

GUGUS FUNGSI, STRUKTUR MORFOLOGI, DAN KONDUKTIVITAS IONIK MEMBRAN POLIMER ELEKTROLIT PADAT KITOSAN/LiOH/ZnO

Kartika Sari*, Angga Setiabudi, Rofikoh Halifah, Nidha Aulia Qurrata A'yun, Sunardi

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jenderal Soedirman

*Corresponding author: Kartika.sari@unsoed.ac.id

ABSTRAK

Membran polimer elektrolit padat dapat dikembangkan sebagai pembuatan baterai sekunde dan merupakan teknologi yang dapat menyimpan energi listrik. Elektrolit padat berperan sebagai media transfer ion dalam baterai. Elektrolit padat yang dikembangkan berbentuk membran polimer. Modifikasi membran polimer dilakukan dengan penambahan Seng Oksida (ZnO) pada membran polimer kitosan/LiOH dengan menggunakan metode solution casting. Hasil karakterisasi FTIR membran polimer menunjukkan adanya gugus fungsi yang dihasilkan yaitu -OH stretching, -NH stretching, -NH bending, -CO stretching, dan -CH stretching dan -ZnO stretching. Hasil SEM menunjukkan bahwa penambahan doping Seng Oksida (ZnO) 3% pada membran kitosan/LiOH membuat morfologi membran menjadi lebih banyak butiran putih yang terdispersi pada permukaan jika dibandingkan dengan membran kitosan/LiOH/ZnO 2%. Konduktivitas ionik membran kitosan/LiOH/ZnO 3% menghasilkan nilai lebih tinggi yaitu sebesar $1,4821 \times 10^{-6}$ S/cm apabila dibandingkan dengan kitosan/LiOH/ZnO 2% menghasilkan sebesar $3,6893 \times 10^{-7}$ S/cm. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kitosan/LiOH dengan penambahan doping Seng Oksida (ZnO) dapat digunakan sebagai salah satu alternatif sintesis membran elektrolit padat baterai sekunder.

Kata Kunci: Elektrolit padat, kitosan, LiOH, ZnO.

PENDAHULUAN

Perkembangan pada era globalisasi saat ini membuat kebutuhan masyarakat semakin meningkat dan terjadi pergeseran kebutuhan dari kebutuhan tersier menjadi kebutuhan primer. Kebutuhan tersier yang sangat pesat perubahannya adalah kebutuhan barang-barang elektronik. Hampir semua barang elektronik memerlukan baterai sebagai pasokan listriknya. Baterai merupakan perangkat yang dapat mengkonversi energi kimia yang terkandung pada bahan aktif komponen penyusun baterai menjadi energi listrik melalui reaksi elektrokimia reduksi dan oksidasi (Satriady *et al.*, 2016). Teknologi baterai memiliki bagian-bagian yaitu elektroda positif (katoda), elektroda negatif (anoda), separator, dan elektrolit (Pratiwi *et al.*, 2022). Elektroda positif (katoda) merupakan elektroda tempat terjadinya reaksi setengah sel yaitu reaksi reduksi yang berkaitan dengan penerimaan/penangkapan elektron dari sirkuit eksternal. Elektroda negatif (anoda)

merupakan elektroda tempat terjadinya reaksi setengah sel yaitu reaksi oksidasi yang berkaitan dengan pelepasan elektron ke dalam sirkuit eksternal. Separator merupakan material berpori yang terletak di antara anoda dan katoda berfungsi untuk mencegah agar tidak terjadi hubungan singkat dan kontak antara katoda dan anoda (Perdana, 2021).

Elektrolit yang biasa digunakan adalah elektrolit cair. Elektrolit cair merupakan elektrolit yang berbentuk cair dan lebih cepat terionisasi sempurna. Akan tetapi, penggunaan elektrolit cair juga memiliki kekurangan yaitu dapat bocor dan mudah terbakar. Oleh karena itu, dikembangkanlah elektrolit berbentuk padat (Fauji & Widiyanto, 2018). Elektrolit padat merupakan elektrolit yang berbentuk padat (solid) atau membran atau lapisan, biasanya dibuat dari bahan polimer, tidak mudah bocor karena berbentuk padat, lebih aman, lebih praktis dan dapat dibuat dengan ukuran yang lebih kecil dan tipis walaupun memiliki kekurangan daya tampung lebih sedikit dibandingkan elektrolit cair (Sari, 2019).

Bahan polimer menjadi salah satu bahan penyusun elektrolit yang ramah lingkungan. Salah satu bahan polimer yang digunakan sebagai penyusun elektrolit adalah kitosan. Kitosan merupakan material organik yang banyak digunakan untuk perkembangan pembuatan elektrolit padat. Kitosan pada dasarnya merupakan bahan bersifat isolator sehingga memerlukan modifikasi untuk meningkatkan nilai konduktivitas ioniknya. Kitosan $(C_6H_{11}NO_4)_n$ memiliki gugus amina bebas yang dapat terprotonasi dan memiliki gugus hidroksil (Sari *et al.*, 2020). Gugus amina dan gugus hidroksi ini memungkinkan dilakukannya modifikasi untuk menghasilkan sifat fisik dan kimia yang diinginkan (Wulandari *et al.*, 2017). Upaya modifikasi tersebut telah dilakukan pada penelitian-penelitian sebelumnya salah satunya tentang pembuatan membran polimer dengan bahan dasar kitosan dan penambahan garam lithium hidroksida (LiOH) yang dilakukan oleh Sunardi tahun 2019. Garam litium hidroksida merupakan senyawa anorganik berbentuk padatan kristal berwarna putih dengan rumus LiOH penggabungan dari ion hidroksida (OH^-) dan ion lithium (Li^+). Senyawa Litium hidroksida termasuk dalam basa kuat dan memiliki derajat ionisasi 1 atau mengalami ionisasi sempurna. Derajat ionisasi yang tinggi menjadi dasar digunakannya LiOH sebagai sumber elektrolit. Penelitian membran polimer menggunakan kitosan dan LiOH

menunjukkan adanya interaksi antara kitosan dan LiOH pada panjang gelombang 3500 nm terbentuk gugus fungsi –OH baru dan pada 1500 – 945 nm terbentuk ikatan bending antara gugus fungsi –OH dengan –NH₃. Selain itu, membran polimer yang dihasilkan lebih fleksibel dan tidak bersifat higroskopis (Sunardi *et al.*, 2019).

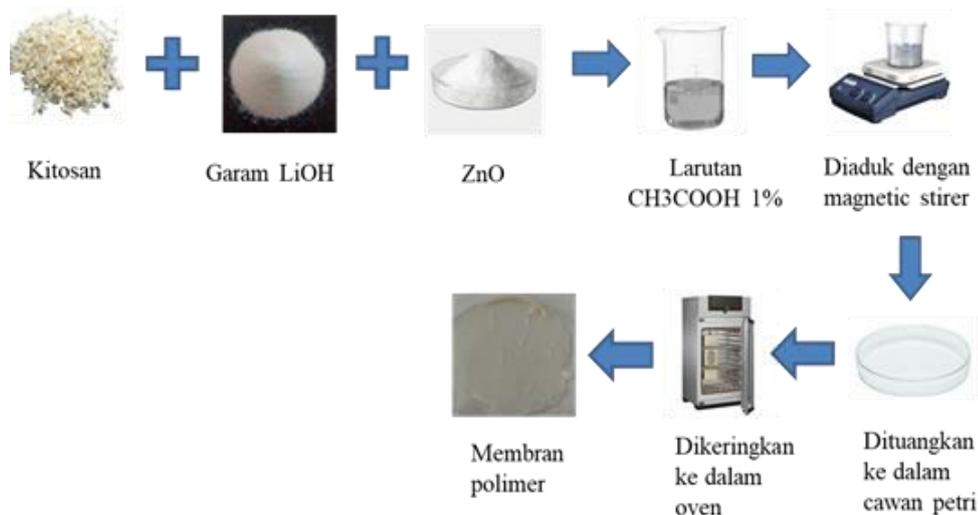
Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk membuat upaya baru dalam membran polimer menggunakan penambahan *filler* ZnO sehingga diperoleh membran kitosan/LiOH/ZnO sebagai bahan penyusun elektrolit padat. ZnO merupakan senyawa anorganik yang umumnya berbentuk serbuk putih, hampir tidak larut dalam air, serta tetap larut dalam asam dan basa (Syafaat *et al.*, 2020). Penambahan ZnO sebagai *filler* dalam membran polimer dapat meningkatkan daya hantar listrik, kemampuan untuk bertahan di bawah medan listrik yang kuat, *noise* elektronik yang rendah, serta kemampuannya untuk beroperasi pada temperatur, dan daya tinggi (Kumar, 2017). Penggunaan membran kitosan-LiOH dengan penambahan *filler* ZnO dapat meningkatkan sifat aktivitas fotokatalitik yang baik, stabilitas secara kimia, memiliki morfologi yang terkendali, dan ramah terhadap lingkungan. Pemanfaatan bahan alam dan penambahan material yang memiliki fungsi yang baik dalam pembuatan membran polimer ini diharapkan akan mengatasi masalah dalam industri baterai sekunder.

METODE

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah neraca digital, gelas beaker, gelas ukur, cawan petri, ayakan/*mesh*, *magnetic stirrer*, *magnetic bar*, oven/pengering, spatula, alat uji FTIR, alat uji SEM, dan alat uji EIS. Sedangkan bahan yang digunakan adalah kitosan, Seng Oksida (ZnO), Lithium Hidroksida (LiOH), Natrium Hidroksida (NaOH), aquades, CH₃COOH 1%, Perkamen, *plastic wrap*, plastik klip, aluminium foil dan silica gel. Pembuatan dan pengujian sintesis membran polimer elektrolit kitosan/LiOH/ZnO dilakukan di Laboratorium Fisika Inti Material Fakultas Matematika, Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jenderal Soedirman dan Laboratorium Bahan Teknik UGM, dan Badan Riset Inovasi Nasional (BRIN).

A. Tahap Sintesis Membran Polimer Elektrolit

Desain sintesis membran polimer elektrolit kitosan/LiOH/ZnO pada Gambar 1 merupakan desain proses sintesis membran polimer elektrolit kitosan/LiOH/ZnO dengan metode *solution casting*. Tahap sintesis membran polimer kitosan/LiOH dengan penambahan ZnO dimulai dengan melarutkan ZnO dengan variasi 2% dan 3% ke dalam 100 ml CH₃COOH 1% pada gelas beaker. Proses pelarutan tersebut dilakukan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan putar 600 rpm pada suhu 60°C selama 1 jam hingga diperoleh larutan yang homogen. Kemudian kitosan 4 gram ditambahkan ke dalam larutan dan diaduk selama 1 jam. Selanjutnya, penambahan LiOH 2% dari berat kitosan ditambah kedalam larutan dan diaduk selama 3 jam. Larutan kitosan/LiOH/ZnO yang sudah homogen dituangkan ke dalam cawan petri dan dilakukan pengeringan hingga membran kering. Membran polimer kitosan/LiOH/ZnO yang terbentuk selanjutnya dilakukan karakterisasi.



Gambar 1. Desain sintesis membran polimer elektrolit kitosan/LiOH/ZnO

B. Tahap Pengujian Membran Polimer Elektrolit

1. Uji FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)

Pengujian FTIR bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan gugus fungsi pada membran polimer elektrolit kitosan/LiOH/ZnO dengan variasi konsentrasi 2% dan 3% (b/b) yang dilakukan pada rentang panjang gelombang 4000 – 400 cm⁻¹. Pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik UGM.

2. Uji SEM (Scanning Electron Microscopy)

Pengujian ini menggunakan mikroskop elektron yang dilakukan untuk memindai morfologi permukaan membran polimer elektrolit. Pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik UGM.

3. Uji EIS (Electrochemical Impedance Microscopy)

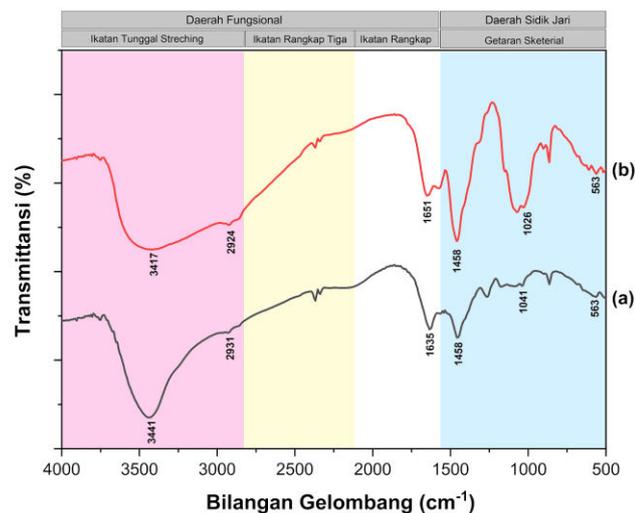
Pengujian ini menggunakan alat LCR Meter untuk mengetahui nilai konduktivitas ionic yang dihasilkan membrane polimer elektrolit. Pengujian dilakukan di Laboratorium Pusat Riset Material Maju (PRMM) Badan Riset Inovasi Nasional (BRIN).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dalam penelitian ini berupa hasil karakterisasi membran polimer elektrolit padat kitosan/LiOH/ZnO 2% dan kitosan/LiOH/ZnO 3%. Karakterisasi yang digunakan meliputi karakterisasi *Fourier Transform Infrared* (FTIR), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dan *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS).

A. Hasil Karakterisasi *Fourier Transform InfraRed* (FTIR)

Karakterisasi FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi pada suatu sampel. Puncak-puncak yang terbentuk pada spektrofotometer FTIR menunjukkan ikatan-ikatan yang terbentuk pada membran. Gambar 2 menunjukkan hasil spektra FTIR membran polimer kitosan/LiOH dengan penambahan ZnO.



Gambar 2. Spektra FTIR membran polimer elektrolit (a) kitosan/LiOH/ZnO 2%, (b) kitosan/LiOH/ZnO 3%

Hasil spektra FTIR membran polimer kitosan/LiOH/ZnO pada Gambar 2 menunjukkan beberapa gugus fungsi dalam sampel. Gugus fungsi yang

diindikasikan terlihat oleh adanya puncak-puncak vibrasi. Analisis gugus fungsi membran polimer kitosan/LiOH/ZnO 2% dan kitosan/LiOH/ZnO 3% ditunjukkan pada Tabel 1.

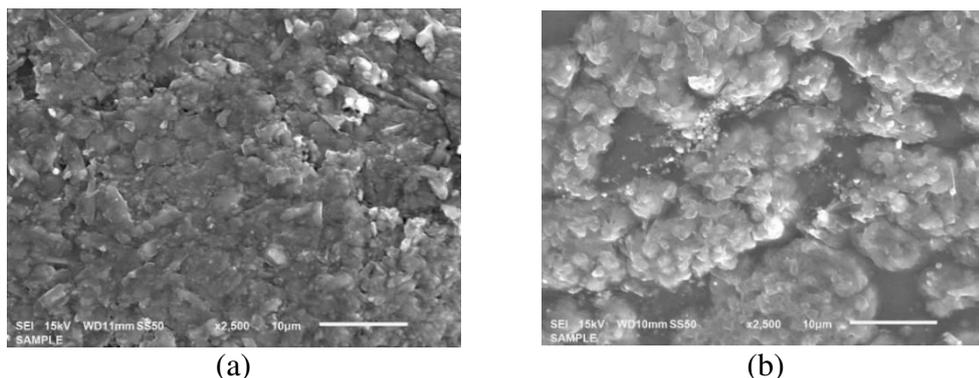
Tabel 1. Spekta gugus fungsi dan bilangan gelombang

No	Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)		Jenis Vibrasi
		Kit/LiOH/ZnO 2%	Kit/LiOH/ZnO 3%	
1	O-H	3441	3417	<i>Stretching</i>
2	N-H	3441	3417	<i>Stretching</i>
3	N-H	1635	1651	<i>Bending</i>
4	C-O	1041	1026	<i>Bending</i>
5	C-H	2931	2924	<i>Stretching</i>
6	-C=O	1458	1458	<i>Stretching</i>
7	C=C	1635	1651	<i>Stretching</i>
8	Zn-O	563	563	<i>Stretching</i>

Tabel 1 menunjukkan bahwa kitosan memiliki serapan khas pada bilangan gelombang 3441 cm⁻¹ untuk O-H stretching dan N-H stretching, 2931 cm⁻¹ untuk C-H stretching, 1635 cm⁻¹ untuk N-H bending, dan 1041 cm⁻¹ untuk C-O stretching. Interaksi ZnO dengan kitosan/LiOH ditunjukkan dengan naiknya intensitas uluran N-H 3441-3425 cm⁻¹ yang bertumpang tindih dengan serapan OH yang disebabkan oleh gugus N-H berikatan dengan ZnO. ZnO memiliki serapan khas pada bilangan gelombang 563 cm⁻¹. Pengujian FTIR menghasilkan adanya gugus amina dari kitosan pada bilangan gelombang 3441 cm⁻¹ dan 1635 cm⁻¹ dengan ikatan kuat.

B. Hasil Uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dilakukan untuk menampilkan permukaan morfologi suatu material dengan menggunakan berkas elektron. Hasil karakterisasi SEM berupa gambar permukaan membran polimer kitosan/LiOH/ZnO. Gambar 3 menunjukkan hasil morfologi membran polimer elektrolit kitosan/LiOH/ZnO 2% dan kitosan/LiOH/ZnO 3%.



Gambar 3. Morfologi membran polimer elektrolit (a) kitosan/LiOH/ZnO 2% (b) kitosan/LiOH/ZnO 3%

Hasil pengujian SEM membran polimer kitosan/LiOH/ZnO 2% dan kitosan/LiOH/ZnO 3% pada Gambar 3 menunjukkan adanya perbedaan. Membran polimer kitosan/LiOH dengan penambahan ZnO sebanyak 3% memiliki lebih banyak butiran putih yang tersebar di permukaan membrane apabila dibandingkan dengan penambahan ZnO sebanyak 2%. Butiran yang tersebar terdiri dari berbagai macam ukuran, mulai dari yang berukuran kecil hingga berukuran besar. Beberapa butiran juga terlihat beraglomerasi atau menggumpal di permukaan membran. Aglomerasi atau penggumpalan merupakan hal yang dihindari ketika membuat membran untuk dijadikan elektrolit padat pengaplikasian pada baterai karena dapat menghambat jalannya ion Li^+ . Unsur-unsur yang dihasilkan pada membran polimer kitosan/LiOH dengan penambahan ZnO 2% dan 3% dilakukan pengujian menggunakan EDX yang merupakan bagian dari alat SEM. Tabel 2 menunjukkan persentase kandungan unsur membran polimer kitosan/LiOH/ZnO 2% dan kitosan/LiOH/ZnO 3%.

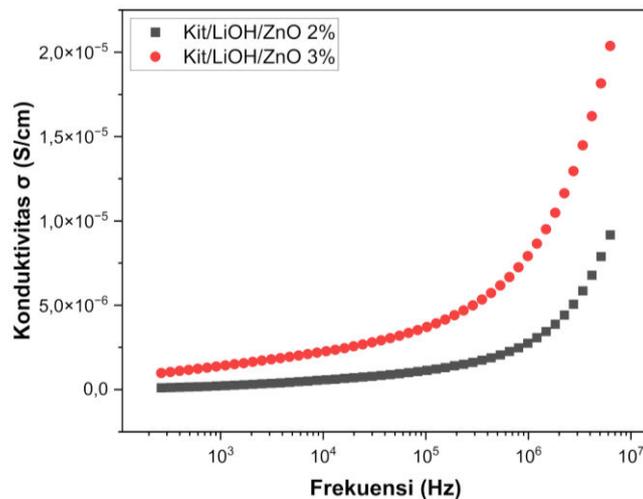
Tabel 2. Kandungan unsur membran polimer

Nama Unsur	Simbol Unsur	Atom (%)	
		Kit/LiOH/ZnO 2%	Kit/LiOH/ZnO 3%
Karbon	C	33,86	32,82
Oksigen	O	48,43	45,60
Seng	Zn	4,89	5,81
Kalsium	Ca	-	2,59

Tabel 2 menunjukkan persentase atom yang terkandung di dalam membran polimer kitosan/LiOH/ZnO 2% dan kitosan/LiOH/ZnO 3%. Atom Zn dan O terindikasi menyebar secara merata pada membran polimer. Unsur atom C dan Na terlihat secara homogen menandakan kitosan dan lithium yang tercampur dengan baik. Adapun Unsur Ca pada membran polimer kitosan/LiOH/ZnO 3% yang merupakan unsur pengotor. Adanya unsur Zn pada sampel dengan penambahan ZnO pada pengujian SEM diperkuat dengan adanya pergeseran atau kemunculan puncak gugus fungsi khas Seng (Zn) pada uji FTIR.

C. Hasil Uji *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS)

Konduktivitas ionik merupakan suatu kemampuan membran polimer elektrolit dalam menghantarkan ion-ion lithium di dalam komponen baterai, sehingga polimer elektrolit memiliki konduktivitas ionik yang tinggi. Gambar 4 menunjukkan grafik konduktivitas ionik yang dihasilkan membran polimer kitosan/LiOH dengan penambahan ZnO 2% dan 3%.



Gambar 4. Grafik konduktivitas ionik membran (a) kitosan/LiOH/ZnO 2%, (b) kitosan/LiOH/ZnO 3%

Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai konduktivitas ionik yang dihasilkan membran polimer kitosan/LiOH/ZnO 2% dan 3% sebesar $3,6893 \times 10^{-7}$ S/cm dan $1,4821 \times 10^{-6}$ S/cm. Adanya penambahan filler ZnO 3% menunjukkan peningkatan nilai konduktivitas ionic lebih tinggi apabila dibandingkan dengan penambahan ZnO 2%. Peningkatan nilai konduktivitas menunjukkan adanya interaksi antara ion Li^+ dengan gugus-gugus penyusun membran seperti OH dan NH_2 dari kitosan dan Zn dari ZnO. Gugus-gugus tersebut dapat bertindak sebagai

hopping sites untuk ion Li^+ dapat berpindah di dalam campuran membran polimer elektrolit. Kemudahan ion Li^+ dalam berpindah akan meningkatkan nilai konduktivitas ionik membran (Nurhadini *et al.* 2021).

SIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah pada pengujian FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) terdapat gugus fungsi yang dihasilkan yaitu -OH stretching, -NH stretching, -NH bending, -CO stretching, dan -CH stretching dan -ZnO stretching. Hasil pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*) pada membran polimer kitosan/LiOH/ZnO menghasilkan struktur morfologi membran menjadi lebih banyak butiran kecil berwarna putih yang terdispersi secara merata pada membran. Butiran berwarna putih yang berukuran kecil merupakan unsur Zn (zinc) menunjukkan seng oksida pada permukaan membran. Namun, adanya aglomerasi atau penggumpalan setelah ditambahkan konsentrasi lebih tinggi ZnO seng perlu dihindari karena dapat menyebabkan konduktivitas ionik membran terhambat. Hasil pengujian EIS (*Electrochemical Impedance Spectroscopy*) menunjukkan bahwa membran kitosan/LiOH dengan penambahan konsentrasi ZnO 3% menghasilkan nilai konduktivitas ionik lebih tinggi apabila dibandingkan dengan membran kitosan/LiOH dengan penambahan konsentrasi ZnO 2%.

UCAPAN PENGHARGAAN

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Ristek/BRIN melalui Universitas Jenderal Soedirman melalui pendanaan BLU Skim Riset Dasar Unsoed Tahun 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Fauji, N., & Widiyanto, E. (2018). Fabrikasi Membran Polimer Berbasis Limbah Styrofoam sebagai. *Jurnal Barometer*, 3(1), 119–121.
- Kumar, L. S., Selvin, P. C., & Selvasekarapandian, S. (2020). Impact of Lithium Triflate (LiCF_3SO_3) Salt on Tamarind Seed Polysaccharide-Based Natural Solid Polymer Electrolyte for Application in Elektrochemical Devise. *Polymer Bulletin*.
- Nurhadini, N., Fabiani, V. A., Putri, M. A., & Lestari, I. (2021). Analisis Konduktivitas dan Termal pada Polimer Elektrolit dari Kitosan/

- PVA/Gliserol/LiClO₄ untuk Aplikasi Baterai Ion Litium. *Jurnal Chem Prog*, 14(1). [https://doi.org/ 10.35799/cp.14.1.2021.34074](https://doi.org/10.35799/cp.14.1.2021.34074).
- Pratiwi, D. E. (2018). Sintesis Membran Elektrolit Padat Berbahan Dasar Kitosan. *Jurnal Sainsmat*, 7(2), 86-91.
- Perdana, F. A. (2021). Baterai Lithium. *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, 9(2), 113. <https://doi.org/10.20961/inkuiri.v9i2.50082>
- Riyanto, A., Sembiring, S., Megawati, Mabarroh, N., Junaidi, & Ginting, E. (2019). Analisis Transisi Fasa dan Sifat Dielektrik pada Li₂COSiO₄ yang dipreparasi dari Silika Sekam Padi dan Produk Daur Ulang Katoda Baterai Ion Litium Bekas. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 15, 89–103.
- Sari, K., Sunardi, S., Utomo, A. B. S., Toruan, P. L., Yulianti, E., & Mashadi, M. (2020). Sifat Optik dan Permittivitas Listrik Membran Polimer Padat Kitosan/Peo. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 17(2), 97. <https://doi.org/10.31851/sainmatika.v17i2.4987>
- Sari, K. (2019). Membran Polimer Elektrolit Padat Nanopartikel Kitosan Berbasis Garam Lithium Untuk Meningkatkan Konduktivitas Baterai Sekunder.
- Satriady, A., Alamsyah, W., Saad, A. H., & Hidayat, S. (2019). Pengaruh Luas Elektroda terhadap Karakteristik Baterai LiFePO₄. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 6(2), 43 – 48.
- Syafaat, A. M., Fu'ad, F., Huttur, S.R, & Havier Samuel (2020). Pemanfaatan Zeolit Alam Lampung sebagai Katalis Terimpregnasi ZnO dan TiO₂ dalam Pembuatan Biodiesel. *Bachelor thesis*. Institut Teknologi Kalimantan.
- Sunardi, S., Haryadi, A., Wihantoro, W., & Yulianti, E. (2019). Sintesis dan Karakterisasi Membran Kitosan/LiOH sebagai Elektrolit Padat Baterai Sekunder. *Jurnal Teras Fisika*, 2(1), 14. <https://doi.org/10.20884/1.jtf.2019.2.1.1334>
- Wulandari, A. V., Kusumastuti, E., & Sulistyaningsih, T. (2017). Pengaruh Penambahan Abu Layang Termodifikasi terhadap Karakteristik Membran Elektrolit Berbahan Dasar Kitosan. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(2), 104–109.