIMALISASI KONDUKTIVITAS IONIK DAN SIFAT MEKANIK BAHAN
POLIMER ELEKTROLIT PADAT BATERAI BERBASIS KITOSAN
DENGAN PENAMBAHAN *PLASTICIZER*
(ETILEN GLIKOL DAN GLISEROL)**

SKRIPSI

*untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Sains*



OLEH :

**LUZI LOVITA NOVRI KASNADI
NIM 12783**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2013**

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Luzi Lovita Novri Kasnadi
NIM/TM : 12783/2009
Prog. Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan judul

**Optimalisasi Konduktivitas Ionik dan Sifat Mekanik Bahan Polimer Elektrolit
Padat Baterai Berbasis Kitosan dengan Penambahan *Plasticizer* (Etilen Glikol
dan Gliserol)**

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 15 Agustus 2013

Tim Penguji

	Nama
Ketua	: Dra. Syakbaniah, M.Si.
Sekretaris	: Dra. Evi Yulianti, M.Si.
Anggota	: Drs. Gusnedi, M.Si.
Anggota	: Dra. Yenni Darvina, M.Si.
Anggota	: Dr. Hj. Ratna Wulan, M.Si.

Tanda Tangan



ABSTRAK

Luzi lovita.NK : Optimalisasi Konduktivitas Ionik dan Sifat Mekanik Bahan Polimer Elektrolit Padat Baterai Berbasis Kitosan dengan Penambahan *Plasticizer* (Etilen Glikol dan Gliserol)

Penggunaan baterai sebagai sumber energi praktis semakin meningkat seiring dengan meningkatnya piranti elektronika. Penelitian pengembangan sistem baterai berbasis bahan ramah lingkungan telah banyak dilakukan. Salah satunya elektrolit padat berbahan kitosan-LiClO₄-monmorillonit yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Namun, konduktivitas ionik dan sifat mekanik yang dihasilkan belum optimal. Untuk itu perlu dilakukan modifikasi dengan penambahan zat lain, salah satunya adalah *plasticizer*. Tujuan penelitian ini untuk: (1), mengetahui konsentrasi etilen glikol dan gliserol untuk menghasilkan bahan polimer elektrolit padat baterai berbasis kitosan dengan nilai konduktivitas yang optimum, (2), mengetahui konsentrasi etilen glikol dan gliserol untuk menghasilkan bahan polimer elektrolit padat baterai berbasis kitosan dengan sifat mekanik yang optimum, (3), mengetahui perbandingan antara etilen glikol dan gliserol untuk menghasilkan bahan polimer elektrolit padat baterai berbasis kitosan dengan sifat konduktivitas ionik dan sifat mekanik yang optimum, (4), mengetahui mikrostruktur elektrolit padat berbasis kitosan yang dihasilkan setelah penambahan variasi konsentrasi *plasticizer* etilen glikol dan gliserol.

Jenis penelitian yang dilakukan berupa eksperimen. Sampel dibuat berupa *film* dari bahan kitosan4%-LiClO₄40%-monmorillonit5%-*plasticizer*, dengan menggunakan dua jenis *plasticizer* yang berbeda yaitu etilen glikol dan gliserol. Masing-masing *plasticizer* divariasikan menurut konsentrasinya, yaitu: 10%, 25%, 50%, dan 75%. Teknik pembuatan *film* dilakukan menggunakan metode *casting*. Uji yang dilakukan pada analisa elektrolit padat kitosan adalah uji konduktivitas dengan perlatan LCR, uji mekanik yang dilakukan dengan uji tarik, dan mikrostruktur menggunakan mikroskop optik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa. Secara keseluruhan kondisi optimum diperoleh pada komposisi etilen glikol 50% dengan konduktivitas ionik sebesar $1,26 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$, kuat tarik sebesar 41,59 MPa dan regangan 77,5%. Pada gliserol kondisi optimum diperoleh pada konsentrasi 25% dengan konduktivitas ionik sebesar $2,51 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$, kuat tarik 32,14 MPa dan regangan 69,3%. Struktur *film* yang dihasilkan teksturnya terlihat lebih halus dan partikel monmorillonit terdispersi makin homogen. Dari kedua *plasticizer*, gliserol memberikan nilai konduktivitas ionik yang lebih baik dan *film* yang dihasilkan dengan menggunakan gliserol lebih halus dan teksturnya terlihat lebih rata dibandingkan dengan penambahan etilen glikol, sementara etilen glikol memberikan sifat mekanik yang lebih baik.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Optimalisasi Konduktivitas Ionik dan Sifat Mekanik Bahan Polimer Elektrolit Padat Baterai Berbasis Kitosan dengan Penambahan *Plasticizer* (Etilen Glikol dan Gliserol)”. Selanjutnya salawat dan salam penulis persembahkan kepada nabi besar Muhamad SAW. Penulisan skripsi ini ditujukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar sarjana.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan masukan berupa sumbang pikiran, bimbingan, dan saran dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Dra. Syakbaniah, M.Si. Selaku pembimbing I.
2. Ibu Dra. Evi Yulianti, M.Si. Selaku pembimbing II.
3. Bapak Drs. Gusnedi, M.Si, Ibu Dra. Yenni Darvina, M.Si, dan Ibu Dr. Hj. Ratna Wulan, M.Si . Selaku penguji.
4. Bapak Drs. Akmam, M.Si. Sebagai Ketua Jurusan Fisika.
5. Dra. Hidayati, M.Si. Sebagai Ketua Prodi Jurusan Fisika dan penasehat akademik.
6. Bapak Ir. Budi Briyatmoko, M.Sc. Selaku Kepala BATAN.
7. Bapak Ir. Iman Kuntoro. Kepala PTBIN.

8. Bapak Dr. Sudaryanto, M.Eng. Selaku kepala bidang BBIN.
9. Bapak dan Ibu pegawai di BATAN.
10. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan moril dan materil.
11. Selanjutnya rekan-rekan dan semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan di dalamnya, sehingga penulis membutuhkan saran dan kritik yang konstruktif guna perbaikan skripsi ini ke depannya.

Padang, September 2013

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Pembatasan Masalah	6
C. Perumusan Masalah.....	6
D. Tujuan Penelitian.....	7
E. Manfaat Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Baterai	9
B. Konduktivitas Ionik.....	12
C. Sifat Mekanik	17
D. Mikrostruktur.....	22
E. Kitosan.....	24
F. Monmorillonit	29
G. Plasticizer	31
a. Etilen Glikol	32
b. Gliserol	34
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian.....	36
B. Tempat dan Waktu Penelitian	36
C. Variabel Penelitian	36
D. Alat dan Bahan	37
E. Prosedur Penelitian.....	38

F. Teknik Pengumpulan Data	42
G. Teknik Analisa Data	42
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian	44
1. Film Kitosan4%-LiClO ₄ 40%Montmorillonit5%-Variasi Etilen Glikol	45
a. Konduktivitas Ionik.....	45
b. Sifat Mekanik	47
c. Mikrostruktur	49
2. Film Kitosan4%-LiClO ₄ 40%-Montmorillonit5%-Variasi Gliserol	51
a. Konduktivitsa ionik.....	51
b. Sifat Mekanik	53
c. Mikrostruktur	58
B. Pembahasan.....	61
1. Konduktivitas Ionik.....	61
2. Sifat Mekanik	64
3. Mikrostruktur	67
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan	69
B. Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN.....	75

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Nilai Konduktivitas Berbagai Jenis Elektrolit.....	16
Tabel 2. Kelarutan Kitosan Pada Berbagai Pelarut Asam Organik.....	27
Tabel 3. Komposisi Pembuatan <i>Film</i> Kitosan 4%-Montmorillonit 5 %-LiClO ₄ 40%-Variasi Etilen Glikol.....	39
Tabel 4. Komposisi Pembuatan <i>Film</i> Kitosan 4%-Montmorillonit 5 %-LiClO ₄ 40%-Variasi Gliserol.....	40
Tabel 5. Data Konduktivitas Ionik <i>Film</i> Kitosan 4% Montmorillonit 5%-LiClO ₄ 40%-variasi Etilen Glikol.....	47
Tabel 6. Data Pengukuran Kuat Tarik dan Regangan <i>Film</i> Kitosan 4%-Montmorillonit 5%-LiClO ₄ 40%-Variasi Etilen Glikol.....	47
Tabel 7. Data Konduktivitas Ionik <i>Film</i> Kitosan 4% Montmorillonit 5%-LiClO ₄ 40%- variasi Gliserol.....	53
Tabel 8. Data Pengukuran Kuat Tarik dan Regangan <i>Film</i> Kitosan 4%-Montmorillonit 5%-LiClO ₄ 40%-Variasi Gliserol.....	54
Tabel 9. Data Konduktivitas Ionik, Kuat Tarik dan Regangan <i>Film</i> Kitosan 4%-Montmorillonit 5%-LiClO ₄ 40%- <i>Plasticizer</i>	60
Tabel 10. Nilai Konduktansi <i>Film</i> Kitosan 4%-Montmorillonit 5%-LiClO ₄ 40%-variasi Etilen Glikol.....	75
Tabel 11. Nilai konduktansi <i>Film</i> Kitosan 4%-Monmorillonit 5%-LiClO ₄ 40%- variasi Gliserol.....	78
Tabel 12. Nilai Konduktivitas ionik <i>Film</i> Kitosan 4%-Montmorillonit 5%-LiClO ₄ 40%-variasi Etilen Glikol....	81

Tabel 13.	Nilai konduktivitas Ionik <i>Film</i> Kitosan 4%- Montmorillonit 5%-LiClO ₄ 40%-variasi Gliserol.....	85
Tabel 14.	Data Uji Tarik <i>Film</i> Kitosan 4%-Montmorillonit 5%- LiClO ₄ 40%-Variasi Etilen Glikol.....	89
Tabel 15.	Data Uji Tarik <i>Film</i> Kitosan 4% Montmorillonit 5%- LiClO ₄ 40%-Variasi Gliserol.....	89

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Komponen Penyusun Baterai.....	10
Gambar 2. Model Skema Sel Baterai Menggunakan Elektrolit dan Kitosan	11
Gambar 3. Spektrum Konduktivitas Listrik dan Resistivitas.....	15
Gambar 4. Tegangan Tarik.....	18
Gambar 5. Regangan (Strain).....	19
Gambar 6. Grafik Tegangan-Regangan.....	21
Gambar 7. Skema Perjalanan Sinar Pada Mikroskop Optik.....	24
Gambar 8. Struktur Kimia Kitin.....	25
Gambar 9. Struktur Kimia Kitosan.....	26
Gambar 10. Kitosan Sebagai Polielektrolit Kationik.....	28
Gambar 11. a) <i>Film</i> Kitosan 4%-montmorilonit 5%-LiClO ₄ 40%- Variasi Etilen Glikol.....	44
b) <i>Film</i> Kitosan 4%-montmorilonit 5%-LiClO ₄ 40%- Variasi Gliserol.....	44
Gambar 12. Hasil Uji Konduktivitas Ionik <i>Film</i> Kitosan 4%- Montmorillonit 5%-LiClO ₄ 40%-Variasi Etilen Glikol.....	46
Gambar 13. Hasil Uji Kuat Tarik <i>Film</i> Kitosan 4%-LiClO ₄ 40%- Montmorillonit 5%-Variasi Etilen Gliikol.....	48
Gambar 14. Regangan <i>Film</i> Kitosan 4%-LiClO ₄ 40%- Montmorillonit 5%- Variasi EtilenGlikol.....	49
Gambar 15. Mikrostruktur <i>film</i> kitosan 4%- LiClO ₄ 40%- Montmorillonit5%- Variasi Etilen Glikol.....	50

Gambar 16.	Hasil Uji Konduktivitas Ionik <i>Film</i> Kitosan 4%- Montmorillonit 4%- Montmorillonit 5%-LiClO ₄ 40%- Variasi Gliserol.....	52
Gambar 17.	Hasil Uji Kuat Tarik <i>Film</i> Kitosan 4%-LiClO ₄ 40%- Montmorillonit 5%-Variasi Gliserol.....	54
Gambar 18.	Regangan <i>Film</i> Kitosan 4%-LiClO ₄ 40%- Montmorillonit 5%- Variasi Gliserol.....	55
Gambar 19.	Perbandingan Kuat Tarik <i>Film</i> Kitosan 4%- Montmorillonit 5% LiClO ₄ 40%-Variasi Etilen Glikol Dengan Kitosan 4%-Montmorillonit 5% LiClO ₄ 40%- Variasi Gliserol.....	56
Gambar 20.	Perbandingan Regangan <i>Film</i> Kitosan 4% Montmorillonit 5% LiClO ₄ 40%-Variasi Etilen Glikol Dengan Kitosan 4%-Montmorillonit 5% LiClO ₄ 40%- Variasi Gliserol.....	57
Gambar 21.	Mikrostruktur <i>film</i> kitosan 4%- LiClO ₄ 40%- Montmorillonit 5%- Variasi Gliserol.....	59

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Tabel Data Uji Konduktivitas.....	75
Lampiran 2. Tabel Data Uji Tarik.....	89
Lampiran 3. Perhitungan Komposisi Sampel.....	90
Lampiran 4. Foto Alat dan Bahan.....	93
Lampiran 5. Foto-Foto Kegiatan.....	95

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Baterai merupakan sumber energi praktis yang paling banyak digunakan dan menjadi kebutuhan di era modernisasi saat ini. Sejak pertama kali ditemukan, penggunaan baterai berkembang secara luas. Berdasarkan komponen penyusunnya, baterai terdiri dari tiga komponen utama yaitu: anoda (elektroda negatif), katoda (elektroda positif) dan elektrolit (Linden: 2002). Elektron dialirkan melalui rangkaian luar dari salah satu elektroda ke elektroda lainnya, sedangkan elektrolit atau konduktor ionik digunakan sebagai medium melewatkan arus ionik di dalam rangkaian yang biasanya terletak di dalam sel antara anoda dan katoda (Hidayat:2007).

Elektrolit baterai dapat berupa cairan maupun berupa padatan, namun baterai dengan elektrolit cair memiliki kelemahan diantaranya rentan terhadap kebocoran, mudah terbakar dan bersifat beracun. Penggunaan elektrolit padat lebih aman untuk digunakan, sistem elektrolit padat mempunyai kelebihan, diantaranya: desain yang sederhana, tahan kejutan dan getaran, tahan karat, serta cocok untuk diminiaturisasikan, dan dapat berbentuk lapisan tipis (Hidayat: 2007).

Pada saat ini elektrolit padat banyak menggunakan bahan berbasis polimer sintesis. Penggunaan polimer sintesis sebagai elektrolit padat semakin meningkat seiring meningkatnya perkembangan piranti elektronika. Namun, polimer sintesis memiliki kelemahan selain harganya yang mahal, dampak lingkungan akibat

menumpuknya sampah teknologi juga menjadi salah satu permasalahan yang sering muncul, karena bahan yang digunakan sulit terbiodegradasi oleh alam.

Pengembangan sistim baterai baru berbasis material ramah lingkungan yang tidak beracun dan tidak berbahaya sangat penting dilakukan (Alger: 1990). Penggunaan polimer elektrolit berbasis bahan terbiodegradasi oleh alam menjadi solusi tepat terhadap permasalahan ini. Salah satu polimer elektrolit terbiodegradasi adalah polimer kitosan, polimer kitosan dapat dijadikan sebagai elektrolit polimer yang ramah lingkungan, karena karakteristik yang dimiliki oleh kitosan. Materi polimer dengan garam-garam litium yang terlarut dalam matriks polimer banyak dipelajari sejak penelitian yang dipelopori oleh Wright dan Armand (Pawlicka: 2008).

Kitosan memiliki beberapa karakteristik yaitu; mempunyai sifat *biokompatible*, *biodegradable* dan tidak beracun. Selain itu, kitosan merupakan suatu polielektrolit alkali dan mempunyai kestabilan kimia, mekanik dan termal yang baik (Zulfikar: 2009). Kitosan bersifat sebagai polimer kationik yang tidak larut dalam air atau larutan alkali dengan pH di atas 6,5 juga tidak larut pada alkohol dan aseton. Kitosan mudah larut dalam asam organik seperti asam formiat, asam asetat, dan asam sitrat (Sugita:2009) jika kitosan dilarutkan dalam asam asetat (CH_3COOH) 1% atau dalam bentuk larutan, konduktivitas ion dari kitosan menjadi lebih tinggi (Mohamed: 1995). Kitosan juga berperan sebagai polimer media untuk elektrolit karena kitosan bisa melarutkan garam-garam ionik untuk meningkatkan konduktivitas ioniknya (Yulianti: 2012). Selanjutnya fabrikasi membran elektrolit padat berbasis kitosan menggunakan

teknik implantasi ion (Li, Cu, Ag) dapat meningkatkan konduktivitas ionik (Yulianti: 2012).

Beberapa tahun terakhir penelitian terhadap kitosan telah banyak dilakukan oleh para ahli. Menurut data yang diperoleh dari penelitian Evi Yulianti (2012) menunjukkan bahwa polimer alam kitosan maupun sellulosa asetat dapat menjadi polimer ionik dengan konduktivitas yang tinggi setelah ditambahkan ion litium. Ternyata film kitosan dan garam litium yang diperoleh sifatnya belum optimal, film yang dihasilkan cenderung higroskopis. Untuk meningkatkan sifatnya, dapat dilakukan dengan menambahkan *filler*, salah satunya adalah monmorillonit. Dengan penambahan monmorillonit sifat mekanik *film* menjadi semakin baik.

Namun, penambahan *monmorillonit* ke dalam *film* menyebabkan kekuatan tariknya meningkat sehingga keelastisan *film* berkurang. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Rudi Hartono (2011) penambahan monmorillonit pada produksi polipropilen-nanokomposit dapat meningkatkan sifat mekanis material yaitu kekuatan tarik dan kekerasannya. Berkurangnya keelastisan *film* menyebabkan pergerakan molekul menjadi terhambat, molekul menjadi susah bergerak, sehingga ion-ion juga susah untuk melakukan pergerakan. Sulitnya pergerakan yang dilakukan oleh ion-ion menyebabkan belum optimalnya nilai konduktivitas. Kemampuan suatu bahan menghantarkan arus listrik dilihat dari nilai konduktivitas yang dimilikinya. Konduktivitas terjadi karena adanya pergerakan ion-ion di dalam bahan, sehingga suatu bahan dapat menghantarkan arus listrik. Agar *film* dapat menghantarkan arus

listrik, maka diberikan penambahan *plasticizer* untuk menurunkan sifat kekerasan material dan meningkatkan keelastisitasannya.

Semakin elastis suatu bahan maka molekul akan mudah untuk bergerak, sehingga memudahkan ion-ion untuk melakukan pergerakan. Disini *plasticizer* berperan seperti pelarut, karena memberikan sifat elastis. Keelastisitasan suatu bahan ditunjukkan dengan regangan yang terjadi pada material ketika dilakukan uji tarik. Ani Purwanti (2010), telah meneliti *analisis kuat tarik dan elongasi plastik kitosan terplastisasi sorbitol*, dengan penambahan *plasticizer* nilai regangan plastik kitosan mengalami peningkatan dari 1,5% menjadi 16,6%. Penambahan *plasticizer* juga bertujuan untuk meningkatkan sifat polimer elektrolit, dengan penambahan *plasticizer* diharapkan konduktivitas dan sifat mekaniknya semakin baik.

Laporan pertama tentang sifat listrik polimer elektrolit berbasis kitosan dilakukan oleh Morni yang menunjukkan konduktivitas ionik $2,6 \times 10^{-5}$ S/cm untuk sampel yang mengandung AgNO_3 . Osman dan Arof mempresentasikan hasil *plasticizer* EC kitosan asetat, menunjukkan nilai konduktivitas yang diperoleh sebesar 10^{-5} S/cm. Sampel lainnya yang dipelajari dilaboratorium yang sama oleh Yahya dan Arof mengungkapkan bahwa kitosan dengan 50% *plasticizer Ethylene Carbonat* (EC) dan sampel yang diplastisasi dengan 10% asam oleat menunjukkan konduktivitas ionik sebesar 10^{-5} S/cm. Membran polimer elektrolit berbasis kitosan dengan sifat konduktivitas ionik yang baik diperoleh dengan teknik *casting* dari larutan yang mengandung kitosan, asam klorida dan *plasticizer* seperti: gliserol, etilen glikol dan sorbitol (Sequeira:2010).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Pawlick (2008), dengan sampel yang terdiri dari kitosan, HCL, *plasticizer* (gliserol, etilen glikol dan sorbitol) ternyata gliserol memberikan nilai konduktivitas yang baik, yaitu sebesar $9,5 \times 10^{-4} \text{ Scm}^{-1}$ pada suhu ruangan dan $2,5 \times 10^3 \text{ Scm}^{-1}$ pada temperatur 80°C . Kemudian *amylopectin-rich starch* dan *glycerol* serta garam litium (LiClO_4) dapat menghasilkan konduktivitas sebesar $1,1 \times 10^{-4} \text{ Scm}^{-1}$ (Marcondes: 2010). Peningkatan konduktivitas ionik menjadi 1 sampai 2 kali lipat dan penurunan nilai Tg (suhu transisi gelas) 40°C dari sampel polimer dengan penggunaan *plasticizer* juga dilaporkan oleh MacFarlane dan Forsyth pada tahun 1995 (Sequeira: 2010).

Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh mahasiswa dari Universitas Jenderal Soedirman di Purwokerto, penelitian dilakukan dalam rangka optimalisasi sifat bahan polimer elektrolit berbasis kitosan untuk menentukan komposisi optimum antara kitosan, montmorillonit dan LiClO_4 . Secara keseluruhan kondisi optimum diperoleh pada komposisi montmorillonit 5% dan LiClO_4 40 %. Konduktivitas yang diperoleh adalah $2,383 \times 10^{-5} \text{ Scm}^{-1}$ dan Kuat Tarik sebesar 15,19 MPa (Saputri:2012)

Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian dengan judul “Optimalisasi Konduktivitas Ionik dan Sifat Mekanik Bahan Polimer Elektrolit Padat Baterai Berbasis Kitosan dengan Penambahan *Plasticizer* (Etilen Glikol dan Gliserol)”.

B. Pembatasan Masalah

Karena luasnya ruang lingkup permasalahan, maka dilakukan pembatasan untuk sifat mekanik, yang dilihat meliputi nilai kuat tarik dan regangan dari *film* berbahan kitosan-monmorillonit-LiClO₄ dengan penambahan *plasticizer* dengan variasi komposisi 10%, 25%, 50%, dan 75% dengan membandingkan 2 *plasticizer* yang berbeda yaitu: etilen glikol dan gliserol.

C. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan masalah penelitian ini yaitu:

1. Berapa konsentrasi etilen glikol dan gliserol untuk menghasilkan bahan polimer elektrolit padat baterai berbasis kitosan dengan nilai konduktivitas yang optimum ?.
2. Berapa konsentrasi etilen glikol dan gliserol untuk menghasilkan bahan polimer elektrolit padat baterai berbasis kitosan dengan sifat mekanik yang optimum ?.
3. Bagaimana perbandingan antara etilen glikol dan gliserol untuk menghasilkan bahan polimer elektrolit padat baterai berbasis kitosan dengan sifat konduktivitas ionik dan sifat mekanik yang optimum ?.

4. Bagaimana mikrostruktur bahan polimer elektrolit padat baterai berbasis kitosan yang dihasilkan setelah penambahan variasi konsentrasi *plasticizer* etilen glikol dan gliserol ?.

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk :

1. Mengetahui konsentrasi etilen glikol dan gliserol untuk menghasilkan bahan polimer elektrolit padat baterai berbasis kitosan dengan nilai konduktivitas yang optimum.
2. Mengetahui konsentrasi etilen glikol dan gliserol untuk menghasilkan bahan polimer elektrolit padat baterai berbasis kitosan dengan sifat mekanik yang optimum.
3. Mengetahui perbandingan antara etilen glikol dan gliserol untuk menghasilkan bahan polimer elektrolit padat baterai berbasis kitosan dengan sifat konduktivitas ionik dan sifat mekanik yang optimum.
4. Mengetahui mikrostruktur elektrolit padat berbasis kitosan yang dihasilkan setelah penambahan variasi konsentrasi *plasticizer* etilen glikol dan gliserol.

E. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk :

1. *Film* kitosan-monmorillonit-LiClO₄-*plasticizer* dapat direkomendasikan untuk diproses lebih lanjut sebagai bahan elektrolit padat baterai litium.

2. Bidang industri, memberikan informasi tentang polimer alam *biodegradable* berbasis kitosan dapat dikembangkan dalam pengaplikasian untuk sel baterai.
3. Pembaca, memberikan informasi tentang bahan polimer elektrolit padat.
4. Kelompok bidang kajian fisika material dan biofisika dapat memberikan sumbangan ilmu pengetahuan, terutama di bidang polimer untuk memperkaya wawasan pengetahuan.
5. Peneliti lain, dapat menjadi acuan dalam melakukan penelitian-penelitian lanjutan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Baterai

Baterai merupakan sumber energi praktis yang banyak digunakan pada saat ini. Baterai adalah sistem dimana energi kimia yang disimpan dalam sistem diubah menjadi energi listrik secara langsung dan mempunyai jumlah bahan bakar atau energi kimia yang tetap. Baterai digunakan sebagai sistem penyimpanan energi dan dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu: baterai primer dan baterai sekunder. Baterai primer tidak dapat diisi ulang kembali, sedangkan baterai sekunder dapat diisi ulang berkali-kali (Culp:1991).

Berdasarkan komponen penyusunnya, baterai terdiri dari tiga komponen utama yaitu: anoda (elektroda negatif), katoda (elektroda positif) dan elektrolit. Elektron dialirkan melalui rangkaian luar dari salah satu elektroda ke elektroda lainnya, anoda melepaskan arus elektron lewat rangkaian luar, sedangkan katoda menerima arus elektron. Elektrolit atau konduktor ionik digunakan sebagai medium melewatkan arus ionik di dalam rangkaian yang biasanya terletak di dalam sel antara anoda dan katoda. Anoda dipilih dengan sifat meliputi, coulomb tinggi (Ah/g), konduktivitas yang baik, oksidator yang baik, kemudahan fabrikasi dan biaya rendah. Katoda harus menjadi agen pengoksidasi yang efektif dan stabil ketika kontak dengan elektrolit (Linden 2002), selain itu elektroda harus stabil dan sebaiknya tidak bereaksi dengan elektrolit. Komponen-komponen penyusun baterai dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:

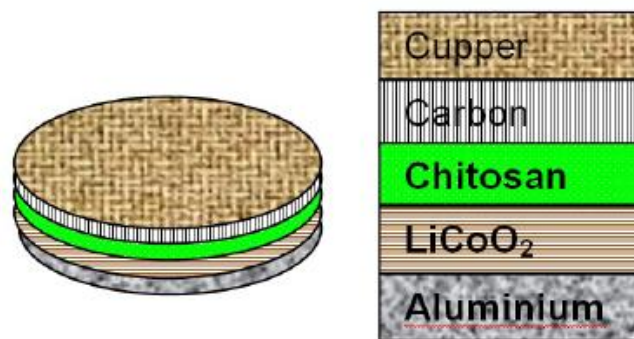


Gambar 1. Komponen Penyusun Baterai
Sumber: (Linden,2002)

Beberapa baterai menggunakan elektrolit padat yang pada kenyataannya adalah suatu membran pertukran ion. Membran ini harus fleksibel, mempunyai kekuatan mekanik yang baik, lembam secara kimiawi, dan tahan terhadap gas pereaksi (reaktan). Sementara membran membiarkan ion-ion lewat, ia mempunyai tahanan listrik yang relatif tinggi , meskipun tebalnya hanya kira-kira 3 mm (Culp:1991).

Sistem elektrolit padat mempunyai kelebihan, diantaranya: desain yang sederhana, tahan kejutan dan getaran, tahan karat, serta cocok untuk diminiaturisasikan, dan dapat berbentuk lapisan tipis (Hidayat: 2007). Tidak semua bahan dapat menjadi elektrolit padat. Diperlukan bahan yang memiliki karakteristik konduktivitas listrik yang tinggi agar ion dapat bergerak. Sistem baterai lithium berbasis polimer terbiodegradasi adalah salah satu kandidat yang menjanjikan untuk generasi depan karena kinerjanya yang tinggi dan murah karena menggunakan sumber daya yang melimpah, dan ramah lingkungan (Sudaryanto:201). Salah satu rancangan

sel baterai polimer menggunakan polimer elektrolit ditunjukkan pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Model Sekema Sel Baterai Menggunakan Elektrolit Dari Kitosan
Sumber: (Sudaryanto,2012)

Gambar 2 menunjukkan model skematis dari sel baterai polimer menggunakan membran kitosan sebagai elektrolit. Di sini, tembaga (Cu) dan aluminium (Al) digunakan sebagai pengumpul arus. Sementara lithium cobalt (LiCoO_2) digunakan sebagai katoda dan karbon atau grafit sebagai anoda.

Baterai didesain sebaik mungkin agar dapat menjalankan fungsinya seoptimal mungkin, hal penting yang harus diperhatikan saat mendesain baterai adalah: konduksi ionik yang tinggi, tahanan yang rendah pada antar muka elektrolit dan elektroda, mengoptimalkan geometri sel agar kerapatan arus yang seragam dapat diperoleh. Sedangkan bahan yang digunakan pada baterai padat dapat terdiri dari berbagai jenis, seperti polikristal, komposit, *amorfous*, dan lapisan tipis (Hidayat: 2007).

B. Konduktivitas Ionik

Material dapat dibedakan dari sifat-sifatnya dan diklasifikasikan menjadi berbagai tipe yang memiliki karakteristik yang sama. Sifat material perlu diketahui, sebagai nilai-nilai pembanding yang diperlukan untuk desain produk dalam penelitian material yang dijadikan sebagai nilai-nilai kuantitatif yang berhubungan dengan sifat-sifat tersebut. Berdasarkan sifat listriknya material dapat diidentifikasi sebagai isolator, semikonduktor dan konduktor (Vlack:2004).

Konduktivitas listrik merupakan kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan arus listrik. Semakin besar nilai konduktivitas semakin baik sifat bahan dalam menghantarkan arus listrik. Energi listrik dapat ditransfer melalui materi berupa hantaran yang bermuatan listrik yang berwujud arus listrik. Dalam material pengangkut arus yang berbeda, muatan partikel yang bergerak dapat berupa positif atau negatif. Dalam logam muatan yang bergerak selalu elektron (negatif), sedangkan dalam gas yang terionisasi (plasma) atau larutan, muatan yang bergerak dapat memasukan kedua elektron dan ion bermuatan positif (Young:2003).

Konduktivitas timbul karena adanya migrasi elektron atau migrasi ion. Pembawa muatan dapat berupa elektron dan berupa ion positif dan ion negatif. Pada logam muatan dibawa oleh elektron yang bergerak. Sedangkan pada material ionik, muatan dibawa oleh ion-ion yang berdifusi (Vlack:2004). Konduktivitas yang disebabkan oleh adanya migrasi elektron disebut dengan konduktivitas elektronik. Sedangkan konduktivitas ionik adalah konduktivitas yang terjadi karena adanya migrasi ion-ion. Konduktivitas ionik bergantung pada jenis-jenis ion yang bermigrasi dalam material.

Material disebut konduktor anionik jika yang bermigrasi adalah ion-ion pembawa muatan negatif. Sedangkan untuk ion-ion pembawa muatan positif yang bergerak maka material tersebut dinamakan konduktor kationik.

Kation dan anion dalam material ionik memiliki muatan listrik dan sebagai akibat migrasi atau difusi ketika timbul medan listrik. Ketika medan listrik diberikan pada benda padat, elektron bebas di dalamnya akan bergerak dipercepat. Elektron-elektron tersebut akan kehilangan energi kinetiknya karena adanya tumbukan di dalam permukaan atom. Arus yang dihasilkan akan sebanding dengan kecepatan rata-rata elektron tersebut. Hanya elektron-elektron yang energinya dekat dengan energi Fermi yang dapat dipercepat, sedangkan elektron lain tetap ditempatnya, terutama yang telah penuh mengisi bilangan kuantumnya. Elektron yang bergerak ini, suatu saat akan dapat melampaui energi ambangnya, untuk kemudian berpindah dan menghasilkan muatan listrik yang bersifat menghantarkan arus listrik dan disebut dengan konduktifitas listrik (Mandaris:2006).

Aliran listrik dalam suatu elektrolit akan memenuhi hukum Ohm, yang menyatakan bahwa: besarnya arus listrik I (ampere) yang mengalir sama dengan perbedaan potensial V (volt) dibagi dengan tahanan R (Ω). Secara matematika hukum Ohm dapat ditulis sebagai:

$$I = \frac{V}{R} \quad (1)$$

Kebalikan dari konduktifitas listrik disebut dengan resistivitas listrik (ρ), satuan dari resistivitas adalah ohmmeter (Ωm). Resistansi dari suatu kawat di dalam suatu rangkaian merupakan fungsi dari ukuran kawat dan jenis material (Vlack:2004):

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2)$$

Resistansi R (Ω), meningkatkan pertambahan panjang L (m), dan pengurangan luas penampang A (m^2). Kebalikan dari resistansi disebut dengan konduktansi (G), konduktansi berbanding terbalik dengan tahanan sehingga mempunyai satuan ohm per meter (Ωm^{-1}) atau Siemens (S) (Fritz:2009):

$$G = \frac{1}{R} \quad (3)$$

Konduktivitas k (kadang disebut konduktansi spesifik) berbanding lurus dengan jarak kedua elektroda l (cm) dan berbanding terbalik dengan luas bidang elektroda A (cm^2), k memiliki satuan Scm^{-1} dan l/A merupakan konstanta sel (K) yang memiliki satuan cm^{-1} (Fritz:2009):

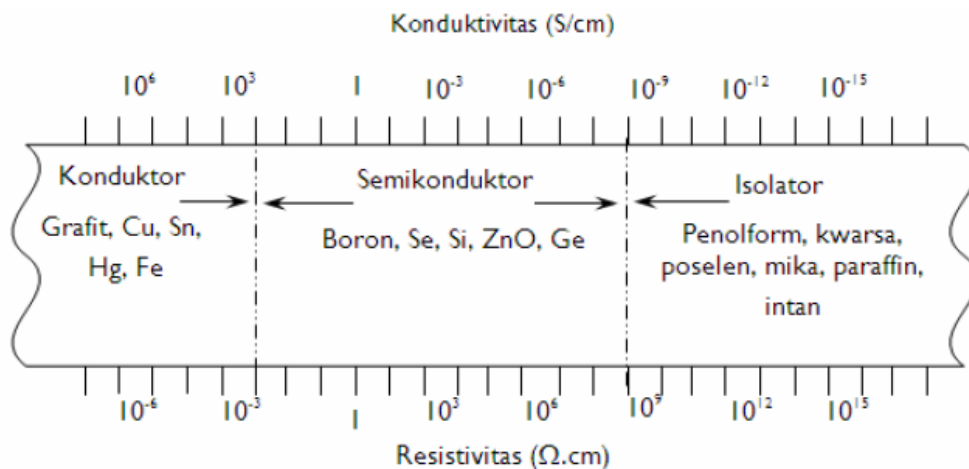
$$k = G \frac{l}{A} \quad (4)$$

Nilai konduktivitas dapat dibedakan menjadi dua, yaitu konduktivitas AC dan konduktivitas DC. Konduktivitas AC merupakan konduktivitas yang dipengaruhi oleh perubahan frekuensi dan terjadi pada frekuensi maksimum. Sedangkan konduktivitas DC adalah konduktivitas yang tidak dipengaruhi oleh frekuensi yang terjadi pada frekuensi minimum. Konduktivitas DC diperoleh melalui ekstrapolasi garis pada kurva hubungan antara nilai konduktivitas dan frekuensi. Konduktivitas DC memenuhi persamaan power yang ditunjukkan pada Persamaan (5)

$$\sigma(\omega) = \sigma_0 + A(\omega)^n \quad (5)$$

Dimana $\sigma(\omega)$ merupakan konduktivitas AC, σ_0 adalah konduktivitas DC membran, A merupakan faktor pre-eksponensial dan n adalah faktor eksponensial yang nilainya diantara 0 sampai 1 (Pradhan:2008).

Material memiliki nilai konduktivitas yang berbeda-beda, hal ini dapat dilihat pada spektrum konduktivitas listrik pada Gambar 3:



Gambar 3. Spektrum Konduktivitas Listrik Dan Resistivitas
Sumber: (Irzaman,2010)

Konduktivitas atau kemampuan suatu bahan menghantarkan arus listrik menjadi indikator penting dalam sistem komponen baterai. Baterai memiliki komponen elektrolit yang berfungsi sebagai jembatan penghubung antara anoda dan katoda. Sebagai komponen baterai, elektrolit memiliki spesifikasi tertentu. Salah satunya elektrolit harus memiliki konduktivitas ionik yang baik tetapi tidak menjadi konduktif secara elektrik, karena akan menyebabkan konsleting internal, tidak reaktif dengan bahan elektroda, sedikit perubahan pada sifat terhadap perubahan suhu, aman dan

biaya rendah (Linden:2002). Adapun konduktivitas spesifik jenis-jenis elektrolit dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Nilai Konduktivitas Berbagai Jenis Elektrolit

Sistem elektrolit	Konduktivitas ($\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$)
Elektrolit cair	$1-5 \times 10^{-1}$
Garam cair	$\sim 10^{-1}$
Elektrolit anorganik	$2 \times 10^{-2}-10^{-1}$
Elektrolit organik	$10^{-3}-10^{-2}$
Elektrolit polimer	$10^{-7}-10^{-3}$
Elektrolit anorganik padat	$10^{-8}-10^{-5}$

Sumber: (Linden,2002)

Elektrolit berbahan polimer menjadi pilihan yang digunakan pada komponen baterai saat ini, karena elektrolit polimer bersifat biodegradabel sehingga lebih ramah bagi lingkungan, salah satu polimer alam yang sedang dikembangkan sebagai elektrolit baterai adalah polimer kitosan. Kitosan dapat dijadikan sebagai elektrolit polimer karena sifatnya yang spesifik, seperti: biokompatibel, biodegradabel dan merupakan suatu polielektrolit. Pemanfaatan polimer kitosan sebagai elektrolit padat dapat memberikan kemampuan pemrosesan yang sangat baik untuk membuat membran, sehingga dapat dirancang bebas seperti untuk sistem sel baterai berlapis (Sudaryanto:2012).

C. Sifat Mekanik

Karakterisasi sifat mekanik dapat dilakukan melalui uji tarik. Uji tarik merupakan salah satu uji *stress-strain* mekanik yang bertujuan mengetahui kekuatan benda terhadap gaya tarik. Dengan melakukan uji tarik dapat diketahui reaksi benda terhadap tenaga tarikan dan sejauh mana material dapat bertambah panjang. Kekuatan tarik menunjukkan ukuran ketahanan benda, yaitu regangan maksimal yang dapat diterima sampel sebelum putus.

Kekuatan tarik penting diketahui untuk mengetahui sifat mekanik bahan sehingga dapat digunakan dalam aplikasi struktur. Bahan yang diaplikasikan harus memiliki sifat mekanik yang baik, tidak getas dan tidak higrokopis, serta memiliki kelenturan (elastis). Elastisitas merupakan sifat benda yang menghambat perubahan bentuk atau deformasi sehingga benda kembali ke bentuk semula setelah gaya yang diberikan padanya dihilangkan, sedangkan benda yang telah mengalami deformasi dan tidak dapat kembali ke bentuk semula disebut dengan benda *plastis* atau tidak *elastis*.

Semua benda dapat mengalami perubahan bentuk (deformasi). Sangatlah mungkin untuk mengubah bentuk atau ukuran (keduanya) dari sebuah benda dengan mengerjakan gaya eksternal padanya. Tekanan adalah besaran yang sebanding dengan gaya yang menyebabkan deformasi. Tekanan adalah gaya eksternal yang bekerja pada setiap satuan luas penampang silang/melintang (Serway: 2009).

a. Tegangan (*stress*)

Untuk setiap jenis deformasi terdapat suatu besaran yang disebut tegangan (*stress*). Tegangan yang diperlukan untuk menyebabkan perpatahan pada bahan disebut tegangan patah, kekuatan maksimum (*ultimate strength*) atau kekuatan tarik (untuk tegangan tarik). Tegangan menyatakan kekuatan dari gaya-gaya yang menyebabkan penarikan, peremasan atau pemuntiran, dan biasanya dinyatakan dalam bentuk gaya (F) persatuan luas (A) (Young: 2002). Lebih jelasnya, tegangan adalah gaya eksternal yang bekerja pada setiap satuan A luas penampang atau secara matematis:

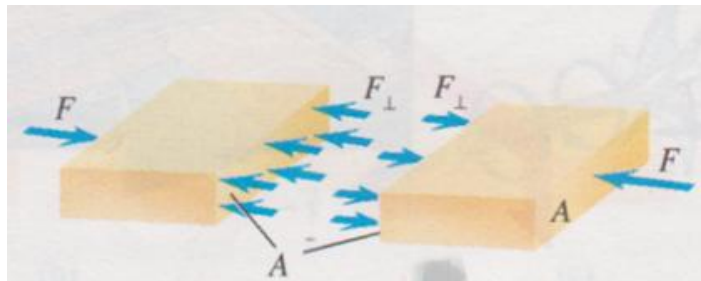
$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (6)$$

dimana:

σ = Tegangan (Pascal)

F = Gaya (Nm^{-2})

A = Luas penampang (m^2)

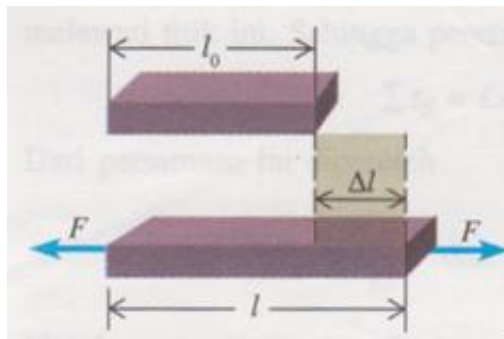


Gambar 4. Tegangan Tarik
Sumber: (Young,2002)

Kekuatan tarik adalah tegangan yang dibutuhkan untuk mematahkan suatu sampel atau regangan maksimal yang dapat diterima sampel sebelum putus . Gambar 4 memperlihatkan penampang di sepanjang batang. Bagian di sebelah kanan ditarik ke kiri oleh gaya F dan sebaliknya terjadi untuk bagian batang kiri. Gaya bekerja dalam arah yang tegak lurus terhadap penampang melintang, gaya-gaya pada setiap penampang melintang terdistribusi homogen di sepanjang penampangnya (Young:2002).

b. Regangan (*strain*)

Perubahan panjang atau perpanjangan (*elongation*) dari sebuah benda yang mengalami tegangan tarik disebut dengan regangan tarik (*tensile strain*). Regangan diperlihatkan sebagai *persentase* perpanjangan, seberapa besar penambahan panjang benda sebelum mengalami putus.



Gambar 5. Regangan (*Strain*)

Sumber: (Young,2002)

Gambar 5 menjelaskan bahwa sebuah batang dengan panjang sebelum ditarik l_0 yang kemudian memanjang menjadi $l = l_0 + \Delta l$ saat gaya-gaya F yang sama besar dan

arahnya berlawanan dilakukan pada ujung-ujungnya. Perpanjangan Δl tidak hanya terjadi pada ujung-ujungnya, setiap bagian batang akan memanjang dengan perbandingan yang sama. Regangan tarik didefinisikan sebagai perbandingan perpanjangan Δl terhadap panjangnya semula l_0 (Young:2002):

$$\varepsilon = \frac{l-l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (7)$$

Regangan tarik adalah perpanjangan putus persatuan luas. Ini merupakan perbandingan dua panjang yang selalu diukur pada satuan yang sama sehingga bilangan murni tanpa satuan (dimensi).

c. Modulus Young (elastisitas panjang)

Regangan pada suatu benda timbul karena diberi tekanan, yang merupakan sebuah ukuran dari tingkat deformasi. Didapati bahwa, untuk tekanan yang cukup kecil, regangan sebanding dengan tekanan; konstanta kesebandingan ini bergantung jenis bahan yang sedang mengalami deformasi serta sifat deformasinya. Konstanta kesebandingan ini disebut dengan modulus elastisitas. Modulus elastisitas dapat dijelaskan sebagai perbandingan tegangan terhadap regangan yang dihasilkan (Serway:2009):

$$Y = \frac{\text{Tegangan}}{\text{regangan}} = \frac{F/A}{\Delta L/l_0} \quad (8)$$

dimana:

Y = Modulus Young (Pascal)

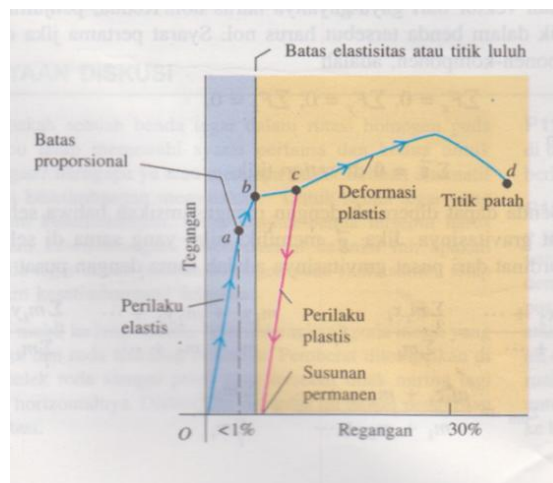
F = gaya (Nm^{-2})

A = luas penampang (m^2)

Δl = Perubahan panjang

l_0 = Panjang awal

Sifat mekanik bahan bergantung pada sifat bahan penyusunnya, semakin tinggi kerapatan ikatan silang maka modulus akan semakin besar (perpanjangan akan semakin berkurang) dalam keadaan karet (Steven: 2001). Jika suatu benda yang ditarik mengalami mulur (*extension*), maka terdapat hubungan antara pertambahan panjang dengan gaya yang diberikan. Hubungan ini dapat dinyatakan dengan grafik tegangan dan regangan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Tegangan-Regangan
Sumber: (Young, 2002)

Dari titik asal 0 ke suatu titik yang disebut batas proporsional masih merupakan garis lurus. Pada daerah ini berlaku hukum Hooke, bahwa tegangan sebanding dengan regangan. Kesebandingan ini berakhir pada batas proporsional. Dari *a* ke *b* tegangan

dan regangan tidak lagi sebanding, dan hukum Hook tidak lagi berlaku (Laintarawa: 2009).

Dalam daerah *Ob* bahan memperlihatkan perilaku elastis. Titik *b* pada akhir daerah ini disebut titik luluh (*yield point*), sedangkan tegangan pada titik luluh disebut batas elastisitas. Batas elastis merupakan batas tegangan bahan tidak kembali lagi ke bentuk semula apabila beban dilepas tetapi akan terjadi deformasi tetap yang disebut permanen set. Untuk banyak material, nilai batas proporsional dan batas elastik hampir sama. Untuk membedakannya, batas elastik selalu hampir lebih besar daripada batas proporsional. Ini berarti bahwa setelah titik ini dilampaui maka bahan sudah menjadi tidak elastis atau tidak bisa kembali seperti semula, setelah titik ini dilampaui maka struktur bahan berubah (Young:2002).

Apabila beban dihilangkan pada suatu titik setelah titik *b*, misalnya titik *c*, maka bahan tidak akan kembali ke panjangnya semula. Bahan kemudian menelusuri garis merah, disini bahan mengalami deformasi *irreversible* dan mencapai susunan permanen. Peningkatan beban (tegangan) lebih lanjut setelah titik *c*, sampai titik *d* tercapai pada saat terjadi perpatahan (*fracture*). Perilaku bahan dari *b* ke *d* disebut aliran plastis atau deformasi plastis (Young:2002).

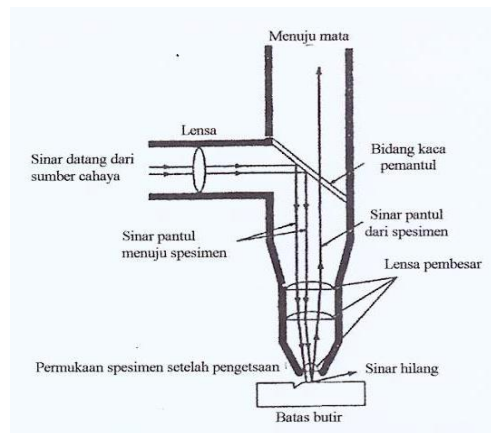
D. Mikrostruktur

Mikrostruktur adalah penataan geometrik dari butir-butir dan fasa-fasa dalam suatu material. Banyak polimer tidak memiliki mikrostruktur yang terdiri dari butir atau fasa karena bersifat amorf. Material amorf tidak memiliki butir atau batas butir.

Kecuali jika dilakukan modifikasi dengan menambahkan material pengisi atau direntangkan untuk menyebarkan molekul. Istilah mikrostruktur digunakan untuk mendeskripsikan yang hanya dapat dilihat dengan bantuan mikroskop. Mikroskop optik memperluas limit bawah dari struktur hingga dimensi mikrometer dan mikroskop elektron hingga dimensi nanometer (Vlack:2001).

Variabel-variabel dari fitur-fitur struktural ini mencakup jumlah, ukuran, bentuk, dan distribusi. Dimensi mikrostruktur cukup kecil sehingga diperlukan mikroskop optik (perbesaran hingga 2000x) bahkan mikroskop elektron (perbesaran hingga 50.000x) untuk mengamatinya. Kebanyakan struktur mikro dapat diamati dengan mikroskop optik dan diidentifikasi berdasarkan karakteristik-karakteristiknya (Vlack:2001).

Mikroskop Optik ini disebut juga mikroskop polarisasi karena kelebihanannya yang bisa menjadi polarimeter. Perbesaran untuk lensa objektif mulai dari 4x, 10x, 20x, 40x, sampai 100x. Sedangkan perbesaran untuk lensa okuler adalah 10x. Mikroskop optik bisa menggunakan *film* biasa maupun *film* polaroid. Sampel yang difoto bisa berupa cairan atau padatan. Untuk padatan yang transparan, maksimum ketebalan adalah 20 mikrometer. Prinsip kerja mikroskop optik dapat dilihat pada Gambar 7 berikut:



Gambar 7. Skema Perjalanan Sinar Pada Mikroskop Optik

Sumber: (Abdullah, 2008)

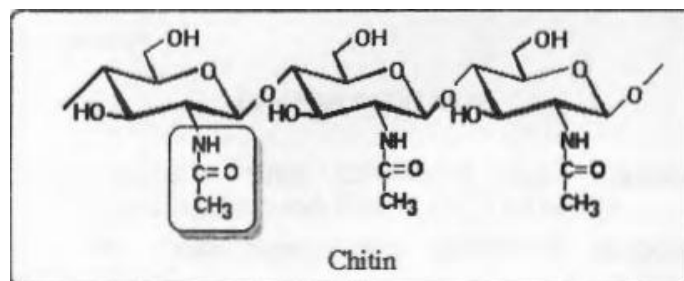
Sinar datang yang berasal dari sumber cahaya melewati lensa kondenser, lalu sinar datang itu menuju *glass plane* yang akan memantulkan sinar datang itu menuju spesimen. Sebelum mencapai spesimen sinar datang itu melewati beberapa lensa pembesar. Kemudian sinar datang tersebut sebagian akan dipantulkan kembali, sedangkan sebagian lagi akan menyimpang akibat mengenai permukaan yang telah terkorosi pada saat pengetsaan. Sinar datang yang dipantulkan kembali ke mikroskop optik akan diteruskan ke lensa okuler sehingga dapat diamati.

E. Kitosan

Kitosan merupakan salah satu turunan kitin yang diperoleh melalui proses deasetilasi atau penghilangan gugus COCH_3 . Kitin merupakan suatu polisakarida struktural, yang membentuk eksokleton (kerangka luar) antropoda (Campbell:2002). Di alam kitin dikenal sebagai polisakarida yang paling melimpah setelah selulosa,

yang keberadaannya banyak ditemui pada hewan avertebrata laut, darat, dan jamur dari genus *Mucor*, *Phycomyces*, dan *Saccharomyces*.

Keberadaan kitin di alam umumnya terikat dengan protein, mineral dan berbagai macam pigmen. Selain keberadaannya yang melimpah, kitin juga merupakan bahan yang tidak beracun dan bahkan mudah terurai secara hayati (*biodegradable*). Secara fisik kitin merupakan padatan amorf yang berwarna putih dengan kalor spesifik 0.373 ± 0.03 kal/g/°C dengan rumus molekul $(C_8H_{13}NO_5)_n$ (Sugita:2009). Kitin memiliki struktur yang sama dengan selulosa dalam molekul polisakarida. Perbedaan utama antara kitin dan selulosa adalah kitin terbentuk dari *N*-asetilglukosamina sedangkan selulosa dari glukosa. Serangga dan siput mempunyai otot luar yang terbentuk dari kitin dan bukan selulosa (Fesendem:2010). Struktur kimia dari kitin dapat dilihat pada Gambar 8:

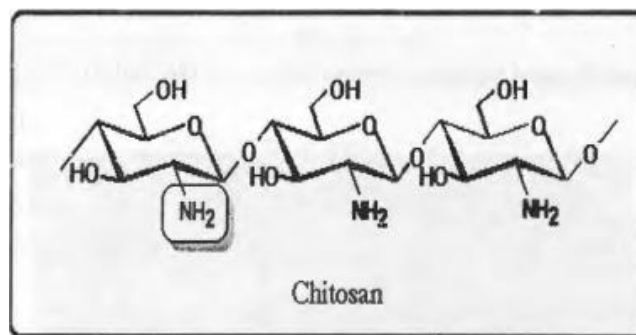


Gambar 8. Struktur Kimia Kitin

Sumber: (Suptijah,2006)

Senyawa kitin pada umumnya tidak digunakan secara murni, tetapi diturunkan menjadi senyawa kitosan. Kitosan merupakan poli (2-amino-2-deoksi- β -(1-4)-D-

glukopiranososa) dengan rumus molekul $(C_6H_{11}NO_4)_n$ yang merupakan padatan amorf yang berwarna putih kekuningan dengan rotasi spesifik $[\alpha]_D^{11} -3$ hingga -10° (pada konsentrasi asam asetat 2%) (Sugita:2009). Bentuk struktur kimia kitosan dapat dilihat pada Gambar 9 berikut :



Gambar 9. Struktur Kimia Kitosan

Sumber: (Suptijah,2006)

Kitosan diperoleh dengan deasetilasi kitin yaitu pemutusan gugus asetil pada kitin. Pemutusan ini menyebabkan kitosan bersifat kationik (bermuatan positif) sehingga dapat menarik ion-ion negatif. Kitosan memiliki sifat yang lebih stabil dibandingkan dengan kitin. Sifat kitosan dapat disamakan dengan sifat polimer kationik sehingga kitosan tidak larut dalam air atau larutan alkali pada pH di atas 6.5 juga tidak larut dalam pelarut air, alkohol dan aseton. Kitosan larut dalam pelarut organik, HCl encer, HNO_3 encer, H_3PO_4 0.5% dan CH_3CHOOH 1%, tetapi tidak larut dalam basa kuat dan H_2SO_4 . Jika kitosan dilarutkan dalam asam asetat (CH_3COOH) 1% atau dalam bentuk larutan, konduktivitas ion dari kitosan menjadi lebih tinggi (Mohamed:1995). Dalam kondisi asam berair, gugus amino ($-NH_2$) kitosan akan

menangkap H^+ dari lingkungannya, sehingga gugus aminonya terprotonisasi menjadi $-NH_3^+$. Gugus $-NH_3^+$ inilah yang menyebabkan kitosan bertindak sebagai garam, sehingga dapat larut dalam air (Sugita: 2009). Kitosan umumnya larut pada kebanyakan larutan asam organik, kelarutan kitosan pada berbagai pelarut asam organik dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Kelarutan Kitosan Pada Berbagai Pelarut Asam Organik

Konsentrasi Asam Organik	Konsentrasi Asam Organik (%)		
	10	50	>50
Asam asetat	+	±	
Asam adipat			
Asam sitrat	+		
Asam format	+	+	+
Asam laktat	+		
Asam maleat	+		
Asam malonat	+		
Asam oksalat	+		
Asam propionat	+		
Asam piruvat	+	+	
Asam suksinat	+		
Asam tartrat	+		

Keterangan:

+ larut;

- tidak larut;

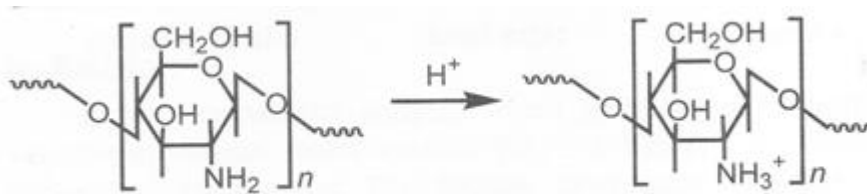
± larut sebagian

Sumber: (Sugita:2009)

Dalam asam mineral pekat seperti HCl dan HNO_3 , kitosan larut pada konsentrasi 0,15-1,1%, tetapi tidak larut pada konsentrasi 10%. Kitosan tidak larut dalam H_2SO_4

pada berbagai konsentrasi, sedangkan didalam H_3PO_4 tidak larut pada konsentrasi 1% sementara pada konsentrasi 0,1% sedikit larut. Perlu diketahui, bahwa kelarutan kitosan dipengaruhi oleh bobot molekul, derajat deasetilasi, dan rotasi spesifiknya yang beragam bergantung pada sumber dan metode isolasi serta transformasinya. Sifat fisika dan kimia kitosan diatas telah dijadikan bagian dalam penentuan spesifikasi kitosan niaga (Sugita: 2009).

Kitosan dalam bentuk terprotonisasi menunjukkan kerapatan muatan yang tinggi dan bersifat sebagai polielektrolit kationik dan sangat efektif berinteraksi dengan biomolekul bermuatan negatif dan biomolekul permukaan. Sedangkan dalam bentuk netralnya, kitosan mampu mengompleks ion logam berat berbahaya seperti Cu, Cr, Mn, Co, Hg, Zn, dan Pd.



Gambar 10. Kitosan Sebagai Polielektrolit Kationik
Sumber: (Sugita,2009)

Perilaku aliran polielektrolit kitosan ditentukan oleh konformasi molekular keseluruhan dan tingkat ikatan hidrogen atau tolakan elektrostatis antar segmen rantai yang bersebelahan (Sugita:2009).

F. Monmorilonit

Monmorilonit adalah sejenis tanah liat (*clay*) yang banyak terdapat dalam batuan bentonit dengan rumus kimia $(\text{Na,Ca})(\text{Al,Mg})_6(\text{Si}_4\text{O}_{10})_3(\text{OH})_6 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (Hidrat Natrium Kalsium Aluminium Magnesium Silikat Hidroksida). Bentonit merupakan salah satu jenis lempung yang mempunyai kemampuan daya koloid yang kuat (Suspeno:2009) dan merupakan suatu istilah nama yang digunakan untuk sejenis lempung plastis yang mempunyai kandungan mineral monmorilonit lebih dari 85% dengan rumus kimianya $(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4 \text{SiO}_2 \cdot x \text{H}_2\text{O})$ (Fisli: 2007 dan Labaik: 2006). Mineral lempung merupakan koloid berukuran $< 2 \mu\text{m}$ yang terdiri atas kisi silikat (filosilikat), mempunyai permukaan besar, mampu mengikat dan melepaskan molekul air, serta mampu mengembang dan mengerut. Mineral lempung bersifat plastis dan mampu mengikat ion tertukarkan (Sutanto:2005). Salah satu komponen mineral lempung adalah bentonit.

Indonesia mempunyai deposit batuan bentonit yang cukup berlimpah yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Bentonit ini telah digunakan dalam berbagai bidang seperti bahan adsorben, katalis, *bleaching earth*, pemurnian bahan kimia penyangga, dan juga sebagai *reinforcemen* (penguat). Nama monmorilonit sendiri berasal dari Prancis untuk penamaan sejenis lempung yang terdapat di Monmorilon Prancis (Fisli dan Saeful: 2007 dan Labaik,G: 2006).

Monmorilonit merupakan mineral yang sangat lunak yang berbentuk seperti tanah liat dengan partikel berbentuk *plate* dengan diameter rerata sekitar $1 \mu\text{m}$ dan ketebalan setiap lapisan montmorilonit sekitar 0,96 nm, tiap dimensi permukaan pada

umumnya 300-600 nm, sedangkan *d-spacing* 1,2 – 1,5 nm (Hartono: 2011). Sama seperti tanah liat pada umumnya, monmorilonit akan mengembang dengan penambahan air. Kandungan air monmorilonit sangat beragam dan akan meningkat seiring naiknya volume ketika menyerap air. Penambahan monmorillonit pada pembuatan nanokomposit menghasilkan permukaan berpori (Sugita: 2009).

Melalui proses pertukaran ion, monmorilonit dapat juga mengadsorpsi kontaminan metalik dengan baik. Pertukaran ion dapat terjadi karena monmorilonit memiliki muatan negatif sehingga sangat memungkinkan untuk mengikat spesies yang bermuatan positif (Fisli dan Saeful : 2007). Monmorilonit dapat digunakan sebagai material paduan karena merupakan nano *reinforcement* yang memiliki lapisan-lapisan berukuran nano (Hartono: 2011). Monmorilonit memiliki kelebihan muatan negatif pada oktahedral dan tetrahedral dinetralkan oleh ion tertukaran. Jarak antar lapisan bervariasi sesuai dengan arah hidrasi dan kemampuan antar lapisan untuk mengembang. Monmorilonit yang berasal dari pelapukan mika mempunyai substitusi tetrahedral yang lebih kuat dan muatan tinggi (Sutanto:2005).

Salah satu jenis monmorilonit yang banyak digunakan adalah monmorilonit K-10 yang merupakan bahan aluminium silikat yang tersusun dari unsur utama seperti Al, Si, dan H dan terdapat pada lempung (*clay*). Bahan monmorilonit dikenal sebagai bahan silikat berbentuk lembaran. Monmorilonit terdiri dari tiga unit lapisan, yaitu dua unit lapisan tetrahedral (mengandung ion silika) mengapit satu lapisan oktahedral (mengandung ion besi dan magnesium). Bahan ini bersifat negatif dan dapat mengikat ion Li^+ melalui pertukaran ion, dengan atom Li berada diantara kristal

aluminium silikat. Struktur utama monmorilonit selalu bermuatan negatif walaupun pada lapisan oktahedral ada kelebihan muatan positif yang akan dikompensasi oleh kekurangan muatan positif pada lapisan tetrahedral yang disebabkan karena terjadinya substitusi isomorfik ion-ion, yaitu pada lapisan tetrahedral terjadi substitusi ion Si^{4+} oleh Al^{3+} , sedangkan pada lapisan oktahedral terjadi substitusi ion Al^{3+} oleh Mg^{2+} dan Fe^{2+} . Gaya antar lembaran relatif lemah, dengan ruang antar-lembaran dapat mengembang bila dilarutkan dalam air dan alkohol sehingga kemungkinan terjadinya interaksi molekul-molekul kecil diantara lembaran ini cukup rendah. Kation-kation terikat secara longgar dan dapat dipertukarkan dengan kation-kation lain yang memiliki aktivitas ion yang lebih besar (Winatapura:2010 dan Hartono:2011).

G. Plasticizer

Plasticizer (pemplastis) adalah material yang ditambahkan untuk meningkatkan beberapa sifat dari polimer dan dapat diartikan sebagai bahan penting, bertitik didih tinggi, bahan yang tidak bisa berdiri sendiri, yang jika ditambahkan ke bahan lain akan mengubah sifat fisik dan mekanik bahan tersebut. Penambahan *plasticizer* diperlukan untuk mengatasi sifat rapuh film yang disebabkan kekuatan intermolekuler ekstensif dan meningkatkan fleksibilitas film. Peningkatan fleksibilitas film dikarenakan terjadi pengurangan kekuatan tarik intermolekuler di antara rantai polimer (Al Awwaly:2010). Molekul-molekul *plasticizer* di dalam larutan tersebut terletak diantara rantai ikatan biopolimer dan dapat berinteraksi dengan membentuk

ikatan hidrogen dalam rantai ikatan antar polimer sehingga menyebabkan interaksi antar molekul biopolimer menjadi semakin berkurang, sehingga menyebabkan berkurangnya kuat tarik film dengan adanya penambahan bahan tambahan *plasticizer*. Peningkatan kandungan bahan tambahan (*plasticizer*) dapat menurunkan kuat tarik dan meningkatkan regangan. Regangan merupakan representasi kuantitatif kemampuan *film* untuk meregang yaitu didefinisikan sebagai fraksi perubahan panjang bahan sebagai efek dari deformasi (Purwanti:2010).

Proses plastisasi polimer alam dengan menggunakan berat molekul rendah, seperti etilen glikol gliserol, propilen karbonat, sorbitol atau lainnya, juga meningkatkan nilai konduktivitas ionik dan menurunkan kristalinitas campuran yang terbentuk (Sequeira:2010).

a. Etilen Glikol

Etilen glikol merupakan contoh senyawa alkohol yang memiliki lebih dari satu gugus hidroksil (-OH). Alkohol yang memiliki lebih dari satu gugus -OH disebut senyawa polialkohol. Etilen glikol (1,2-etanadiol, $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$) tidak berwarna, berupa cairan yang larut dalam air dan diproduksi dari etilena yang dioksidasi oleh udara diikuti dengan hidrasi dari intermediat etilena oksida. Etilen glikol dipakai sebagai pelarut untuk industri, sebagai bahan dasar untuk pembuatan dacron, dengan rasa yang manis, tetapi beracun (Fessendem:2010). Etilen glikol sangat larut dalam air dan memiliki titik beku yang rendah, yaitu -25°C dan banyak digunakan sebagai anti beku dalam mobil (Clauser:1991).

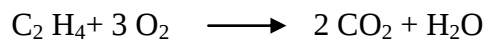
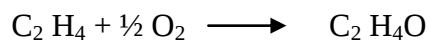
Etilen Glikol merupakan senyawa diol yang simpel. Senyawa diol higroskopis dan larut sempurna dalam berbagai pelarut polar, seperti air, alkohol, eter glikol, dan aseton. Sedikit larut dalam pelarut nonpolar, seperti benzene, toluene, dikloroetan, dan klorofom. Etilen glikol sulit dikristalkan ketika dingin, dia berbentuk senyawa yang sangat kental (viscous).

1) Sifat fisis Etilen Glikol

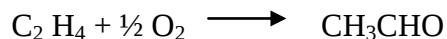
BM	: 28,054
Titik didih	: - 103,71°C
Temperatur kritis	: 283,06°K
Tekanan kritis	: 50,497 atm
Volume kritis	: 129 ml/grmol
Viskositas	: $1,61 \cdot 10^{-4}$ Pa.s
Panas pembakaran	: 1,411 kJ/mol
Kompresibilitas kritis	: 0,276

2) Sifat Kimia Etilen Glikol

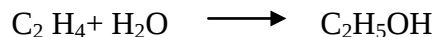
- a) Oksidasi etilen pada tekanan 10 – 30 atm suhu 200 – 300°C dengan katalis Ag menghasilkan etilen oksida dengan hasil samping CO_2 dan H_2O



- b) Oksidasi etilen pada 0,4-10 atm pada suhu 175-200°C dengan katalisator PdCl_2 menghasilkan asetaldehid.



- c) Reaksi etilen dengan air pada 7 Mpa suhu 250 – 300°C menghasilkan etanol.



b. Gliserol

Gliserol (gliserin; 1,2,3-propanatriol) tidak berwarna seperti sirup, rasanya manis, triol ini didapat dari hidrolisis dalam suasana basa dari lemak sebagai hasil samping dari pembuatan sabun atau dari petrokimia propane. Gliserol dipakai sebagai pelarut emolien (suatu zat yang dapat melunakan atau melembutkan seperti losion), sebagai zat pemanis pada pembuatan permen dan minuman keras, zat antibeku, zat pereaksi dan keperluan lainya (Fessendem:2010).

Gliserol dikenal juga dengan sebutan gliserin dan merupakan cairan tak berwarna dengan rasa manis, larut dalam air dan etil alkohol. Gliserin adalah alkohol trihidroksi paling sederhana, dengan rumus kimia $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$. Gliserol memiliki berat jenis 1,26, titik didih pada 290°C dan titik beku pada 20°C (Clauser:1991).

Gliserol merupakan produk samping dari suatu reaksi transestrifikasi minyak. Minyak bereaksi dengan alkohol membentuk gliserol dan methyl ester, reaksi ini disebut reaksi transesterifikasi. Gliserol banyak digunakan sebagai bahan pemlastis untuk menghasilkan lapisan tipis yang lebih fleksibel.

Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan penambahan gliserol akan mengurangi kekuatan mekanik berbagai jenis film dengan bahan dasar protein maupun polisakarida. Penambahan gliserol sebagai pemlastis akan mengurangi

kerapatan dan gaya antar molekul substrat (pati) dengan gliserol, sehingga lapisan tipis yang terbentuk lebih fleksibel dan halus. Penambahan gliserol yang berlebihan akan menyebabkan lapisan tipis menjadi lunak dan lengket sehingga sukar diangkat dari cetakan karena gliserol lebih bersifat mengikat air dan melunakkan permukaan. Sebaliknya kekurangan gliserol akan menyebabkan lapisan tipis menjadi kasar dan rapuh (Indriyati: 2006).

Gliserol mudah masuk di antara rantai protein dan mengatur ikatan hidrogen dengan gugus amina protein. Gliserol bekerja sebagai *plasticizer* dalam film dengan cara merusak ikatan hidrogen, menyebabkan pembentukan campuran protein-*plasticizer* dan mengganggu interaksi protein-protein. (Al Awwaly:2010).

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dalam pembuatan *film* bahan polimer eletrolit padat baterai berbasis kitosan yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan, sebagai berikut :

1. Nilai konduktivitas ionik meningkat dengan penambahan *plasticizer*. Pada penggunaan etilen glikol sebagai *plasticizer* diperoleh nilai konduktivitas optimum sebesar $1,26 \times 10^{-3}$ S/cm pada konsentrasi etilen glikol 50%. Penggunaan gliserol sebagai *plasticizer* diperoleh nilai konduktivitas optimum $2,51 \times 10^{-3}$ S/cm pada konsentrasi gliserol 25%
2. *Plasticizer* dapat menurunkan kuat tarik dan menaikkan regangan. Pada penggunaan etilen glikol sebagai *plasticizer* diperoleh sifat mekanik optimum pada konsentrasi etilen glikol 50% dengan kuat tarik 41,59 MPa dan regangan 77,5%. Penggunaan gliserol sebagai *plasticizer* diperoleh sifat mekanik optimum pada konsentrasi gliserol 25% dengan kuat tarik 32,14 MPa dan regangan 69,3%
3. Nilai konduktivitas optimum diberikan oleh *plasticizer* gliserol pada konsentrasi 25% dan sifat mekanik optimum diberikan oleh etilen glikol pada konsentrasi 50%

4. Bentuk permukaan *film* yang dihasilkan lebih halus dan lebih rapat dengan menggunakan gliserol sebagai *plasticizer*.

B. Saran

Dari hasil penelitian yang telah diperoleh dapat disarankan:

1. Sebaiknya digunakan pengaduk mixer dalam mencampurkan larutan agar campuran yang dihasilkan lebih homogen.
2. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan uji konduktivitas termal untuk mengetahui sifat termal *film* yang dihasilkan.