

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

Luzi Lovita.NK¹⁾, Syakbaniah²⁾, Evi Yulianti³⁾

***)FMIPA UNP, email:** Luzilovital@gmail.com

*****)Staf Pengajar Jurusan Fisika FMIPA UNP, email:** niasyk_unp@yahoo.com

*****)Peneliti Badan Tenaga Nuklir, email:** yulianti@batan.go.id

ABSTRACT

Have been obtained solid-state electrolyte based on chitosan by the casting technique from a solution containing of chitosan, montmorillonite, LiClO₄ and plasticizer by using two different types of plasticizers are: ethylene glycol and glycerol. This study purpose to know what is the concentration of ethylene glycol and glycerol as plasticizer can be obtained solid-state electrolyte based on chitosan with ionic conductivity and mechanical properties are optimum for rechargeable battery applications. Ionic conductivity properties were characterized by using LCR meter, mechanical properties were characterized by mechanical tests, and microstructure using optical microscopy. The results showed that the optimum composition obtained in 50% ethylene glycol with an ionic conductivity of $1,26 \times 10^{-3}$ S/cm, tensile strength of 41,59 MPa and 77,5% elongation. At the optimum conditions obtained in glycerol concentration of 25% with an ionic conductivity of $2,51 \times 10^{-3}$ S / cm, tensile strength of 32,14 MPa and 69,3% elongation. Of both plasticizer, glycerol give better ionic conductivity and films produced by using glycerol are smoother and it's texture looks more evenly, while ethylene glycol gives better mechanical properties.

Keywords: chitosan, conductivity ionic, tensile strength, elongation, *plasticizer*,

PENDAHULUAN

Penggunaan baterai sebagai sumber energi praktis semakin meningkat seiring dengan meningkatnya piranti elektronika. 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^[1].

Elektrolit baterai dapat berupa cairan maupun berupa padatan, namun baterai dengan elektrolit cair memiliki kelemahan diantaranya rentan terhadap kebocoran, mudah terbakar dan bersifat beracun. Baterai dengan elektrolit padat lebih aman digunakan karena sistem elektrolit padat mempunyai kelebihan, diantaranya: desain yang sederhana, tahan kejutan dan getaran, tahan karat, serta cocok untuk diminiaturisasikan, dan dapat berbentuk lapisan tipis^[2].

Pada saat ini elektrolit padat banyak menggunakan bahan berbasis polimer sintetis. Penggunaan polimer sintetis sebagai elektrolit padat semakin meningkat setiap tahunnya. Namun, polimer sintetis 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^[3].

Penggunaan polimer elektrolit berbasis bahan terbiodegradasi oleh alam menjadi solusi tepat terhadap permasalahan ini. Salah satunya adalah polimer kitosan, dimana polimer kitosan dapat dijadikan sebagai elektrolit polimer yang ramah lingkungan, karena karakteristik yang dimiliki oleh kitosan.

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^[4]. 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^[5] jika kitosan dilarutkan dalam asam asetat (CH₃COOH) 1% atau dalam bentuk larutan, konduktivitas ion dari kitosan menjadi lebih tinggi^[6].

Menurut data yang diperoleh dari penelitian Evi Yulianti^[7] menunjukkan bahwa polimer alam kitosan maupun selulosa asetat dapat menjadi

polimer ionik dengan konduktivitas yang tinggi setelah ditambahkan ion litium.

Penelitian pengembangan sistem baterai berbasis bahan ramah lingkungan seperti kitosan telah banyak dilakukan. Salah satunya elektrolit padat berbahan kitosan-LiClO₄-monmorillonit yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya^[8]. Namun, konduktivitas ionik dan sifat mekanik yang dihasilkan belum optimal. Untuk itu perlu dilakukan modifikasi dengan penambahan zat lain, salah satunya adalah *plasticizer*.

Penelitian ini bertujuan Untuk mengetahui pada konsentrasi berapakah etilen glikol dan gliserol sebagai *plasticizer* dapat diperoleh elektrolit padat berbasis kitosan dengan konduktivitas ionik dan sifat mekanik yang optimum untuk aplikasi baterai isi ulang.

Penambahan *plasticizer* dapat menurunkan sifat kekerasan material dan meningkatkan keelastisitasannya. Semakin elastis suatu bahan maka molekul akan mudah untuk bergerak, sehingga memudahkan ion-ion untuk melakukan pergerakan.

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. Pada logam muatan dibawa oleh elektron yang bergerak. Sedangkan pada material ionik, muatan dibawa oleh ion-ion yang berdifusi^[9].

Konduktivitas k berbanding lurus dengan jarak kedua elektroda l (cm) dan berbanding terbalik dengan luas bidang elektroda A (cm²), k memiliki satuan Scm⁻¹ dan l/A merupakan konstanta sel (K) yang memiliki satuan cm⁻¹^[10]:

$$k = G \frac{l}{A} \quad (1)$$

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 (2)

$$\sigma(\omega) = \sigma_0 + A(\omega)^n \quad (2)$$

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^[11]

Beberapa baterai menggunakan elektrolit padat yang merupakan suatu membran pertukran ion. Membran ini harus fleksibel, mempunyai kekuatan mekanik yang baik, lembam secara kimiawi, dan tahan terhadap gas pereaksi (reaktan)^[12].

Penambahan *plasticizer* juga bertujuan untuk meningkatkan sifat polimer elektrolit, dengan penambahan *plasticizer* diharapkan konduktivitas dan sifat mekaniknya semakin baik. Disini *plasticizer* berperan seperti pelarut, karena memberikan sifat elastis. Keelastisitasan suatu bahan ditunjukkan dengan regangan yang terjadi pada material ketika dilakukan uji tarik.

Sifat mekanik yang dilihat pada penelitian ini adalah kuat tarik dan regangan. Karakterisasi sifat mekanik dapat dilakukan melalui uji tarik. Uji tarik merupakan salah satu uji *stress-strain* mekanik yang bertujuan mengetahui kekuatan benda terhadap gaya tarikan. Kekuatan tarik adalah tegangan yang dibutuhkan untuk mematahkan suatu sampel atau regangan maksimal yang dapat diterima sampel sebelum putus.

Perubahan panjang atau perpanjangan (*elongation*) dari sebuah benda yang mengalami tegangan tarik disebut dengan regangan tarik (*tensile strain*)^[13].

METODE PENELITIAN

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 analisis elektrolit padat kitosan adalah uji konduktivitas dengan peralatan LCR meter, uji mekanik yang dilakukan dengan uji tarik, dan mikrostruktur menggunakan mikroskop optik.

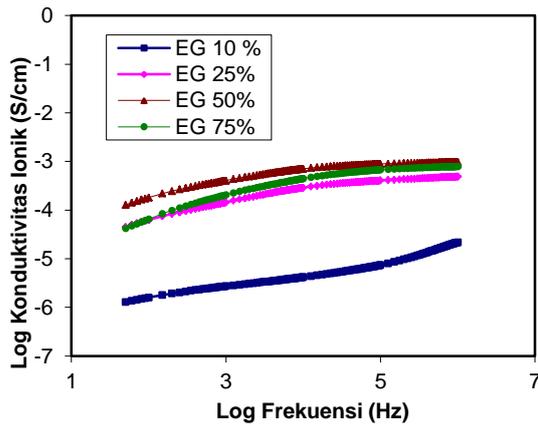
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. *Film* Kitosan 4%-LiClO₄ 40%-Montmorillonit 5%-Etilen Glikol

a) Konduktivitas Ionik

Pengukuran konduktivitas ionik dilakukan dengan menggunakan LCR meter. Nilai konduktivitas ionik *film* diukur dengan frekuensi antara 50 Hz - 1 MHz dengan tegangan 1 Volt ditunjukkan pada Gambar 1



Gambar 1. Hasil Uji Konduktivitas Ionik *Film* Kitosan 4%-Montmorillonit 5%-LiClO₄ 40%-Variasi Etilen Glikol

Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum penambahan etilen glikol mempengaruhi konduktivitas ionik *film* yang dihasilkan. Dari Gambar 1 dapat diketahui konduktivitas ionik optimum berada pada konsentrasi etilen glikol 50%. Dari hasil ekstrapolasi memenuhi persamaan power pada Persamaan 2 sehingga diperoleh data konduktivitas ionik *film* variasi etilen glikol pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Data Konduktivitas Ionik *Film* Kitosan 4%-Montmorillonit 5%-LiClO₄ 40%-Variasi Etilen Glikol

Etilen Glikol (%)	Konduktivitas Ionik (S/cm)
10	$5,01 \times 10^{-6}$
25	$2,51 \times 10^{-4}$
50	$1,26 \times 10^{-3}$
75	$6,31 \times 10^{-4}$

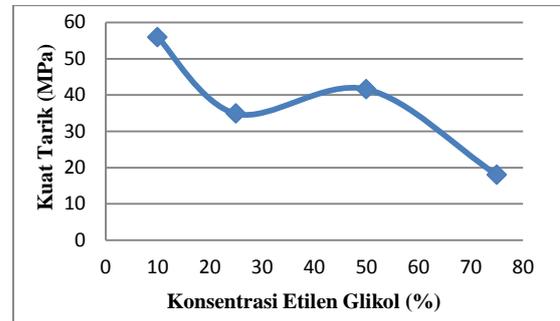
b) Sifat Mekanik

Pada penelitian ini sifat mekanik perlu diketahui sebagai tolak ukur dalam pengaplikasian *film* sebagai elektrolit padat pada baterai. Sifat mekanik yang dilihat disini adalah kuat tarik dan regangan dari *film* yang telah disintesis.

Tabel 2. Data Pengukuran Kuat Tarik dan Regangan *Film* Kitosan 4%-Monmorillonit 5%-LiClO₄ 40%-Variasi Etilen Glikol

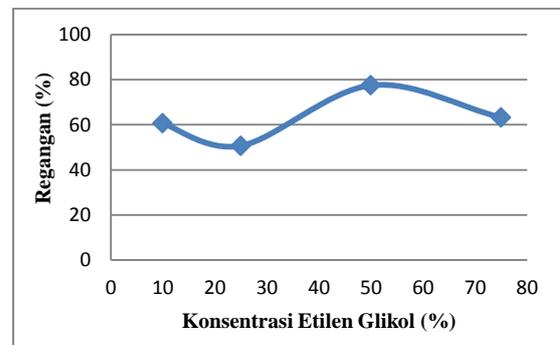
Etilen Glikol (wt%)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Kuat tarik (MPa)	Regangan (%)
10%	3	0,38	55,94	60,7
25%	3	0,33	34,84	50,7
50%	3	0,40	41,59	77,5
75%	3	0,36	17,97	63,2

Dari Tabel 2, diperoleh grafik hubungan penambahan etilen glikol dengan kuat tarik dan regangan. Secara lengkap dijelaskan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Kuat Tarik *Film* Kitosan 4%-Montmorillonit 5%-LiClO₄40%-Variasi Etilen Glikol

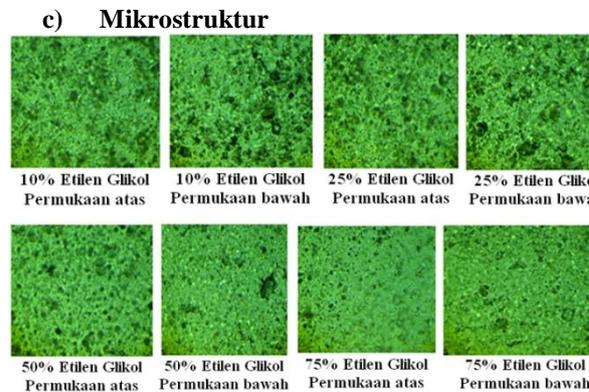
Film dengan penambahan etilen glikol 10% memiliki nilai kuat tarik sebesar 55,94 MPa dan 34,84 MPa pada penambahan dengan komposisi 25%, sementara pada penambahan etilen glikol dengan konsentrasi 50% kuat tarik mengalami sedikit kenaikan menjadi 41,59 MPa, kuat tarik kembali menurun menjadi 17,97 MPa pada penambahan etilen glikol 75%. Pengukuran kuat tarik dilakukan bersamaan dengan pengukuran regangan, regangan yang diperoleh diplot kedalam bentuk grafik, secara jelas dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3. Regangan *Film* Kitosan 4%-Montmorillonit 5%-LiClO₄ 40%-Variasi Etilen Glikol

Film yang ditambah dengan 10% etilen glikol memiliki regangan sebesar 60,7%. Penambahan etilen glikol pada komposisi 25% menyebabkan terjadi penurunan regangan, regangan *film* turun menjadi 50,7%, namun mengalami kenaikan lagi pada komposisi 50%, nilai regangan meningkat menjadi 77,5%. Sementara penambahan etilen glikol dengan konsentrasi 75% menyebabkan nilai regangan menjadi turun kembali, sehingga nilai regangan menjadi 63,2%.

Dari hasil analisis dapat diperoleh bahwa penambahan etilen glikol optimum berada pada konsentrasi 50%. Pada Konsentrasi 50% diperoleh sifat mekanik yang baik dari beberapa variasi penambahan etilen glikol.

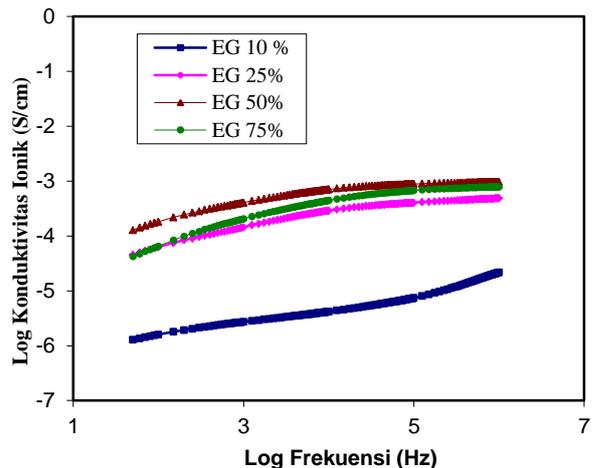


Gambar 4. Mikrostruktur *film* Kitosan 4%-LiClO₄ 40% -*Monmorillonit* 5%-Variasi Etilen Glikol

Dari Gambar 4 terlihat struktur mikro *film* setelah ditambahkan *plasticizer*. Melalui mikroskop optik terlihat struktur *film* yang telah divariasikan dengan etilen glikol, dimana penambahan etilen glikol 25% membuat struktur *film* (membran) menjadi lebih merata dan sedikit halus, pada penambahan 50% struktur *film* (membran) semakin halus permukaannya pun terlihat lebih rapi dan tidak acak-acakan. Sementara tampilan struktur yang didapat menggunakan mikroskop optik pada penambahan etilen glikol 75% jauh terlihat lebih *smooth* dengan susunan yang rapi dan lebih rapat jika dibandingkan dengan variasi etilen glikol lainnya yang konsentrasinya lebih kecil. Gambaran *film* dilihat dari permukaan bawah dan permukaan atas, partikel pada permukaan atas terlihat lebih kecil, sementara pada permukaan bawah partikelnya terlihat lebih besar.

2. *Film* kitosan 4%-LiClO₄ 40%-*Monmorillonit* 5%-Variasi Gliserol
a) Konduktivitas Ionik

Hasil pengukuran nilai konduktivitas *film* setelah penambahan gliserol sebagai *plasticizer* dengan menggunakan LCR meter ditunjukkan pada Gambar 5. Pengukuran dilakukan dengan variasi frekuensi 50Hz-1MHz pada tegangan tetap 1 V



Gambar 5. Hasil Uji Konduktivitas Ionik *Film* Kitosan4%-*Montmorillonit* 5%-LiClO₄40%-Variasi Gliserol

Dari Gambar 5 Dapat dilihat bahwa konduktivitas ionik optimum diperoleh dengan penambahan gliserol pada konsentrasi 25 %. Pada konsentrasi 25% ini memungkinkan ion-ion untuk melakukan pergerakan dengan mudah, sehingga konduktivitas yang dicapai menghasilkan nilai yang optimum. Dari hasil ekstrapolasi memenuhi Persamaan 2 maka diperoleh data konduktivitas ionik DC *film* kitosan-monmorillonit-LiClO₄ dengan variasi gliserol yang ditunjukkan pada Tabel 3 berikut

Tabel 3. Data Konduktivitas Ionik *Film* Kitosan 4%-*Montmorillonit* 5%-LiClO₄ 40%-Variasi Gliserol

Gliserol (%)	Konduktivitas Ionik (S/cm)
10	$1,12 \times 10^{-3}$
25	$2,51 \times 10^{-3}$
50	$6,31 \times 10^{-5}$
75	$1,58 \times 10^{-3}$

Dari Tabel 2 terlihat secara umum penambahan gliserol sebagai *plasticizer* mempengaruhi nilai konduktivitas *film*. Penambahan gliserol pada komposisi 10%, 25% dan 75 % memberikan nilai konduktivitas berkisar pada orde 10⁻³, *film* mengalami penurunan pada komposisi gliserol 50%, konduktivitas menurun drastis dan berada dalam orde 10⁻⁵. Sebaliknya, nilai konduktivitas mengalami kenaikan lagi setelah penambahan gliserol dengan persentase 75%. Konduktivitas meningkat menjadi 1,58 x 10⁻³. Peningkatan konduktivitas ini berhubungan dengan makin banyaknya ion dalam matriks polimer.

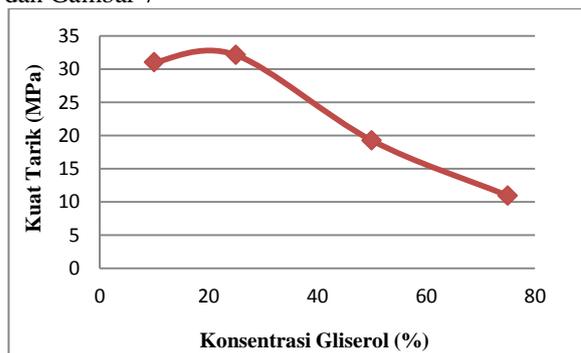
b) Sifat Mekanik

Uji karakterisasi sifat mekanik dilakukan untuk mengetahui kekuatan yang dapat dicapai sampel sebelum sampel mengalami deformasi setelah diberikan beban. Data sifat mekanik dari *film* yang disintesis dari kitosan, *monmorillonit*, LiClO_4 , dan *plasticizer* gliserol dibuat dalam Tabel 4 berikut :

Tabel 4. Data Pengukuran Kuat Tarik dan Regangan *Film* Kitosan 4%-Montmorillonit 5%- LiClO_4 40%-Variasi Gliserol

Gliserol (wt%)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Kuat Tarik (MPa)	Regangan (%)
10%	3	0,35	31,05	66,6
25%	3	0,24	32,14	69,3
50%	3	0,41	19,27	58,5
75%	3	0,15	10,94	45,7

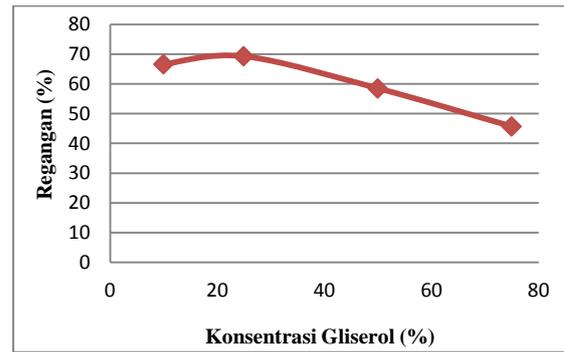
Dari Tabel 4 didapat grafik kuat tarik dan regangan yang diplot dengan konsentrasi gliserol. Grafik dapat dilihat secara lengkap pada Gambar 6 dan Gambar 7



Gambar 6. Kuat Tarik *Film* Kitosan 4%-Montmorillonit 5%- LiClO_4 40%-Variasi Gliserol

Nilai kuat tarik gliserol pada penambahan konsentrasi gliserol 10% adalah 31,05 MPa. Namun pada penambahan persentase 25% gliserol kuat tarik naik sedikit dari sebelumnya, yaitu menjadi 32,14 MPa dan terus mengalami penurunan pada penambahan gliserol dengan komposisi 50% dan 75%, masing-masing secara berurutan 19,27 MPa dan 10,94 MPa.

Regangan atau persentase pemanjangan adalah regangan pada sampel pada saat sampel putus. Besarnya pertambahan panjang yang diakibatkan oleh beban tarikan pada saat putus dapat dilihat pada Gambar 7 berikut ini:



Gambar 7. Regangan Kitosan 4%-Montmorillonit 5%- LiClO_4 40% –Variasi Gliserol

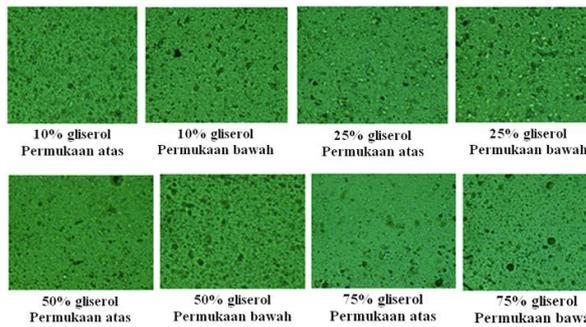
Dari Gambar 7 terlihat penambahan gliserol dengan konsentrasi 25% merupakan kondisi optimum yang dicapai oleh regangan *film*, karna menaikkan konsentrasi gliserol menjadi 50% tidak memberikan peningkatan regangan, regangan yang diperoleh bernilai 58,5% begitupun dengan penambahan konsentrasi gliserol 75%, nilai regangan terus mengalami penurunan hingga bernilai 45,7%.

Penambahan gliserol melebihi optimalitasnya menyebabkan *film* menjadi lembek sehingga mempengaruhi keelastisan *film*. Bentuk fisik *film* dengan penambahan gliserol 50% dan 75% terlihat sangat lembek dan higroskopis, hal ini mempengaruhi regangan yang dihasilkan.

Perbedaan nilai regangan yang dihasilkan dari penambahan etilen glikol dan gliserol dipengaruhi oleh komponen-komponen penyusun dari etilen glikol dan gliserol itu sendiri. Etilen glikol memiliki rumus kimia $\text{C}_2\text{H}_2(\text{OH})_2$ dan gliserol dengan rumus kimia $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$. Gliserol memiliki gugus $-\text{OH}$ lebih banyak daripada etilen glikol. Gugus $-\text{OH}$ ini bersifat polar sehingga gliserol lebih larut dalam kitosan. Penambahan *plasticizer* mampu meningkatkan jumlah ikatan hidrogen sehingga dapat mengurangi gaya intermolekul antar molekul polimer.

c) Mikrostruktur

Mutu *film* kitosan yang dihasilkan dari pencampuran monmorillonit, garam LiClO_4 , dan *plasticizer* dapat diketahui dari analisis mikrostrukturnya. Mikrostruktur sampel dilihat dengan menggunakan mikroskop optik pada perbesaran 10 x. Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Mikrostruktur *Film* Kitosan 4%-Montmorillonit 5%-LiClO₄ 40%-Variasi Gliserol

Film kitosan dengan penambahan LiClO₄, monmorillonit dan *plasticizer* terlihat banyak partikel-partikel yang tersebar pada permukaannya, permukaan *film* yang dihasilkan terlihat lebih halus, dan lebih rata serta penyebaran partikel tampak lebih rapat satu sama lain. Permukaan *film* pada bagian bawah didominasi oleh partikel-partikel berukuran lebih besar dibandingkan dengan partikel pada permukaan atas *film* yang memiliki ukuran relatif lebih kecil yang dimungkinkan karena adanya gaya gravitasi sehingga partikel-partikel yang lebih berat cenderung turun ke bawah, karena pada saat pencetakan sampel dituangkan ke dalam *petri dish*. Dari kedua jenis *plasticizer* yang digunakan gliserol menjadikan tekstur *film* yang dihasilkan terlihat lebih halus dan monmorillonit terdispersi semakin homogen jika dibandingkan dengan etilen glikol.

Berdasarkan uraian diatas maka dapat diperoleh data pengukuran konduktivitas ionik, kuat tarik dan regangan optimum *film* kitosan-montmorillonit-LiClO₄ dengan variasi *plasticizer*, baik etilen glikol maupun gliserol secara lengkap disajikan pada Tabel 9.

Tabel 5. Data Konduktivitas Ionik, Kuat Tarik dan Regangan *Film* Kitosan 4%-Monmorillonit 5%-LiClO₄ 40%-*Plasticizer*

	Kitosan 4%- Monmorillonit 5%-LiClO ₄ 40%-Etilen Glikol 50%	Kitosan 4%- Monmorillonit 5%-LiClO ₄ 40%-Gliserol 25%
Konduktivitas (S/cm)	1,26 x 10 ⁻³	2,51 x 10 ⁻³
Kuat Tarik (Mpa)	41,59	32,14
Regangan (%)	77,5	69,3

Secara umum nilai konduktivitas ionik optimum diperoleh pada penambahan gliserol sebagai

plasticizer dengan konsentrasi 25% diperoleh konduktivitas ionik sebesar 2,51 x 10⁻³ S/cm. Untuk kuat tarik dan regangan optimum diperoleh pada penambahan etilen glikol sebagai *plasticizer* pada konsentrasi 50% dengan kuat tarik sebesar 41,59 MPa dan regangan sebesar 77,5 %

B. Pembahasan

1 Konduktivitas Ionik

Nilai konduktivitas *film* kitosan yang telah dilakukan modifikasi lebih meningkat dengan nilai sampai orde 10⁻³ dibandingkan dengan *film* yang hanya dibuat menggunakan kitosan murni yaitu 3,87 x 10⁻⁷ [14]. Penambahan *plasticizer* ternyata mampu memberikan kontribusi terhadap nilai konduktivitas. Secara umum nilai konduktivitas meningkat dengan ditambahkan *plasticizer*.

Dari data yang diperoleh terlihat data konduktivitas ionik merupakan data diskrit. Sehingga diperoleh kondisi optimum penambahan *plasticizer* etilen glikol berada pada konsentrasi 50% nilai konduktivitas ionik yang diperoleh berada pada 1,26 x 10⁻³ S/cm. Sementara pada gliserol diperoleh konduktivitas optimum sebesar 2,51 x 10⁻³ S/cm pada konsentrasi 25%. Hal ini menunjukkan peningkatan konduktivitas dari penelitian sebelumnya, *film* yang dibuat dari kitosan-montmorillonit-LiClO₄ tanpa *plasticizer* dengan konduktivitas ionik sebesar 2,383 x 10⁻⁵ S/cm^[8]. Penelitian yang dilakukan oleh Pradhan^[11] menggunakan bahan kitosan-montmorillonit-NaClO₄-poli etilen glikol, kondisi optimum dicapai pada 50% konsentrasi poli etilen glikol dengan konduktivitas 2,2 x 10⁻⁶, sementara pada penelitian ini penambahan gliserol mampu diperoleh nilai konduktivitas mencapai 2,51 x 10⁻³ S/cm pada konsentrasi gliserol 25%.

Peningkatan konduktivitas ionik yang lebih tinggi menunjukkan banyaknya ion dalam matriks polimer^[14]. Proses *plasticization* polimer alam dengan menggunakan berat molekul rendah, seperti gliserol, etilen glikol, propilen karbonat, sorbitol atau lainnya, juga meningkatkan nilai konduktivitas ionik dan menurunkan kristalinitas campuran yang terbentuk^[15]. Selain mampu mempengaruhi sifat mekanik, ternyata *plasticizer* juga dapat meningkatkan nilai konduktivitas, seperti yang telah dilaporkan Pawlick^[16], gliserol memberikan nilai konduktivitas yang baik, yaitu sebesar 9,5x10⁻⁴ Scm⁻¹ pada suhu ruangan dan 2,5 x 10⁻³ Scm⁻¹ pada temperatur 80°C.

Komposisi penyusun dari bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan sampel memberikan kontribusi terhadap nilai konduktivitas ionik yang dihasilkan. Secara umum konduktivitas ionik yang dihasilkan dari penambahan gliserol lebih tinggi dibandingkan dengan konduktivitas ionik yang dihasilkan dengan penambahan etilen glikol, hal ini dimungkinkan karena adanya pengaruh yang

diberikan oleh komponen-komponen penyusun gliserol dan etilen glikol sendiri. Gliserol bersifat lebih polar dibandingkan dengan etilen glikol karena gliserol memiliki tiga gugus -OH sementara etilen glikol memiliki 2 gugus -OH (Etilen glikol memiliki rumus kimia $C_2H_2(OH)_2$ dan gliserol $C_3H_5(OH)_3$).

2 Sifat Mekanik

Dari perbandingan pada Gambar 2 dan Gambar 6 dapat dilihat bahwa sifat mekanik gliserol lebih rendah jika dibandingkan dengan sifat mekanik *film* dengan penambahan etilen glikol. Etilen glikol dan gliserol sebagai *plasticizer* secara umum menurunkan kuat tarik *film*, molekul-molekul *plasticizer* berada diantara rantai ikatan polimer dan dapat bereaksi dengan membentuk ikatan hidrogen. Ikatan ini menyebabkan berkurangnya ikatan antar polimer hal ini tentu akan mempengaruhi kekuatan tarik intermolekuler diantara rantai polimer itu sendiri. Berkurangnya kekuatan tarik intermolekuler diantara rantai polimer mengakibatkan *film* menjadi lebih fleksibel, hal tersebut dapat terlihat dari nilai regangan yang meningkat dikarenakan penambahan *plasticizer*.

Bertolak belakang dengan kuat tarik, berdasarkan teori *plasticizer* justru meningkatkan nilai regangan *film*. Penambahan *plasticizer* justru mampu meningkatkan fleksibilitas dan memberikan sifat elastis pada *film* sehingga mengurangi kerapuhan maupun keretakan yang terjadi pada *film* kitosan. Sama halnya dengan kuat tarik, regangan juga dipengaruhi oleh ikatan polimer yang berkurang karena molekul-molekul *plasticizer* di dalam larutan tersebut terletak diantara rantai ikatan biopolimer dan dapat berinteraksi dengan membentuk ikatan hidrogen dalam rantai ikatan antar polimer^[17] sehingga semakin berkurangnya interaksi antar molekul biopolimer menjadikan *film* lebih fleksibel dan mampu memiliki sifat elastis. Regangan menentukan keelastisan suatu bahan, semakin elastis suatu bahan maka molekul akan mudah bergerak, sehingga memudahkan ion-ion untuk melakukan pergerakan, karena elektrolit berfungsi sebagai media perpindahan ion-ion yang terletak di dalam sel antara anoda dan katoda.

Nilai kuat tarik yang dihasilkan dari penambahan gliserol sebagai *plasticizer* lebih rendah jika dibandingkan dengan etilen glikol. Sementara untuk regangan, secara umum etilen glikol memberikan kontribusi yang juga lebih baik dibandingkan dengan gliserol dimana pada kondisi optimum yaitu 50% konsentrasi etilen glikol, regangan yang dapat dicapai etilen glikol bernilai 77,5%. Sementara regangan gliserol hanya bernilai 69,3% untuk kondisi optimum pada 25% konsentrasi gliserol. Hal ini dapat diasumsikan

karena kemampuan gliserol untuk melakukan pengurangan kekuatan tarik intermolekuler diantara rantai polimer lebih rendah dibandingkan dengan etilen glikol. Sehingga *film* dengan penambahan etilen glikol bersifat lebih fleksibel dibandingkan dengan penambahan gliserol.

Sifat mekanik yang dihasilkan dari penambahan etilen glikol dan gliserol dipengaruhi oleh komponen-komponen penyusun dari etilen glikol dan gliserol itu sendiri. Gliserol memiliki gugus -OH lebih banyak daripada etilen glikol. Gugus -OH ini bersifat polar sehingga gliserol lebih larut dalam kitosan. Penambahan *plasticizer* mampu meningkatkan jumlah ikatan hidrogen sehingga dapat mengurangi gaya intermolekul antar molekul polimer. Peningkatan fleksibilitas film dikarenakan terjadi pengurangan kekuatan tarik intermolekuler di antara rantai polimer^[18]. Selain itu, penggunaan *plasticizer* melebihi optimalitasnya mengakibatkan sampel menjadi lebih lembek dan higroskopis.

Film dengan konsentrasi gliserol 50% dan 75% secara fisik terlihat sangat higroskopis dan lembek sekali, hal ini berbeda dengan etilen glikol yang secara fisik terlihat lebih baik sehingga lebih memudahkan dalam pengerjaan sampel. Kondisi ini mempengaruhi uji karakterisasi yang dilakukan pada *film* dengan konsentrasi 50% dan 75% gliserol, karena pada saat penjepitan sampel dilakukan tanpa standarisasi, sehingga tenaga yang diberikan operator mempengaruhi sampel. Dimungkinkan saat penjepitan sampel, tenaga yang diberikan cukup besar, sehingga sampel telah mengalami deformasi sebelum beban diberikan, sehingga sampel tidak meregang secara maksimal. Hal ini menyebabkan regangan jadi menurun dan tidak meningkat seperti di dalam teori.

3 Mikrostruktur

Film polimer elektrolit padat baterai berbasis kitosan yang diberi penambahan *plasticizer* baik etilen glikol maupun gliserol terlihat banyak partikel yang menyebar pada permukaannya. Pengamatan dilakukan pada kedua sisi permukaan *film*. Pada permukaan bawah, partikel yang terdipersi berukuran lebih besar dibanding permukaan atas *film*. Pencampuran *monmorillonit* kedalam matriks polimer kurang homogen sewaktu melakukan pengerjaan pada saat pembuatan sampel sehingga menyebabkan adanya gumpalan-gumpalan partikel yang besar pada bagian bawah *film*, *monmorillonit* mengendap pada permukaan bawah.

Mikroskop optik dilakukan untuk melihat pendistribusian *monmorillonit* di dalam *film*, pendistribusian *monmorillonit* juga memberikan kontribusi terhadap nilai konduktivitas, semakin merata penyebaran *monmorillonit* di dalam *film* maka konduktivitas yang dihasilkan akan semakin bagus. *Plasticizer* menghasilkan *film* dengan tekstur

yang terlihat lebih halus, kehalusan *film* yang dihasilkan akan memberikan pengaruh pada saat digunakan sebagai elektrolit padat untuk pengaplikasian baterai. *Film* elektrolit padat baterai berbasis kitosan yang dihasilkan dengan menggunakan gliserol lebih halus dan teksturnya terlihat lebih rata dibandingkan dengan penambahan etilen glikol. Pada penambahan etilen glikol gumpalan yang terlihat pada *film* terlihat lebih banyak daripada *film* dengan penambahan gliserol.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dalam pembuatan *film* bahan polimer elektrolit padat baterai berbasis kitosan dapat ditarik kesimpulan bahwa pada etilen glikol kondisi optimum diperoleh pada konsentrasi etilen glikol 50% dengan konduktivitas ionik sebesar $1,26 \times 10^{-3}$ S/cm, kuat tarik sebesar 41,59 MPa dan regangan 77,5%. Pada gliserol kondisi optimum diperoleh pada konsentrasi 25% dengan konduktivitas ionik sebesar $2,51 \times 10^{-3}$ 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 jenis *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. Untuk disarankan penelitian selanjutnya dapat dilakukan uji konduktivitas termal untuk mengetahui sifat termal *film* yang dihasilkan dan untuk memperoleh hasil yang lebih baik sebaiknya penelitian ini dilanjutkan dengan menggunakan pengaduk mixer dalam mencampurkan larutan agar campuran yang dihasilkan lebih homogen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Linden, D., dan Thomas, B.R. 2002. *Handbook Of Batteries*. USA: McGraw-Hill.
- [2] Hidayat, D., dan Iman, F. 2007. *Ensiklopedia IPTEK*. Jakarta: PT Lentera Permata Hijau.
- [3] Alger, M.S.M. 1990. *Polymer Science Dictionary*: Elsevier Applied Science.
- [4] Zulfikar, M. Ali., D. Wahyuningrum., dan N. Tanyela Berghuis. 2009. Pengaruh Konsentrasi Kitosan terhadap Membran Komposit Kitosan Silika untuk Sel Bahan Bakar. *Prosiding Seminar Kimia Bersama*. Bandung: Program Studi Kimia.
- [5] Sugita, Purwatiningsih., T. Wukirsari., A. Sjahriza., dan D. W Wahyono. 2009. *Kitosan Sumber Biomaterial Masa Depan*. Bogor: IPB Press.
- [6] Mohamed, N.S., Subban R.H.Y., Arof, A.K. 1995. Polymer batteries fabricated from lithium complexed acetylated chitosan. *Journal of Power Sources*, 56: 153-156.
- [7] Yulianti, E., A. Karo Karo., L. Susita., dan Sudaryanto. 2012. Synthesis of Electrolyte Polymer Based on Natural Polymer Chitosan by Ion Implantation Technique. *Procedia Chemistry* 4 (2012) 20–207. Elsevier.
- [8] Saputri, Rosiana Dwi. 2012. "Optimasi Konduktivitas Ionik Dan Kuat Tarik Bahan Polimer Elektrolit Berbasis Nanokomposit Kitosan-Montmorillonit", *Skripsi*, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, April 2012.
- [9] Vlack, Lawrence H van. 2001. *Elemen-Elemen dan Rekayasa Material Edisi ke 6*. Jakarta: Erlangga.
- [10] Fritz, James S., dan D.T. Gjerde. 2009. *Ion Chromatography*. USA: WILEY-VCH.
- [11] Pradhan, Dillip. K., R.N.P. Choudhary., dan B.K. Samantaray. 2008. Studies of Dielectric Relaxation AC Conductivity Behavior of Plasticized Polymer Nanocomposite Electrolytes. *International Journal Electrochemical Science*, 3 (2008) 597-608.
- [12] Culp, Archie W. 1991. *Prinsip-Prinsip Konversi Energi*. Jakarta: Erlangga.
- [13] Young, Hugh D., dan Freedman, Roger A. 2002. *Fisika Universitas Edisi Kesepuluh Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- [14] Sudaryanto., E. Yulianti., A. Dimayanti., dan H. Jodi. 2012. Pengembangan Elektrolit Padat Berbasis Kitosan Untuk Baterai Kendaraan Listrik. *Prosiding InSINas* 2012.
- [15] Sequeira, Cesar dan Diogo Santos. 2010. *Polymer Elektrolites Fundamentals and Applications*. New Delhi: Woodhead Publishing.
- [16] Pawlicka, A., Marins Danczuk., Wladystaw Wiczorek., dan Ewa Zygadlo-Monikowska. 2008. Influence of Type on the Properties of Polymer Electrolytes Based on Chitosan. *J. Phys. Chem. A*. 2008, 112, 8888-8895.
- [17] Purwanti, Ani. 2010. Analisis Kuat Tarik Dan Elongasi Plastik Kitosan Terplastisasi Sorbitol. *Jurnal Teknologi*, No. 2, Vol.3, hal: 99-106.
- [18] Al Awwaly, K.U., Abdul Manab., dan Esti Wahyuni. 2010. Pembuatan Edible Film Protein Whey: Kajian Rasio Protein Dan Gliserol Terhadap Sifat Fisik Dan Kimia, *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, No.1, Vol.5, hal: 45-56, ISSN: 1978 – 0303.