

PENGARUH PENAMBAHAN KAOLIN TERAKTIVASI ASAM TERHADAP KONDUKTIVITAS MEMBRAN KITOSAN/LIClO₄ UNTUK APLIKASI BATERAI LITIUM

Megawati Ayu Putri, Nadia, Mimi Mawaddah, Nurhadini*

Jurusan Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung, Kepulauan Bangka Belitung
33172, Indonesia

*E-mail: nurhadini88@gmail.com

ABSTRAK: Polimer elektrolit kitosan/LiClO₄/kaolin dengan variasi komposisi LiClO₄ dan kaolin teraktivasi asam telah dipreparasi menggunakan metode casting, larutan polimer dalam wadah akrilik yang didahului dengan ekstraksi kitosan dari kulit udang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan kaolin teraktivasi asam terhadap konduktivitas polimer elektrolit kitosan/LiClO₄/kaolin. Berdasarkan hasil FTIR, kitosan kulit udang menunjukkan adanya gugus fungsi -OH yang tumpang tindih dengan NH₂, C-H, C=O, C-O, C-O (C-O-C) serta β-1,4-glikosidik. Selain itu, didapatkan derajat deasetilasi sebesar 87,28% dan rendemen kitosan sebesar 6,54%. Hasil uji konduktivitas menunjukkan konduktivitas terbesar pada komposisi LiClO₄ 20% dengan nilai konduktivitas (σ_{ac}) dan (σ_{dc}) berturut-turut yaitu $4,40 \times 10^{-4}$ S/cm dan 10^{-4} S/cm. Nilai konduktivitas (σ_{ac}) dan (σ_{dc}) pada membran kitosan/LiClO₄ yang diperoleh telah memenuhi standar konduktivitas membran polimer untuk aplikasi baterai ion litium yaitu kisaran 10^{-7} S/cm – 10^{-3} S/cm.

Kata-kata Kunci : kitosan, konduktivitas, membran polimer elektrolit

ABSTRACT: Chitosan/LiClO₄/kaolin electrolyte polymers with various compositions of LiClO₄ and acid-activated kaolin have been prepared using the polymer solution casting method in an acrylic container which was preceded by the extraction of chitosan from shrimp shells. This study aims to analyze the effect of the addition of acid activated kaolin on the conductivity of the chitosan/LiClO₄/kaolin electrolyte polymer. Based on the results of the FTIR of shrimp shell chitosan, it showed that the -OH functional group overlapped with NH₂, C-H, C=O, C-O, C-O (C-O-C) and β-1,4-glycosidic. In addition, the degree of deacetylation was 87.28% and the chitosan yield was 6.54%. The conductivity test results show the highest conductivity at 20% LiClO₄ composition with conductivity values (σ_{ac}) and (σ_{dc}) respectively, namely 4.40×10^{-4} S/cm and 10^{-4} S/cm. Conductivity values (σ_{ac}) and (σ_{dc}) on the chitosan/LiClO₄ membrane obtained have met the polymer membrane conductivity standard for lithium ion battery applications, which is in the range of 10^{-7} S/cm – 10^{-3} S/cm.

Keywords: conductivity, chitosan, polymer electrolyte membrane

1. PENDAHULUAN

Pada umumnya udang dipasarkan dalam kondisi beku dan sudah dibersihkan dari kulit dan kepala kotor [1]. Proses pembersihan udang menyebabkan permasalahan lingkungan, hal ini

disebabkan melimpahnya limbah kulit dan kepala udang yang kurang dimanfaatkan dan mencemari lingkungan. Solusi yang dapat mengatasi permasalahan limbah kulit udang tersebut yaitu dengan mengolah limbah menjadi sumber bahan baku

pembuatan kitosan. Kulit udang memiliki kandungan protein 25-40 %, kalsium karbonat 45-50%, dan kitin 15-20%, tetapi besarnya kandungan yang terdapat pada udang bergantung pada jenis udang dan tempat hidupnya [2].

Isolasi kitosan dapat dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu deproteinasi, demineralisasi dan deasetilasi. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan isolasi kitosan dari limbah kulit dan kepala udang *whiteleg shrimp* [3], sisik ikan kakap merah [4], cangkang rajungan [5] dan selongsong maggot. Isolasi kitosan dari limbah kulit udang menghasilkan rendemen sebesar 63% dan derajat deasetilasi sebesar 83,25% [3,6]. Kitosan merupakan biopolimer yang dapat berpotensi sebagai aplikasi membran polimer elektrolit seperti baterai, karena kitosan memiliki sifat konduktivitas yang tinggi, mudah diisolasi dan mempunyai stabilitas termal yang cukup tinggi [7]. Selain itu penggunaan biopolimer dapat mengurangi dampak limbah baterai yang berbahaya bagi lingkungan. Salah satu sifat penting dalam polimer elektrolit untuk baterai ion litium adalah konduktivitas ionik yang berkaitan dengan kemampuan dalam mengantarkan ion litium.

Komposisi polimer elektrolit 70% kitosan/PVA (90:10) dengan penambahan 30% LiClO_4 menghasilkan nilai konduktivitas ionik lebih tinggi sebesar $4,57 \times 10^{-3}$ S/cm [8]. Hal ini menunjukkan nilai konduktivitas polimer elektrolit tersebut lebih tinggi dari nilai standar minimum konduktivitas ionik untuk aplikasi baterai litium yaitu 10^{-5} S/m, sedangkan untuk sifat termal polimer elektrolit, komposisi 70% kitosan dengan penambahan 15% LiClO_4 dapat meningkatkan stabilitas termal yang cukup tinggi dengan suhu degradasi sebesar 415°C [8]. Selain itu, sebagai polimer elektrolit akan ditambahkan garam litium sebagai sumber Li^+ dalam peralatan elektrokimia khususnya baterai. Akan tetapi, adanya penambahan garam litium pada polimer elektrolit cenderung dapat mengkristal pada

suhu ruang [7]. Oleh karena itu, diperlukan zat aditif yang dapat mengurangi dampak tersebut, salah satunya dapat menggunakan *filler* anorganik alami yang berasal dari alam yaitu kaolin [7].

Ketersediaan kaolin di Bangka Belitung memiliki potensi lokal yang cukup besar. Kaolin memiliki kandungan 57,4% silika, 2,88% Al_2O_3 , 2,88% K_2O , 0,57% MgO , 0,23% Na_2O , 0,18% sulfur dan 42,02% sisa pijar. Berbagai aplikasi dari kaolin seperti adsorben berbagai jenis logam, matriks, *filler* dan prekursor [9-11]. Kaolin yang bertindak sebagai *filler* dalam pembuatan polimer elektrolit dapat meningkatkan konduktivitas ionik komposit polimer elektrolit dan garam litium [7], sehingga dalam penelitian ini diharapkan polimer elektrolit yang dihasilkan dari limbah kulit udang memiliki nilai konduktivitas ionik yang tinggi. Pada penelitian ini telah dilakukan pembuatan polimer elektrolit kitosan/ LiClO_4 yang didahului dengan isolasi kitosan dari kulit udang. Kitosan dikarakterisasi dengan analisis FTIR, polimer elektrolit kitosan/ LiClO_4 dikarakterisasi dengan analisis konduktivitas ionik dan XRD serta polimer elektrolit kitosan/PVA/ LiClO_4 /kaolin dikarakterisasi dengan analisis konduktivitas ionik.

2. PERCOBAAN

2.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan adalah seperangkat alat refluks, FTIR (*Bruker Alpha with Standard KBr beamsplitter*), XRD (*Rigaku Miniflex*), SEM (Phenom Desktop ProXL) dan LCR meter (Hioki 3532-50 LCR Hi-Tester). Bahan yang digunakan adalah kulit udang, kaolin, PVA teknis, natrium hidroksida (NaOH) teknis, asam klorida *p.a* (Mallinckrodt), akuades, asam asetat *p.a* (Merck kGaA), dan litium perklorat (Sigma Aldrich).

2.2 Metode

Aktivasi Kaolin

Aktivasi kaolin dilakukan dengan melarutkan kaolin sebanyak 10 gram ke

dalam 100 mL larutan 5 M HCl. Campuran diaduk selama 6 jam dan disaring dengan kertas saring Whatman. Kemudian residu dinetralkan dengan akuades dan dikeringkan pada suhu 100°C menggunakan oven dan disaring menggunakan mesh ukuran 200. Kaolin hasil aktivasi asam dikarakterisasi dengan analisis XRD.

Isolasi Kitosan

Serbuk kulit udang dilarutkan dengan NaOH 6% pada perbandingan volume 1:10 (b/v) dan direfluks campuran selama 2 jam pada suhu 65°C. Kemudian didemineralisasi hasil deproteinasi kulit udang kedalam larutan HCl 1 N pada perbandingan volume 1:15 (b/v), campuran direfluks selama 1 jam pada suhu 60°C. Selanjutnya pada tahap deasetilasi, hasil demineralisasi berupa kitin dilarutkan dengan NaOH 60% pada perbandingan volume 1:10 (b/v). Campuran direfluks selama 3 jam dengan suhu 120°C. kemudian campuran didinginkan dan disaring. Padatan yang diperoleh dinetralkan dengan akuades dan dikeringkan pada suhu 60°C [12]. Padatan yang diperoleh pada tahap deasetilasi adalah kitosan. Kitosan dikarakterisasi gugus fungsinya menggunakan spektrofotometer FTIR dan dihitung derajat deasetilasi (%) berdasarkan spektrum FTIR yang diperoleh.

Pembuatan membran kitosan/PVA/ LiClO₄

Pembuatan membran kitosan/LiClO₄ dilakukan 5 variasi dengan massa total polimer 0,6 gram. Variasi yang digunakan adalah garam LiClO₄ (5%; 10%;15%,20%, 25% dan 30%). Persentase massa LiClO₄ dihitung terhadap massa total polimer. Kitosan dilarutkan dengan asam asetat 2% sebanyak 40 mL. Larutan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 24 jam. Selanjutnya, ditambahkan garam LiClO₄ kedalam larutan aduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 24 jam. Diamkan campuran sampai endapannya mengendap

diper permukaan dasar gelas kimia. Tuang campuran ke wadah akrilik dan keringkan pada suhu ruang selama dua minggu. Membran kitosan/LiClO₄ yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan LCR meter untuk mengetahui nilai konduktivitas dan Difraksi Sinar X untuk analisis kristalinitasnya. Hasil optimum dari konduktivitas digunakan untuk variasi selanjutnya.

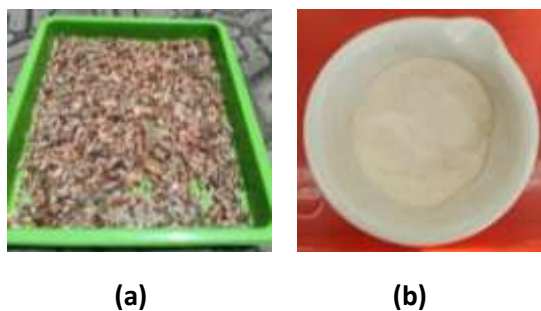
Pembuatan membran kitosan/LiClO₄/ kaolin

Pembuatan membran kitosan/LiClO₄/kaolin menggunakan hasil konsentrasi optimum dari membran kitosan/LiClO₄ dengan massa total polimer 0,6 gram. Variasi konsentrasi penambahan kaolin yang digunakan yaitu 1%,2%,3%,4% dan tanpa kaolin [13]. Kitosan dilarutkan dengan asam asetat 2% sebanyak 40 mL. Larutan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 24 jam. Selanjutnya, ditambahkan garam LiClO₄ dan kaolin dengan variasi konsentrasi 1%,2%,3%,4% dan tanpa kaolin. Campuran diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 24 jam. Diamkan campuran sampai endapannya mengendap diper permukaan dasar gelas kimia. Tuang campuran ke wadah akrilik dan keringkan pada suhu ruang selama dua minggu. Membran kitosan/LiClO₄/kaolin yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan LCR meter untuk mengetahui nilai konduktivitas dan Difraksi Sinar X untuk analisis kristalinitasnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi Kitosan Dari Kulit Udang

Pada proses deproteinasi, serbuk kulit udang direaksikan dengan larutan NaOH 6% yang bertujuan untuk menghilangkan protein sehingga ikatan antara protein dan kitin dapat terputus [6]. Rendemen yang dihasilkan dari proses deproteinasi sebesar 34,96%. Hasil deproteinasi direaksikan dengan larutan HCl 1 N yang merupakan proses demineralisasi. Proses demineralisasi dilakukan untuk



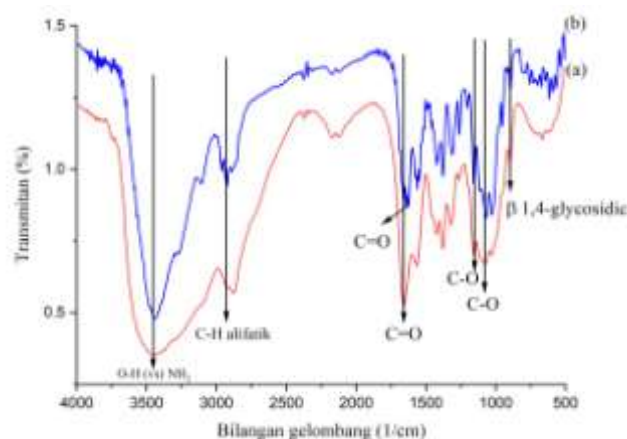
Gambar 1. (a) Kulit udang dan (b) Kitosan hasil isolasi

menghilangkan kandungan mineral yang terkandung dalam kulit udang. Dalam proses demineralisasi terbentuk gelembung gas CO_2 yang menandakan adanya reaksi antara asam klorida dengan garam mineral [6].

Hasil dari proses demineralisasi disebut kitin. Rendemen kitin yang diperoleh sebesar 12,52%. Kitin direaksikan dengan larutan NaOH 60% pada proses deasetilasi. Proses deasetilasi bertujuan untuk menghilangkan gugus asetil (kitin) menjadi gugus amina (kitosan). Rendemen kitosan yang didapatkan sebesar 6,54%. Kitosan hasil isolasi selanjutnya digunakan dalam pembuatan membran polimer kitosan/ LiClO_4 sebagai aplikasi baterai ion litium. Kitosan hasil isolasi dari kulit udang ditunjukkan pada Gambar 1.

Dari hasil perhitungan nilai derajat deasetilasi kitosan kulit udang sebesar 87,28%. Hal ini sesuai dengan Protan Laboratories Inc. (1987), bahwa nilai derajat deasetilasi yaitu berkisar 70%-100%. Spektrum FTIR dari kitosan kulit udang juga digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan gugus-gugus fungsional dan jenis vibrasi pada sampel dapat dilihat pada Gambar 2 dan Tabel 1. Spektrum FTIR tersebut menunjukkan adanya pita serapan yang khas pada bilangan gelombang 3442 cm^{-1} yang menandakan terjadinya vibrasi peregangan gugus $-\text{OH}$ yang tumpang tindih dengan vibrasi peregangan simetris gugus $-\text{NH}_2$. Puncak serapan pada bilangan gelombang 2921 cm^{-1} mengindikasikan

adanya vibrasi peregangan simetris ikatan C-H dari $-\text{CH}_3$. Terdapat juga puncak serapan pada bilangan gelombang 1657 dan 1628 cm^{-1} yang menandakan vibrasi peregangan gugus $\text{C}=\text{O}$ dari gugus asetamida ($-\text{NHCOCH}_3$), hal ini dikarenakan kitosan yang dihasilkan belum terdeasetilasi secara keseluruhan. Serapan vibrasi peregangan simetris ikatan C-O ditunjukkan pada bilangan gelombang 1158 cm^{-1} . Pita serapan pada bilangan gelombang 1070 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi peregangan gugus C-O-C. Serapan bilangan gelombang 897 cm^{-1} ditandai adanya gugus vibrasi ulur β -1,4-glikosidik yang merupakan salah satu tanda senyawa kitosan [6]. Hasil analisis spektrum IR kitosan hasil isolasi telah memiliki kesesuaian puncak serapan dengan kitosan komersil. Hal ini menandakan bahwa kitosan dari kulit udang telah terbentuk.



Gambar 2. Spektrum FTIR kitosan (a) komersil dan (b) hasil isolasi

Karakterisasi Membran Kitosan/ LiClO_4

Uji Konduktivitas Membran kitosan/ LiClO_4

Uji konduktivitas ionik telah dilakukan terhadap membran kitosan/ LiClO_4 dengan berbagai variasi konsentrasi. Nilai frekuensi yang digunakan pada proses pengukuran yaitu 42

Tabel 1. Karakterisasi Spektrum FTIR Kitosan

Gugus Fungsi (Jenis Vibrasi)	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	
	Kitosan komersil	Kitosan hasil isolasi
-OH Tumpang tindih (vs) NH ₂	3443	3442
(vs) C-H alifatik	2923	2921
(v) C=O [Amida sekunder]	1660	1657
(v) C=O [Amida sekunder]	-	1628
(vs) C-O	1158	1158
(v) C-O(C-O-C)	1077	1070
ω β-1,4-glikosidik	897	897

Keterangan : v: vibrasi peregangan ; vs: vibrasi peregangan simetris ; ω: vibrasi ulur

Tabel 2. Nilai Konduktivitas (σ_{ac}) dan (σ_{dc}) Membran Kitosan/LiClO₄

No	Komposisi		Konduktivitas (S/cm)	
	Massa kitosan (g)	LiClO ₄ (%)	σ _{ac}	σ _{dc}
1		0	9,98 x 10 ⁻⁶	5,84 x 10 ⁻⁷
2		5	1,39 x 10 ⁻⁵	10 ⁻⁶
3		10	1,31 x 10 ⁻⁵	6,85 x 10 ⁻⁷
4	0,6	15	3,32 x 10 ⁻⁵	10 ⁻⁶
5		20	4,40 x 10 ⁻⁴	10 ⁻⁴
6		25	6,44 x 10 ⁻⁵	10 ⁻⁶
7		30	6,34 x 10 ⁻⁶	10 ⁻⁶

Hz – 5 MHz. Nilai konduktivitas (σ_{ac}) dan (σ_{dc}) membran kitosan/LiClO₄ yang didapat pada berbagai variasi konsentrasi disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2, adanya perubahan nilai konduktivitas terhadap masing-masing komposisi. Nilai konduktivitas (σ_{ac}) yang tertinggi terdapat pada membran kitosan/LiClO₄ dengan komposisi 20% sebesar 4,40 x 10⁻⁴ S/cm, dimana kenaikan frekuensi dapat meningkatkan nilai konduktivitas suatu membran. Kenaikan frekuensi ini dimulai dari 10²-10⁷ Hz. Tingginya nilai konduktivitas (σ_{ac}) seiring dengan meningkatnya nilai konduktivitas (σ_{dc}). Hal ini dapat dibuktikan dari nilai konduktivitas (σ_{dc}) yang diperoleh pada komposisi LiClO₄ sebesar 20%.

Nilai konduktivitas bergantung pada komposisi yang digunakan. Nilai konduktivitas (σ_{dc}) terendah terdapat pada komposisi 10% yaitu 6,85 x 10⁻⁷ S/cm, sedangkan nilai konduktivitas (σ_{ac}) tertinggi terdapat pada membran kitosan/LiClO₄ dengan komposisi 20% sebesar 10⁻⁴ S/cm (Tabel 2). Penurunan nilai konduktivitas yang terjadi pada konsentrasi 25% dan 30% diduga terjadinya kepadatan ion Li⁺ yang menyebabkan pergerakan ion semakin menurun. Nilai konduktivitas (σ_{ac}) dan (σ_{dc}) pada membran kitosan/LiClO₄ yang diperoleh telah memenuhi standar konduktivitas membran polimer untuk aplikasi baterai ion litium yaitu kisaran 10⁻⁷ S/cm – 10⁻³ S/cm [14]. Penelitian yang menggunakan kitosan dengan derajat

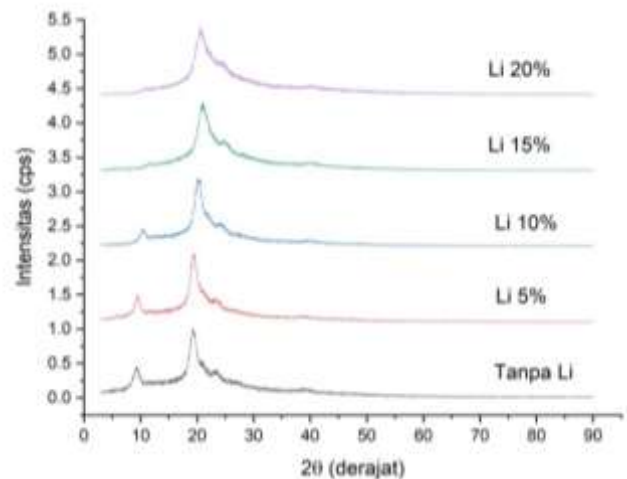
deasetilasi sebesar 98%, diperoleh konduktivitas tertinggi dari membran dengan perbandingan kitosan : LiOH (85:15) % b/b yaitu $1,301 \times 10^{-1}$ S/cm [15]. Sedangkan pada penelitian ini kitosan yang digunakan memiliki derajat deasetilasi sebesar 87,28% dan konduktivitas tertinggi diperoleh dari membran dengan komposisi LiClO₄ 20% yaitu 10^{-4} S/cm. Kenaikan konduktivitas ini diasumsikan dari penambahan ion Li⁺ yang menyebabkan peningkatan jumlah ion dan mobilitas ion-ion pada membran [16]. Selain itu, peningkatan nilai konduktivitas juga dipengaruhi adanya interaksi antara ion Li⁺ dengan gugus NH₂ dari kitosan. Gugus ini akan bertindak sebagai hopping sites untuk ion Li⁺ dapat bergerak pada campuran membran polimer elektrolit [17]. Hasil konsentrasi optimum dari nilai konduktivitas membran kitosan/LiClO₄ akan digunakan dalam pembuatan membran kitosan/LiClO₄.

Uji Difraksi Sinar X

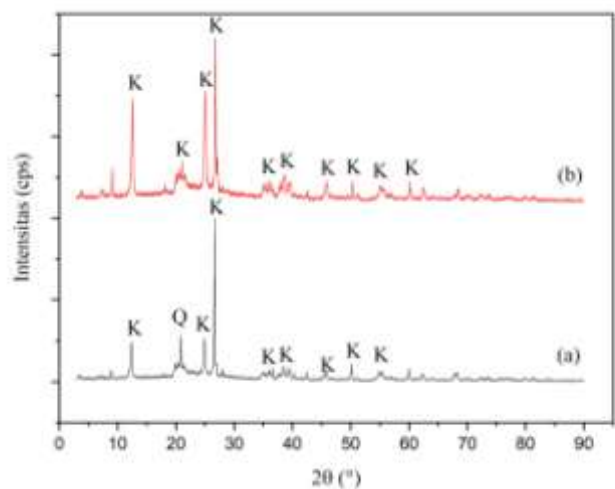
Uji difraksi sinar X dimaksudkan untuk mengetahui kristalinitas pada membran kitosan/LiClO₄. Kristalinitas suatu membran polimer elektrolit pada uji XRD diperlihatkan oleh tinggi rendahnya intensitas puncak. Semakin tinggi intensitas puncak maka semakin meningkat pula kristalinitas suatu membran polimer elektrolit tersebut [18]. Difraktogram membran kitosan/LiClO₄ dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan hasil difraktogram XRD pada Gambar 3, terbentuknya fasa amorf pada komposisi membran kitosan/LiClO₄ sebesar 20% dengan ditandai melebarnya puncak difraksi, sedangkan komposisi membran kitosan/LiClO₄ yang lainnya memiliki puncak yang agak tajam. Membran kitosan/LiClO₄ dengan fasa amorf memiliki banyak ruang kosong untuk ion bergerak dan pergerakan ionnya lebih mudah sehingga dapat meningkatkan konduktivitas ion. Hal ini didukung dengan tingginya nilai konduktivitas (σ_{dc}) membran

kitosan/LiClO₄ pada komposisi sebesar 20% yang memiliki struktur amorf. Membran polimer elektrolit yang membentuk fasa kristalin dapat menurunkan konduktivitas ionik [19]. Apabila semakin kristalin suatu membran juga berpengaruh pada konduktivitas ionik yang semakin menurun.



Gambar 3. Difraktogram membran kitosan/LiClO₄



Gambar 4. Difraktogram kaolin (a) tanpa aktivasi dan (b) kaolin aktivasi asam

Hasil Uji Difraksi Sinar X Kaolin Alam dan Kaolin Teraktivasi Asam

Komponen penyusun mineral kaolin diidentifikasi dengan membandingkan posisi puncak intensitas difraksi (2θ) pada difraktogram sinar-X sampel dengan puncak intensitas difraksi (2θ) pada *Joint Committee for Powder Diffraction*

Standards (JCPDS). Puncak pola difraksi kaolin tanpa aktivasi dan aktivasi asam ditunjukkan pada Gambar 4.

Puncak-puncak pola difraksi kaolin ditunjukkan pada nilai 2θ yaitu $12,36^\circ$; $24,9^\circ$; $38,4^\circ$; $42,46^\circ$; $45,78^\circ$; $50,14^\circ$; $54,92^\circ$; $59,98^\circ$ dan $62,4^\circ$. Puncak pola difraksi kaolin tersebut telah bersesuaian dengan JCPDS No 03-0052, 03-0058, 05-0143, 06-0221 dan 29-1488. Sebelum kaolin diaktivasi muncul puncak difraksi $2\theta = 20,88^\circ$ yang menunjukkan adanya kuarsa [20]. Selain itu, puncak serapan kaolin dan perlakuan asam memiliki puncak serapan yang mirip dan intensitas yang berbeda pada nilai $2\theta = 26,6^\circ$. Kaolin yang diaktivasi dengan perlakuan asam (HCl) hanya memiliki komponen penyusun adalah kaolinit. Hal ini menandakan bahwa perlakuan kaolin dengan menggunakan asam dapat menghilangkan pengotor serta menghasilkan situs aktif lebih besar pada kaolin [17].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan yaitu konsentrasi optimum membran kitosan/PVA/LiClO₄ terdapat pada komposisi 30/70/20 dengan nilai konduktivitas (σ_{ac}) dan (σ_{dc}) berturut-turut yaitu $14,40 \times 10^{-4}$ S/cm dan 10^{-4} S/cm. Nilai konduktivitas (σ_{ac}) dan (σ_{dc}) pada membran kitosan/LiClO₄ yang diperoleh telah sesuai dengan standar konduktivitas membran polimer untuk aplikasi baterai ion litium yaitu kisaran 10^{-7} S/cm– 10^{-3} S/cm.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi yang telah memberikan pendanaan penelitian melalui skim Program Kreativitas Mahasiswa bidang Riset Eksakta Tahun 2021, serta kepada Laboratorium Kimia Fakultas Teknik dan Laboratorium Biologi Fakultas Petanian, Perikanan dan Biologi Universitas Bangka

Belitung yang telah memfasilitasi sarana kegiatan penelitian.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kaimudin, M., & Leonupun, M. F. 2016. Karakterisasi Kitosan dari Limbah Udang dengan Proses Bleaching dan Deasetilasi yang Berbeda. *Majalah BIAM*, 01(12): 1–7.
- [2] Marganov. 2003. Potensi limbah udang sebagai penyerap logam berat (timbal, kadmium dan tembaga) di perairan. Diakses 15 Juli 2021
- [3] Sudjarwo, G. W., M, A. W., & C, H. I. 2017. Analisis Proksimat dan Optimasi Pembuatan Kitosan dari Limbah Kulit dan Kepala Udang *Whiteleg Shrimp (Litopenaeus vannamei)*. *Seminar Nasional Kelautan XII " Inovasi Hasil Riset Dan Teknologi Dalam Rangka Penguatan Kemandirian Pengelolaan Sumber Daya Laut Dan Pesisir"*, 1: 39–44.
- [4] La Ifa, L. I., Artiningsih, A., Julniar, J., & Suhaldin, S. 2018. Pembuatan Kitosan dari Sisik Ikan Kakap Merah. *Journal Of Chemical Process Engineering*, 3(1): 43.
- [5] Rahayu, L. H., & Purnavita, S. 2017. Optimasi Pembuatan Kitosan Dari Kitin Limbah Cangkang Rajungan (*Portunus pelagicus*) Untuk Adsorben Ion Logam Merkuri. *Reaktor*, 11(1): 45.
- [6] Dompeipen, E. J., Kaimudin, M., Dewa, R. P., Riset, B., Ambon, I., Cengkeh, JK., & Ambon, B. M. 2016. Isolasi Kitin dan Kitosan dari Limbah Kulit Udang. *Majalah BIAM*, 092(1): 32–39.
- [7] Gonggo, S. T., Diah, A. W. M., & Lanteene, R. 2017. Pengaruh Kaolin Terhadap Membran Blend Kitosan Poli Vinil Alkohol-Litium Sebagai Membran Elektrolit Untuk Aplikasi Baterai Ion Litium. *Jurnal Akademika Kimia*, 6(1): 55.

- [8] Hariyawati, N. K., Putu, L., Saraswati, A., & Arcana, I. M. 2019. *Properties of Polymer Electrolytes based on Chitosan / Poly (vinyl alcohol) for Lithium Battery Application. American Journal of Engineering Research (AJER)*, 8(4): 135–143.
- [9] Bakri, R., Utari, T. & Sari, I. P., 2008. Kaolin Sebagai Sumber SiO₂ Untuk Pembuatan Katalis Ni/SiO₂: Karakterisasi Dan Uji Katalis Sebagai Hidrogenasi Benzena Sebagai Sikloheksana. *Makara Sains*, 12: 37-43
- [10] Frida, E., Bukit, N. & Manalu, N., 2014. Pengolahan Kaolin Sebagai Bahan Pengisi Termoplastik High Density Polyethylene. *Jurnal Saintech*, October, Volume 6, pp. 78-87
- [11] Nugraha, I., & Kulsum, U. 2017. Sintesis dan Karakterisasi Material Komposit Kaolin-ZVI (Zero Valent Iron) serta Uji Aplikasinya sebagai Adsorben Kation Cr (VI). *Jurnal Kimia VALENSI*, 3(1): 59–70.
- [12] Ramadhan, L.O.A.N., Radiman, C.L., Wahyuningrum, D., Suendo, V., Ahmad, L.O., Valiyaveetiil, S. 2010. Deasetilasi Kitin Secara Bertahap dan Pengaruhnya terhadap Derajat Deasetilasi serta Massa Molekul Kitosan, *Jurnal Kimia Indonesia*, 5: 17 – 21.
- [13] Ghufira. Yudha, S. P., Angasa, E., Ariesta, J., 2012. Electrochemistry Study on PVC-LiClO₄ Polymer Electrolyte Supported by Bengkulu Natural Bentonite for Lithium Battery. *Aceh International Journal of Science and Technology*. 1(1): 26 - 29
- [14] Linden, D. 2002. *Primary batteries-introduction handbook of batteries 3Ed (pp. 164-200)*: USA: The McGraw-Hill Companies.
- [15] Pratiwi, Diana Eka. 2018. Sintesis Membran Elektrolit Padat Berbahan Dasar Kitosan. *Jurnal Sainsmat*, 7 (2): 86-91
- [16] Riyanto B, Akhiruddin M, Ratna S.D. 2011. Baterai Cerdas Dari Elektrolit Polimer Kitosan-PVA Dengan Penambahan Amonium Nitrat. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, XIV(2): 70-77
- [17] Nurhadini, Fabiani, V. A., Putri, M. A., & Lestari, I. 2021. Analisis Konduktivitas Dan Termal Pada Polimer Elektrolit Dari Kitosan/PVA/Glisierol/LiClO₄ Untuk Aplikasi Baterai Ion Litium. *Chemistry Progress*, 14(1): 1–6.
- [18] Siahaan, A. 2020. *Pembuatan dan Karakterisasi Membran Polimer Elektrolit Berbasis Kitosan dan Zeolit Alam PAHAE*. Skripsi. Medan: Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara
- [19] Wigayati, E.M., Purawiardi, I., Sabrina, Q. 2018. Karakteristik Morfologi Permukaan Pada Polimer PVdF-LiBOB-ZrO₂ dan Potensinya Untuk Elektrolit Baterai Litium. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 40(1): 1-8
- [20] Sunardi, & Arryanto, Y. (2009). Purifikasi Dan Karakterisasi Kaolin Alam. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan Dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta*, 319–324.