

PENGARUH KAOLIN TERHADAP MEMBRAN BLEND KITOSAN POLI VINIL ALKOHOL-LITIUM SEBAGAI MEMBRAN ELEKTROLIT UNTUK APLIKASI BATERAI ION LITIUM

Effects of Kaolin on Chitosan-Polyvinyl Alcohol-Lithium Blend Membrane as Electrolytes Membrane For Lithium Ion Battery Applications

* Siang Tandi Gonggo, Anang Wahid M.Diah dan Reki Lateene.

Pendidikan Kimia/FKIP - University of Tadulako, Palu - Indonesia 94118

Received 15 Desember 2016, Revised 18 Januari 2017, Accepted 20 Februari 2017

Abstract

Today, battery is the most practical and in expensive energy storage device in modern community. A variety of new materials technologies has been developed in the manufacture of the battery, especially the development of the solid electrolyte (solid). Polymer Electrolytes can be found in the polymer batteries form such as lithium ion polymer battery. A natural polymer such as chitosan is potentially as polymer electrolyte membrane for battery applications. The chitosan has amino and hydroxyl groups that allows for modification. The modification of chitosan membrane is expected to produce the better membranes characters. The aim of this research is to study the effect of addition of inorganic filler kaolin on the conductivity of the polymer electrolyte that made of chitosan-polyvinyl alcohol then was added to the lithium salt. The ionic conductivity of the polymer electrolyte chitosan-polyvinyl alcohol-lithium-kaolin was measured by using impedance spectroscopy. The measurement results showed that the polymer electrolyte chitosan-polyvinyl alcohol-lithium with the addition of 4% kaolin provide the highest ionic conductivity is large 6.551×10^{-5} S/cm. In comparison, characteristics of batteries that made from polymer electrolyte chitosan-polyvinyl alcohol-lithium with the addition of kaolin have a voltage of 2.4 volts which have similarities to the commercial batteries. This result indicates that the kaolin can be used as a filler to increase the ionic conductivity of the polymer electrolyte chitosan-polyvinyl alcohol-lithium, and then it can be developed as a battery.

Keywords: battery, chitosan, polyvinyl, alcohol, kaolin, lithium, electrolyte membrane.

Pendahuluan

Krisis energi merupakan salah satu tantangan paling berat yang dihadapi manusia dewasa ini karena semakin menipisnya cadangan sumber energi fosil, sementara kebutuhan akan energi terus mengalami peningkatan seiring dengan perkembangan aktivitas manusia. Kenyataan ini telah mendorong penelitian untuk pengembangan beragam sumber energi alternatif di berbagai negara di dunia, salah satunya adalah baterai. Prinsip kerja baterai (*accu*) sangat mirip sekali dengan sel bahan bakar dimana keduanya sama-sama mempunyai komponen utama elektroda dan elektrolit. Baterai merupakan sumber energi utama yang

paling praktis dan murah digunakan oleh masyarakat dunia saat ini. Perkembangan baru teknologi baterai telah mengarah pula pada baterai dalam bentuk yang tipis serupa kertas (*Li-ion nanocomposite paper*) (Hu, dkk., 2010).

Elektrolit polimer dapat menggantikan elektrolit cair. Jenis elektrolit cair memiliki kelemahan diantaranya rentan terhadap kebocoran dan mudah terbakar jika terkena percikan api serta bersifat beracun, sedangkan untuk elektrolit dengan bentuk padatan (solid) lebih aman, mudah dipakai, bebas dari kebocoran dan dapat dibuat dengan dimensi lebih kecil seperti lapisan tipis (Gray & Armand, 1999).

Elektrolit polimer padat *Solid Polymer Electrolyte* (SPE) tersusun atas penggabungan bahan anorganik seperti garam lithium dalam matriks polimer. Bahan-bahan ini menunjukkan

*Korespondensi:

Siang Tandi Gonggo

Program Studi Pendidikan kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Tadulako

email: Standigonggo@yahoo.com

© 2017 - Universitas Tadulako

konduktivitas ionik lebih rendah dari cairan elektrolit, namun, kurang reaktif dengan lithium, sehingga meningkatkan keamanan baterai. Bahan-bahan tersebut dapat digunakan sebagai elektrolit, separator, dan atau keduanya. Selain itu, juga menunjukkan pemenuhan dan stabilitas mekanik yang baik hingga titik leleh, serta kemampuan proses yang sangat baik untuk dibuat lembaran (membran). Polimer yang banyak dipelajari adalah polietilena oksida (PEO) sebagai matriks dengan garam-garam anorganik terlarut di dalamnya. Namun, tingginya tingkat kristalinitas PEO membatasi penggunaannya dalam baterai, dan hanya dapat digunakan pada suhu di atas titik leleh dari fase kristalin, yakni sekitar 60°C. Oleh karena itu, perlu dicari alternatif polimer lain sebagai pengganti PEO.

Ramah lingkungan juga merupakan masalah penting dalam industri baterai. Pada tahun 2004, produksi baterai ion litium di seluruh dunia adalah 700-an juta unit. Akibatnya adalah peningkatan sampah teknologi. Maka pengembangan sistem baterai baru berbasis bahan yang ramah lingkungan, tidak beracun dan tidak berbahaya menjadi sangat penting. Berdasarkan sudut pandang ini, pemanfaatan polimer terbiodegradasi seperti kitosan akan menjadi jawaban yang tepat.

Berbagai teknologi material baru terus dikembangkan dalam pembuatan baterai ini, terutama untuk pengembangan elektrolit padatan (*solid*). Polimer elektrolit banyak ditemukan dalam bentuk baterai polimer seperti baterai polimer ion litium. Baterai polimer ion litium merupakan salah satu baterai yang paling dibutuhkan, karena dapat diisi ulang, ringan, tahan lama, aman penggunaannya dan mudah diolah dalam berbagai bentuk. Penggunaannya terutama untuk peralatan-peralatan portable seperti kamera, laptop, handphone dan sebagainya. Baterai polimer ion litium itu sendiri terbuat dari ion litium yang di holding ke polimer elektrolit. Matriks pengisi yang digunakan dalam pembuatan baterai polimer ion litium umumnya adalah polimer sintetik (Ahmad, dkk., 2009).

Polimer alam seperti kitosan cukup berpotensi dalam aplikasi membran polimer elektrolit seperti baterai. Kitosan mudah didapat, dan memiliki stabilitas termal yang tinggi, namun modifikasi pada bahan tersebut

perlu dilakukan agar menghasilkan material yang bermuatan sehingga dapat digunakan sebagai membran polimer elektrolit. Kitosan memiliki gugus amino dan gugus hidroksil yang memungkinkan untuk dimodifikasi. Modifikasi membran kitosan diharapkan dapat menghasilkan membran dengan karakter yang lebih baik seperti peningkatan kestabilan membran (Jin, dkk., 2004), memperkecil ukuran pori-pori membran sehingga pemisahan molekul-molekul atau rejeksi makromolekul dari suatu larutan oleh membran lebih efektif (Wang, dkk., 2001).

Membran kitosan yang dibuat dalam penelitian ini akan dimodifikasi dengan penambahan bahan pembentuk struktur semi interpenetrating polymer network (semi-IPN) yaitu poli (vinil alkohol) (PVA) karena sifat mekaniknya yang baik (Hasan & Peppas, 2000). Kajian mengenai konduktivitas ion pada elektrolit polimer dengan kitosan dan litium dapat mencapai 10^{-5} S cm⁻¹, disisi lain diperoleh kombinasi dari 40% b/v kitosan dan 60% b/v PVA mampu membentuk film yang kokoh, namun memiliki kristalinitas yang rendah (Zang, dkk., 2007). Konduktivitas pada kitosan berasal dari pergerakan ion garam, dimana keadaan pergerakan ini selanjutnya dapat diperbaiki dengan adanya penambahan Plasticizer (Yahya & Arof, 2003). Rendahnya konduktivitas kitosan dikarenakan sedikitnya jumlah proton yang terdapat pada gugus-gugus pembentuk unsur kitosan (Smitha, dkk., 2003). Selain itu, penambahan PVA dalam penelitian ini dimaksudkan untuk meningkatkan kekuatan membran kitosan. Namun, polimer elektrolit yang mengandung garam litium cenderung akan mengkristal pada suhu kamar. Oleh karena itu, salah satu usaha yang dapat dilakukan adalah dengan menambahkan zat aditif yang dapat mengurangi potensi tersebut. Salah satunya dengan menggunakan filler. Filler yang telah dikembangkan saat ini untuk mengurangi material yang bersifat beracun dan berbahaya (*non biodegradable*) ialah filler yang berasal dari alam (*biodegradable*) salah satunya adalah kaolin.

Kaolin merupakan bahan galian yang berada di area perbukitan, jumlah produksinya cukup banyak. Kaolin banyak dipakai sebagai bahan pembuatan produk dalam berbagai industri, secara umum digunakan pada kertas,

keramik, karet, plastik, tinta putih, lem perekat, insektisida, obat-obatan, semen, pupuk, bahan pemutih, kosmetika, pasta gigi dan tekstil. Sebagai penguat pada thermoplastik dan thermoset akan memberikan sifat permukaan halus, produk lebih atraktif, dimensi lebih stabil, dan mempunyai ketahanan yang sangat tinggi terhadap pengaruh kimia. Selain itu, kaolin dapat dikembangkan sebagai filler anorganik alami. Kaolin diketahui memiliki pengaruh dalam meningkatkan konduktivitas ionik dari komposit polimer elektrolit dan garam litium. Berdasarkan hal tersebut pada penelitian ini akan dilihat bagaimana pengaruh filler anorganik alami (kaolin) terhadap konduktivitas membran padat yang dihasilkan dari komposit polimer kitosan-PVA-LiClO₄.

Metode

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam pembuatan membran adalah neraca analitik, cawan petri, pinset, spatula, oven, cawan petri, dan alat-alat gelas (gelas kimia, gelas ukur, pipet tetes, labu ukur, erlenmeyer), aluminium foil, *hot magnetic stirrer* (Yamato) (kecepatan 400-1500 rpm), dan wadah kaca dengan ukuran 35 x 35 x 3 cm. Alat yang digunakan untuk analisis gugus fungsi *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan spektroskopi impedansi. Alat yang digunakan untuk mengukur tegangan adalah multimeter 410. Bahan-bahan yang digunakan adalah kitosan, padatan PVA (polivinil alkohol), LiClO₄ dan padatan kaolin, larutan asam asetat glasial dan aquades.

Cara Kerja

Pembuatan Arang Eceng Gondok

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu pembuatan membran elektrolit kitosan-polivinil-litium dengan penambahan kaolin, karakterisasi membran elektrolit melalui FTIR dan spektroskopi impedansi, dan uji perbandingan voltase antara membran elektrolit dengan baterai komersial.

Komposisi litium yang digunakan dalam pembuatan membran elektrolit adalah sebesar 2%. Hal ini mengacu pada Razak (2008) yang menggunakan kitosan dan polivinil alkohol dalam pembuatan membran dengan penambahan garam LiCF₃SO₃ dengan menggunakan variasi persen berat 5% - 50%, dan diperoleh persen berat optimum LiCF₃SO₃

sebesar 45% atau setara dengan persen berat ion litium sebesar 2%. Pembuatan membran dalam tahap ini dengan komposisi kitosan-PVA-litium 2%. Mula-mula melarutkan kitosan sebanyak 40% berat dengan menggunakan asam asetat 1% sebanyak 50 mL, lalu diaduk dengan menggunakan magnetik stirrer. Setelah itu melarutkan polivinil alkohol sebanyak 60% berat dengan menggunakan aquades sebanyak 30 mL (Yahya & Arof, 2003) Setelah keduanya larut, selanjutnya menyaring dan mencampurkan kedua larutan tersebut dan mengaduknya kembali hingga campuran tersebut homogen. Setelah itu, menambahkan larutan ion litium 2% (w/w) ke dalam campuran tersebut selanjutnya menghomogenkannya kembali. Kemudian menambahkan kaolin sebanyak 1% (w/w) ke dalam campuran tersebut, lalu menghomogenkannya kembali. Setelah homogen, campuran dalam cawan petri pada tahap diatas kemudian dioven selama 2 jam pada suhu 75°C, lalu dikeringkan pada suhu kamar selama 2 minggu. Penambahan kaolin divariasikan komposisinya yaitu : 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% (Ghufira, dkk., 2012). Membran elektrolit yang disintesis dari kitosan, PVA, LiClO₄, dan kaolin dengan variasi konsentrasi 1, 2, 3, 4, dan 5% (w/w), selanjutnya disimbol membran kit-PVA-Li-Kaolin-1, kit-PVA-Li-Kaolin-2, kit-PVA-Li-Kaolin-3, kit-PVA-Li-Kaolin-4, dan kit-PVA-Li-Kaolin-5. Karakterisasi yang dilakukan terhadap membran adalah analisis gugus fungsi, uji konduktivitas, uji kinerja terhadap baterai litium.

Analisis gugus fungsi

Analisis gugus fungsi ditentukan menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared*). FTIR yang digunakan dalam karakterisasi ini menggunakan FTIR Prestige 21 Shimadzu, dimana dalam hal ini sampel membran digerus bersama zat KBr bebas air hingga homogen dan dibuat pelet dengan melakukan pressure setara 10 ton. Kemudian dirunning dengan FTIR.

Uji konduktivitas

Konduktivitas membran ditentukan menggunakan spektroskopi impedansi merek Egilent 4980A. Spektroskopi impedansi adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur sifat bahan yang meliputi induktansi, kapasistansi dan konduktansi terhadap fungsi frekuensi. Hasil pembacaan spektroskopi impedansi digambarkan dalam impedansi atau hambatan

suatu arus listrik dari sampel yang diukur.

Pengukuran konduktivitas dilakukan pada kondisi kering. Nilai konduktivitas membran dapat dihitung berdasarkan konfigurasi elektroda, dalam penelitian ini menggunakan rumus :

$$\sigma = \frac{\sqrt{(1,5)^2 + (l)^2}}{R \times l \times 0,4}$$

dimana σ = konduktivitas, S/cm atau Ω^{-1} . cm^{-1} ; l = jarak antar elektroda, cm dan R = Tahanan (Ω)

Pengujian voltase membran elektrolit kitosan-PVA-Litium-kaolin, dilakukan pembuatan baterai mengacu Subban, dkk (1996), pada polimer elektrolit, dimana teknik pembuatan baterai yang dilakukan adalah dengan memotong bahan polimer elektrolit kitosan-PVA-litium-kaolin menjadi ukuran 5 x 4 cm, yang selanjutnya diletakkan diantara katoda dan anoda. Elektroda yang digunakan dalam pembuatan baterai ini yakni Zink dan Karbon (grafit), dimana Zink bertindak sebagai katoda dan karbon (grafit) bertindak sebagai anoda.

Baterai yang dibuat dari polimer elektrolit diukur dengan menggunakan multimeter digital tipe 410. Baterai komersial yang digunakan dalam pengukuran ini menggunakan baterai merk Panasonic sebanyak 1 buah. Pengukuran baterai polimer elektrolit dilakukan dengan mengukur voltase baterai polimer elektrolit pada komposisi penambahan kaolin 1% - 5%, lalu dibandingkan dengan voltase pada baterai komersial tersebut (Mohamed, dkk., 1995).

Hasil dan Pembahasan

Membran Kitosan Termodifikasi

Membran elektrolit yang disintesis dari kitosan, PVA, $LiClO_4$, dan kaolin dengan variasi konsentrasi 1, 2, 3, 4, dan 5% (w/w), kemudian dilakukan pengukuran ketebalannya dengan mikrometer sekrup 410.

Hasil pengukuran ketebalan membran sintesis kitosan-PVA-Litium-Kaolin ditunjukkan pada Tabel 1.

Kitosan memiliki gugus amino dan gugus hidroksil yang memungkinkan untuk dimodifikasi. Modifikasi membran kitosan diharapkan dapat menghasilkan membran dengan karakter yang lebih baik seperti peningkatan kestabilan membran (Jin, dkk.,

Tabel 1 Data Ketebalan Membran Blend PVA-Kitosan-Litium-Kaolin

Membran	Ketebalan (d) (mm)			
	d1	d2	d3	d _{rata-rata}
Kit-PVA-Li-Kaolin-1	0,14	0,13	0,12	0,13
Kit-PVA-Li-Kaolin-2	0,12	0,12	0,12	0,12
Kit-PVA-Li-Kaolin-3	0,17	0,18	0,16	0,17
Kit-PVA-Li-Kaolin-4	0,18	0,19	0,17	0,18
Kit-PVA-Li-Kaolin-5	0,14	0,15	0,17	0,15

2004), memperkecil ukuran pori-pori membran sehingga pemisahan molekul-molekul atau rejeksi makromolekul dari suatu larutan oleh membran lebih efektif (Wang, dkk., 2001). Membran kitosan yang dibuat dalam penelitian ini dimodifikasi dengan penambahan bahan pembentuk struktur semi-IPN yaitu polivinil alkohol (PVA) karena sifat mekaniknya yang baik (Hasan & Peppas, 2000), dengan menggunakan perbandingan persen berat 40% : 60% (Zang, dkk., 2007).

Membran kitosan termodifikasi PVA masih mempunyai pori-pori yang asimetris. Oleh karena itu, diperlukan penambahan litium sebagai bahan untuk meningkatkan konduktivitas ionik pada kitosan yang berasal dari pergerakan ion-ionnya dan membuat penyebaran pori-pori yang merata pada membran kitosan-PVA-litium. Semakin banyak litium yang ditambahkan, maka semakin banyak pula pemerataan pori-pori yang terbentuk pada membran. Komposisi litium yang digunakan dalam pembuatan membran elektrolit adalah sebesar 2%. Hal ini mengacu pada Razak (2008) yang menggunakan kitosan dan polivinil alkohol dalam pembuatan membran dengan penambahan garam $LiCF_3SO_3$ dengan menggunakan variasi persen berat 5% - 50%, dan diperoleh persen berat optimum $LiCF_3SO_3$ sebesar 45% atau setara dengan persen berat ion litium sebesar 2%.

Penelitian tentang polimer elektrolit yang dicampurkan dengan garam alkali dilaporkan pertama kali oleh Jingyu., dkk. (2004), dan polimer elektrolit tersebut dapat meningkatkan konduktivitas ionik pada temperatur 65°C. Walaupun telah terbukti dapat meningkatkan konduktivitas ionik, polimer elektrolit yang mengandung garam litium tersebut cenderung akan mengkristal pada suhu kamar. Oleh karena itu, salah satu usaha yang dapat dilakukan

adalah dengan menambahkan zat aditif yang dapat mengurangi potensi tersebut. Salah satunya dengan menggunakan filler. Filler yang telah dikembangkan saat ini untuk mengurangi material yang bersifat beracun dan berbahaya karena non biodegradable ialah filler yang berasal dari alam yang sifatnya biodegradable. Filler yang dapat dikembangkan dari kekayaan alam adalah kaolin. Pembuatan membran elektrolit di sini menggunakan komposisi kaolin yang bervariasi yaitu 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5%. Hal ini dilakukan adalah untuk melihat pengaruh peningkatan konduktivitas ionik dari komposit polimer elektrolit dan garam litium berdasarkan perbedaan komposisi kaolin. Polimer elektrolit kitosan-PVA-litium dengan filler kaolin tidak terlarut di dalam campuran melainkan hanya terdispersi secara merata pada permukaan membran elektrolit.

Analisis Gugus Fungsi

Hasil analisis gugus fungsi dengan FTIR menghasilkan spektrum pada Gambar 1, 2, 3, 4, dan 5, sedangkan hasil analisis Spektroskopi Impedansi pada kelima membran dihasilkan kurva yang disajikan pada Gambar 6.

FTIR dalam analisis membran elektrolit berupa campuran dari kitosan-polivinil alkohol-litium-kaolin digunakan untuk memastikan bahwa kaolin telah terdistribusi kedalam membran yang ditandai dengan munculnya pita serapan yang spesifik. FTIR dalam analisis ini menunjukkan pita-pita absorpsi yang beragam. Hal ini dapat dilihat melalui spektra infra merah dengan komposisi penambahan kaolin 1% hingga 5% (Lihat Gambar 1-5). Selain itu, serapan yang lebar dan pergeseran pita serapan gugus -OH disebabkan adanya tumpang tindih dengan gugus NH_2 dari amina dan menunjukkan adanya ikatan hidrogen intermolekul dan intramolekul yang terbentuk dalam molekul-molekul yang mengandung gugus hidroksi ataupun gugus NH_2 tersebut, dimana gugus hidroksi ini berasal dari senyawa polivinil alkohol dan gugus NH_2 berasal dari senyawa kitosan (Paradossi, dkk., 1996).

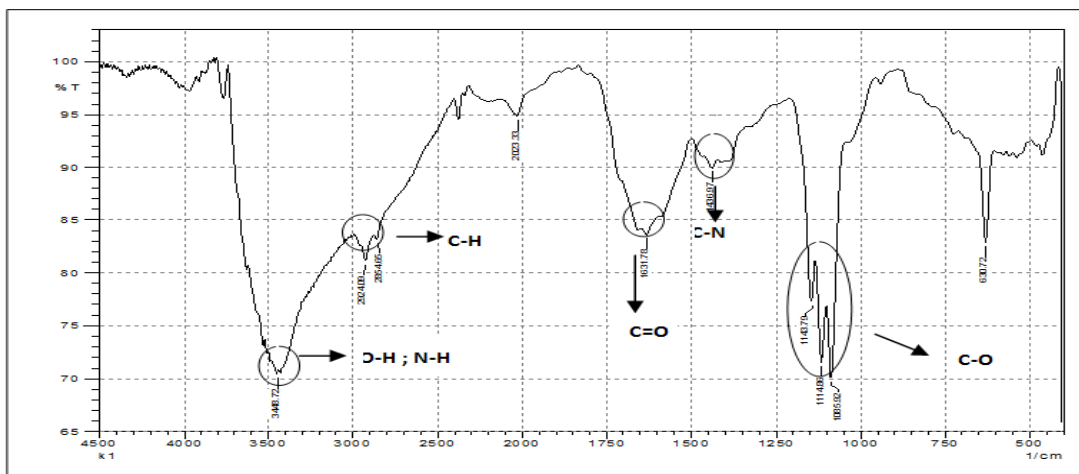
Pita lemah yang tajam pada penambahan kaolin 1% - 5% terletak di daerah serapan 2800 - 3000 cm^{-1} . Hal ini disebabkan adanya gugus C-H dengan atom karbon tak jenuh yang menunjukkan bahwa pada kelima sampel senyawa tersebut terdapat gugus alkil. Absorpsi

gugus tunggal C-H relatif lemah, akan tetapi jika suatu senyawa memiliki banyak ikatan C-H, maka efek gabungan absorpsi C-H ini akan menghasilkan suatu puncak yang bersifat medium atau bahkan kuat.

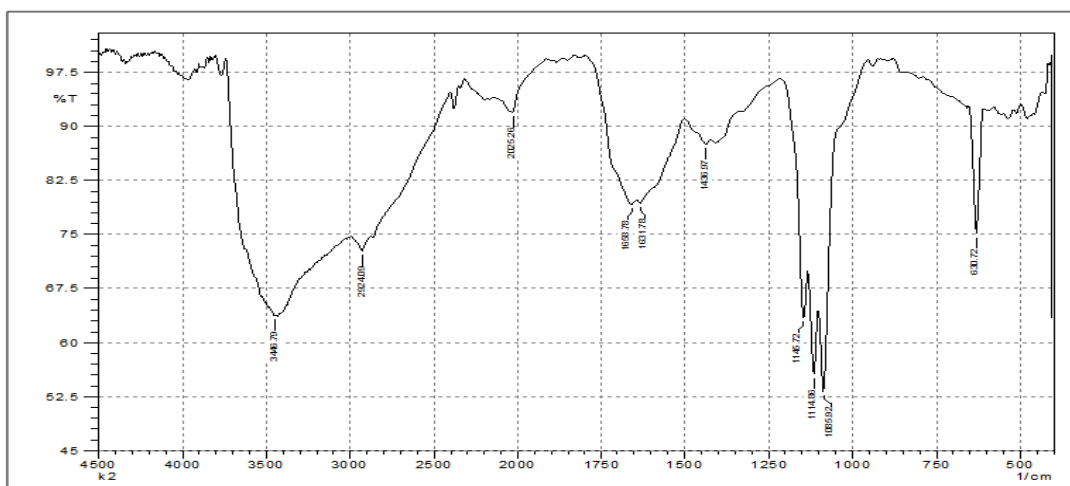
Pita serapan khas kitosan ditunjukkan pada bilangan gelombang 1600 - 1800 cm^{-1} yang merupakan vibrasi ulur C=O, dimana pada bilangan gelombang ini terjadi ikatan silang antara polivinil alkohol dan kitosan (Paradossi, dkk., 1996). Berdasarkan Rahmi dan Julinawati (2009) pita serapan yang ditunjukkan pada analisis membran kitosan murni (Rahmi dan Julinawati, 2009) tidak jauh berbeda dengan analisis membran termodifikasi. Perbedaan membran termodifikasi dengan membran kitosan murni terjadi pada daerah serapan untuk ikatan C=O karbonil, transmitan yang dimiliki lebih tinggi yaitu dari 41% menjadi 84% (Lihat Gambar 1). Gugus karbonil pada bilangan gelombang 1600 - 1800 merupakan sisa kitin yang tidak terdeasetilasi sehingga pengaruh ikat silang antara kitosan dan polivinil alkohol meningkatkan % transmitan untuk gugus karbonil tersebut. Selain itu kitin yang tidak terdeasetilasi juga berpengaruh terhadap % transmitan gugus OH juga menjadi lebih tinggi. Pita serapan antara 1400 cm^{-1} - 1450 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi ulur C-N amina alifatik.

Spektrum FTIR pada senyawa kaolin menunjukkan pita serapan yang tajam pada daerah sidik jari yaitu pada bilangan gelombang 600 cm^{-1} - 1250 cm^{-1} . Peningkatan konsentrasi kaolin turut mempengaruhi bertambahnya pita serapan. Hal ini terindikasi khususnya pada penambahan berat kaolin sebesar 5% yang menunjukkan pita serapan pada bilangan gelombang 1247 cm^{-1} . Selain itu, pita serapan yang tampak pada daerah sidik jari juga turut dipengaruhi oleh komposisi kaolin ($2\text{H}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$). Pengaruh komposisi kaolin (Si-O-Si) mempengaruhi munculnya pita serapan pada bilangan gelombang antara 1000 cm^{-1} - 1250 cm^{-1} dan getaran Al-OH pada bilangan gelombang 630 cm^{-1} .

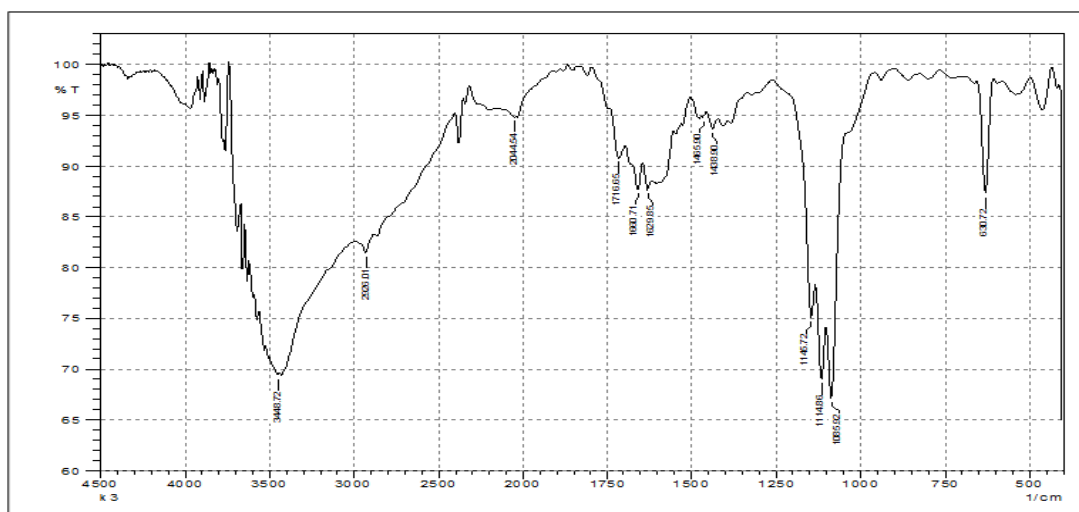
Penambahan ion litium menunjukkan adanya pita serapan lemah pada bilangan gelombang sekitar 2000 cm^{-1} . Pita serapan ini mengkonfirmasi terjadinya interaksi antara ion litium dengan kaolin. Selain itu, mengacu Razak (2008), ion litium juga berinteraksi



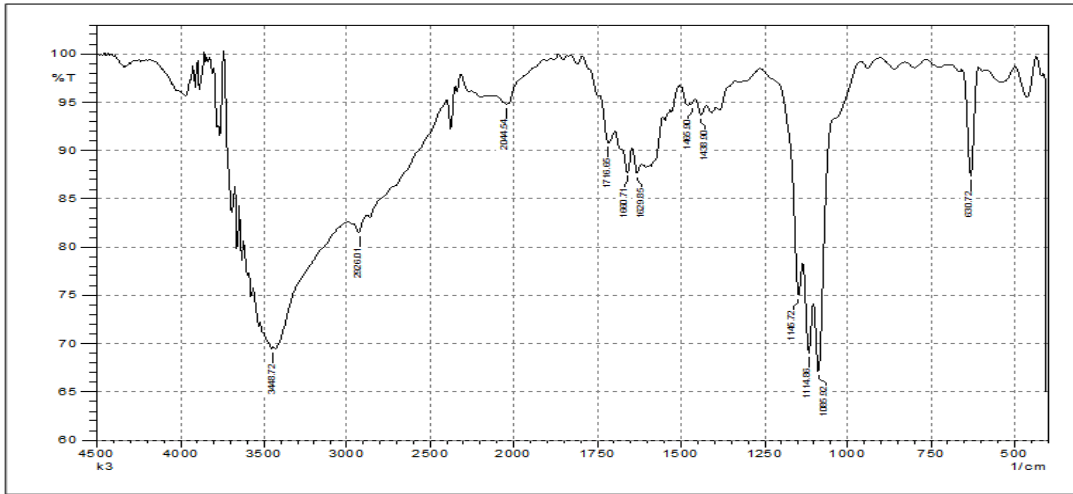
Gambar 1 Spektrum FTIR membran elektrolit Kit-PVA-Li-Kaolin-1



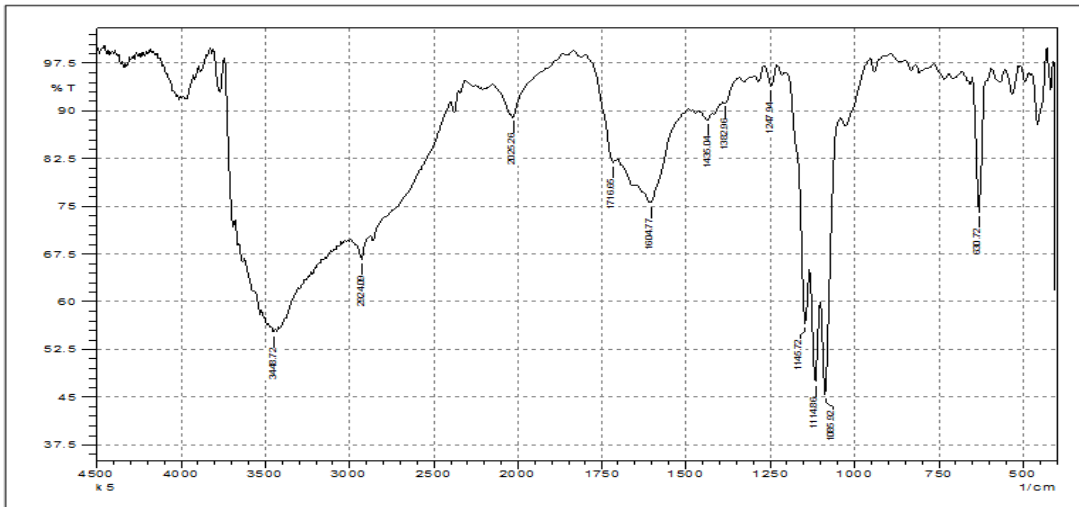
Gambar 2 Spektrum FTIR membran elektrolit Kit-PVA-Li-Kaolin-2



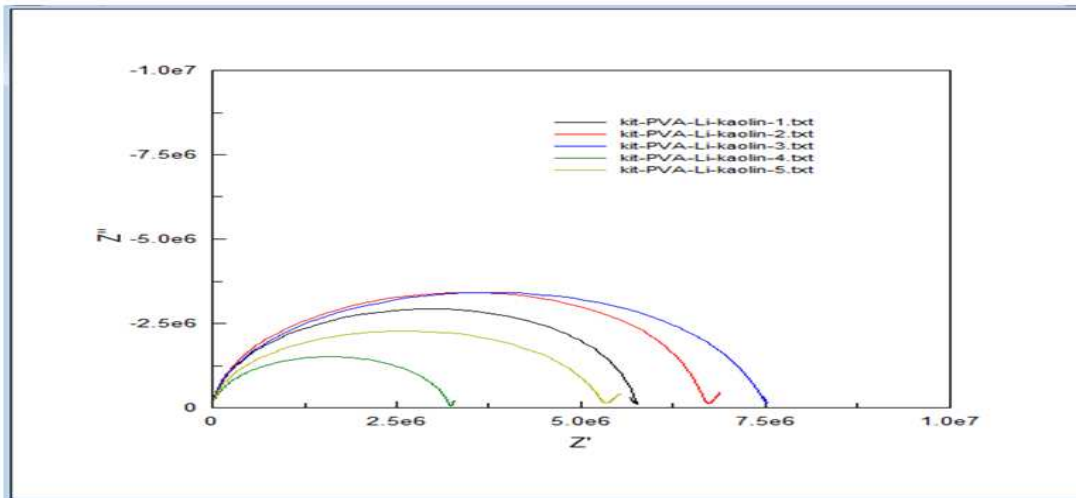
Gambar 3 Spektrum FTIR membran elektrolit Kit-PVA-Li-Kaolin-3



Gambar 4 Spektrum FTIR membran elektrolit Kit-PVA-Li-Kaolin-4



Gambar 5 Spektrum FTIR membran elektrolit Kit-PVA-Li-Kaolin-5



Gambar 6 Kurva impedansi membran kitosan-PVA-litium pada penambahan kaolin 1-5%.

dengan gugus OH yang berasal dari polivinil alkohol dan gugus amina dari kitosan yang menyebabkan terjadinya pengkelatan logam litium tersebut. Dalam hal ini, oksigen dan nitrogen yang memiliki pasangan elektron bebas akan menyumbangkan pasangan elektronnya kepada litium untuk membentuk suatu ikatan kovalen koordinasi dengan oksigen dan nitrogen.

Uji Konduktivitas

Hasil pengolahan data nilai konduktivitas disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Data Konduktivitas Membran Elektrolit Kit-PVA-Li-Kaolin

No	Membran Elektrolit	R (ohm)	Konduktivitas
1	Kit-PVA-Li-Kaolin-1	$5,719 \times 10^6$	$5,004 \times 10^{-5}$ S/cm
2	Kit-PVA-Li-Kaolin-2	$6,708 \times 10^6$	$4,659 \times 10^{-5}$ S/cm
3	Kit-PVA-Li-Kaolin-3	$7,335 \times 10^6$	$3,007 \times 10^{-5}$ S/cm
4	Kit-PVA-Li-Kaolin-4	$3,180 \times 10^6$	$6,551 \times 10^{-5}$ S/cm
5	Kit-PVA-Li-Kaolin-5	$5,181 \times 10^6$	$4,826 \times 10^{-5}$ S/cm

Hasil pengukuran dengan menggunakan spektroskopi impedansi diperoleh membran polimer elektrolit yang memiliki konduktivitas yang beragam (Lihat Tabel 2). Nilai konduktivitas tertinggi adalah pada komposisi membran polimer elektrolit dengan penambahan kaolin 4% (w/w) sebesar . Pada penambahan kaolin 1% - 3% (w/w) nilai konduktivitas mengalami penurunan secara berturut-turut yaitu $5,044 \times 10^{-5}$ S/cm, $4,659 \times 10^{-5}$ S/cm, $3,007 \times 10^{-5}$ S/cm. Hal serupa juga terjadi pada penambahan kaolin 5% (w/w), nilai konduktivitas membran yang dihasilkan sebesar $4,826 \times 10^{-5}$ S/cm dimana sebelumnya mengalami kenaikan nilai konduktivitas pada penambahan kaolin 4% (w/w) yaitu sebesar $6,551 \times 10^{-5}$ S/cm. Diduga hal ini disebabkan oleh penurunan difusi elektron. Hal ini mengacu pada Osman., dkk (2001) pada penambahan filler yang terus-menerus sampai dengan konsentrasi tertentu akan menurunkan difusi elektron didalam polimer. Penurunan difusi elektron akan mempengaruhi interaksi kolom antara material pembawa (kaolin) dengan sisi-sisi polimer, dimana semakin besar konsentrasi kaolin mengurangi ruang gerak polimer elektrolit untuk menghantarkan elektron.

Majid dan Arof (2005) menyatakan bahwa jumlah ion yang terlalu tinggi dapat

menyebabkan mobilitas ion menjadi menurun, karena terjadi kepadatan ion. Majid dan Arof (2007) menyampaikan bahwa jarak antara ion-ion suatu polimer tidak boleh terlalu dekat karena dapat terjadi penggabungan ion dan membentuk suatu senyawa netral yang tidak memberikan kontribusi terhadap konduktivitas.

Sementara untuk penambahan kaolin yang mengalami peningkatan pada 4% (w/w) dipengaruhi oleh ion-ion dalam membran. Adanya gugus OH dari polivinil alkohol dan gugus NH_2 dari kitosan dapat menyebabkan membran polimer elektrolit memiliki hantaran yang baik. Gugus-gugus ini juga dapat membentuk ikatan kovalen koordinasi dengan ion litium melalui pasangan elektron bebasnya, sehingga dapat meningkatkan nilai konduktivitas. Selain itu, peningkatan konduktivitas juga dipengaruhi oleh adanya ion litium. Hal ini dikarenakan litium merupakan unsur logam paling ringan dan memiliki potensial redoks sangat rendah [$E(\text{Li}^+/\text{Li}) = -3,04$ V), yang memungkinkan sel memiliki tegangan tinggi dan densitas energi besar. Ion Li^+ juga memiliki jari-jari ion kecil yang menguntungkan untuk difusi dalam padatan membran polimer elektrolit (Ghufira., dkk. 2012).

Berdasarkan data konduktivitas yang diperoleh tersebut diatas maka membran polimer elektrolit telah memenuhi standar untuk dijadikan suatu baterai. Hal ini mengacu pada pendapat Linden (2002) bahwa standar konduktivitas suatu membran polimer yang diaplikasikan dalam suatu baterai adalah 10^{-7} S/cm– 10^{-3} S/cm.

Uji Kinerja Membran Elektrolit Kit-PVA-Litium-Kaolin dengan Baterai Komersial

Hasil pengujian voltase antara baterai berbahan dasar polimer elektrolit dengan baterai komersial disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Data Voltase Membran Elektrolit

No	Membran elektrolit	Voltase (Volt)
1	Kit-PVA-Li-kaolin-1	2,3
2	Kit-PVA-Li-kaolin-2	2,2
3	Kit-PVA-Li-kaolin-3	2,1
4	Kit-PVA-Li-kaolin-4	2,4
5	Kit-PVA-Li-kaolin-5	2,1
6	Baterai Komersial merk Panasonic	2,4

Baterai yang dibuat dari polimer elektrolit kitosan-polivinil alkohol-litium dengan penambahan kaolin 4% (w/w), memiliki nilai konduktivitas tertinggi (Lihat Tabel 4.3). Pengujian voltase dilakukan pada rangkaian terbuka, dimana pada baterai berbahan dasar polimer elektrolit dengan penambahan kaolin 1% - 3% (w/w) memiliki nilai voltase yang cenderung menurun seiring dengan penambahan kaolin. Dimana voltase mengalami penurunan berturut-turut sebesar 2,3 V, 2,2 V, 2,1 V. Peningkatan nilai voltase pada penambahan kaolin 4% (w/w) sesuai dengan nilai konduktivitas yang mengalami peningkatan menjadi $6,551 \times 10^{-5}$ S/m. Sementara pembuatan baterai masih dilakukan secara manual sehingga kerapatan polimer elektrolit baterai yang diperoleh juga masih belum baik. Linden (2002) menyampaikan bahwa desain dari baterai dapat mempengaruhi nilai dari tegangan serta arus baterai. Tetapi baterai dengan polimer elektrolit memiliki kelebihan, yaitu bersifat ramah lingkungan dan fleksibel.

Nilai tegangan yang dimiliki baterai berbahan dasar polimer elektrolit tidak terlalu berbeda jauh dengan nilai tegangan yang dimiliki oleh baterai komersial yaitu sebesar 2,4 volt (Lihat Tabel 3). Berdasarkan karakteristik ini baterai berbahan dasar polimer elektrolit dapat diaplikasikan dengan nilai yang bersaing sebagai baterai. Baterai berbahan dasar polimer elektrolit yang ditambahkan dengan garam litium memiliki mekanisme kerja, dimana ketika anoda dan katoda terhubung maka elektron akan mengalir dari anoda menuju katoda melalui sirkuit luar. Pada kondisi ini listrik pun akan mulai mengalir. Di bagian dalam baterai terjadi sebuah proses pelepasan ion litium pada anoda, kemudian ion tersebut akan berpindah menuju katoda melalui elektrolit.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan yaitu hasil analisis dengan menggunakan spektroskopi impedansi menunjukkan bahwa nilai konduktivitas tertinggi dicapai pada penambahan kaolin 4% (w/w) terhadap polimer elektrolit kitosan-PVA-litium yaitu sebesar $6,551 \times 10^{-5}$ S/cm dan nilai voltase tertinggi

baterai berbahan dasar polimer elektrolit diperoleh sebesar 2,4 Volt untuk penambahan kaolin 4% (w/w) terhadap polimer elektrolit kitosan-PVA-litium yaitu suatu nilai yang sama dengan nilai voltase baterai komersial sebesar 2,4 Volt.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis berikan kepada laboran Laboratorium Kimia FKIP Universitas Tadulako dan laboran Kimia Fisik Institut Pertanian Bandung yang banyak membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

Referensi

- Ahmad, A., Rahman, M. Y. A., Noor, S. A. M., & Bakar, M. R. A. (2009). Preparation and characterization of PVC-Al₂O₃- LiClO₄ composite polymer electrolyte. *Journal of Sains Malaysia*, 38, 483-487.
- Ghufira, Yudha, S. P., Angga, E., & Ariesta, J. (2012). Electrochemistry study on PVC-LiClO₄ polymer electrolyte supported by bengkulu natural bentonite for lithium battery. *International Journal of Science and Tecnology*, 1, 26-29.
- Gray, F., & Armand, M. (1999). *Polymer electrolytes*. In J. O & Besenhard (Eds.), *Handbook of Battery Materials*: New York: Wilcy-VCH.
- Hasan, C. M., & Peppas, N. A. (2000). Structure and application of poli(vinyl alcohol) hidrogel produced by conventional crosslinking or by freezing/thawing methodes. *Advan Polym Sci*, 153, 37-38.
- Hu, L., Wu, H., Mantia, F. L., Yang, Y., & Cui, Y. (2010). Thin, flexible secondary Li-ion paper batteries. *American Society* . 4(10), 5843-5848.
- Jin, J., Song, M., & Hourston, D. J. (2004). Novel chitosan-based films cross-linking by genipin with improved physical properties. *Biomacromol*, 5, 162-168.
- Jingyu, X., Xiaobin, H., & Xiaozhen, T. (2004). Effect of organic-inorganic hybrid P123-em-SBA15 on lithium transport properties

- of composite polymer electrolyte. *Chinese Science Bulletin.*, 49, 2129-2133.
- Linden, D. (2002). *Primary batteries-introduction handbook of batteries 3Ed (pp. 164-200)*: USA: The McGraw-Hill Companies.'
- Majid, S. R., & Arof, A. K. (2005). Proton-conducting polymer electrolyte film based on chitosan acetat complexed with NH_4NO_3 . *Physica B*, 355(1-4), 78-82.
- Majid, S. R., & Arof, A. K. (2007). Electrical behaviour of proton conducting chitosan-phosphoric acid-based electrolytes. *Physic B*, 390(1-2), 209-215.
- Mohamed, N. S., Subban, R. H. Y., & Arof, A. K. (1995). Polymer batries fabricated from lhitium complexed acetilated chitosan. *Journal of Power Sources.*, 56(2), 153-156.
- Osman, Z., Ibrahim, Z. A., & Arof, A. K. (2001). Conductivity enhancement due to ion dissociation in plasticized chitosan based polymer electrolytes. *Journal devoted to scientific and technological aspects of industrially relevant polysaccharides.*, 44, 167-173.
- Paradossi, G., Lisi, R., Paci, M. n., & Crescenzi, V. (1996). New hydrogels based on poly(vinyl alcohol)., polymer. Chemistry. *Journal of polymer Science : Part A*, 34, 3417-3495.
- Rahmi, & Julinawati. (2009). Aplication of modified khitosan for adsorben ionic Cu^{2+} metal in diesel oil. *Jurnal Natural*, 9(2).
- Razak, T., Winie, F. S. A., Ghani, & Ahmad. (2008). Conductivity and FTIR studies on PVA/Chitosan- LiCF_3SO_3 . *State Science and Technology.*, 16(1), 1-7.
- Smitha, B., Sridhar, S., & Khan, A. A. (2003). Synthesis and characterization of proton conducting polymer membranes for fuel cells. *Journal of Membran Science*, 225, 63-76.
- Subban, R. H. Y., & Arof, A. K. (1996). Sodium iodide added chitosan electrolyte film for polymer batteries. *Physica Scripta*, 53, 382-384.
- Wang, H., Fang, Y., & Yan, Y. (2001). Surface modification of chitosan membranes by alkane vapor plasma. *Mater Chem*, 11, 911-918.
- Yahya, M. Z. A., & Arof, A. K. (2003). Effect of oleic acid plasticizer on chitosan-lithium acetat solid polymer electrolytes. *European Polymer Journal*, 39(5), 897-902.
- Zang, Y., Huang, X., Duan, B., Wu, L., Li, S., & Yuan, W. (2007). Preparation of electronspun chitosan/poli(vinil alchol) membranes. Colloid polymer. Colloid Polymer Science. *Colloid Polymer Science*, 285(8), 855-863.