

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI *SOLID POLYMER ELECTROLYTE*  
PVdF-HFP/PEO/TiO<sub>2</sub>/LiBOB UNTUK APLIKASI BATERAI *LITHIUM***

**SKRIPSI**

**Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Sains Bidang Studi Fisika**



**Disusun Oleh:**

**NURJANNAH MUSDALIFAH**

**08021181722008**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
INDRALAYA  
2021**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI *SOLID POLYMER ELECTROLYTE*  
PVdF-HFP/PEO/TiO<sub>2</sub>/LiBOB UNTUK APLIKASI BATERAI *LITHIUM***

**SKRIPSI**

**Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Sains Bidang Studi Fisika**

Oleh :

**NURJANNAH MUSDALIFAH**

**08021181722008**

Indralaya, Maret 2021

Pembimbing I

Pembimbing II



**Akmal Johan, S.Si, M.Si**  
**NIP. 197312211999031003**



**Dra. Titik Lestariningsih, M.T**  
**NIP. 196806252007012002**

Mengetahui

Ketua Jurusan Fisika  
Universitas Sriwijaya



**Dr. Fransyah Virgo, S.Si, M.T**  
**NIP. 197009101994121001**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, dzat yang menguasai semua makhluk dengan kebesarannya, yang telah memberikan rahmat, hidayah dan inayahnya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Shalawat serta salam semoga senantiasa terlimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, sebagai panutan terbaik untuk umat dalam mencari ridho Allah SWT untuk menivapai dunia dan akhirat. Penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Pembuatan dan “**Karakteriasasi Solid Polymer Electrolyte PVdF-HFP/PEO/TiO<sub>2</sub>/LiBOB Untuk Aplikasi Baterai Lithium**”. Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan di Laboratorium Baterai *Lithium*, Pusat Penelitian Fisika Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (P2F-LIPI) Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan, Banten dan Universitas Sriwijaya. Skripsi ini diajukan dengan tujuan melengkapi persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya, disamping itu skripsi ini bertujuan untuk memperluas wawasan penulis dalam dunia materi yakni *solid polymer electrolyte*.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan hasil penelitian tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan serta dari kesempurnaan, yang disebabkan oleh keterbatasan pengetahuan yang dimiliki penulis. Penulisan skripsi ini tidak lepas dari pengarahan, dorongan, dan bantuan semua pihak, dalam berbagai bentuk, baik moril maupun material. Oleh karena itu, perkenankanlah pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Almarhum bapakku Fachruddin dan untuk emakku Ratna Nensi yang selalu memberikan do'a dan dukungan dalam bentuk moril maupun materil.
2. Kakakku Yusran Pajrin, Ferdinar Islami, Al Hikmah, dan adikku Muhammad Fadli Mutohir yang selalu menghibur dan menjadi penyemangatku.
3. Bapak Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Frinsyah Virgo, S.Si., M.T. selaku ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr. Supardi, S.Pd., M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

6. Bapak Drs. Arsali, M.Sc selaku Pembimbing Akademik di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
7. Bapak Akmal Johan S.Si., M.Si. selaku pembimbing I yang telah membimbing, memberika pengarahan serta motivasi kepada penulis.
8. Ibu Dra. Titik Lestariningsih, M.T. selaku pembimbing II dan pembimbing lapangan di Pusat Penelitian Fisika (P2F)-LIPI, yang telah memberikan tambahan ilmu dan wawasan dalam penelitian tugas akhir dan penyusunan Skripsi.
9. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya yang sudah memberikan ilmu dan nasehat-nasehatnya yang sangat berguna selama kuliah.
10. Bapak Nabair (Babe) dan Kak David selaku staff tata usaha Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya yang telah banyak membantu dalam administrasi selama perkuliahan.
11. *Research Assistant* Pusat Penelitian Fisika Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (P2F-LIPI), yang telah mendampingi, membantu, dan memberikan ilmu serta wawasan dalam pelaksanaan tugas akhir.
12. Siti Fatimah dan Indah Sari teman karibku yang senantiasa selalu memberikan semangat dan selalu menghibur.
13. Teman-teman seperjuangan Fisika Angkatan 2017 yang sangat luar biasa terkhusus KBI Fisika Teori dan Material.
14. Teman-teman Organisasi Mahasiswa DPM KM FMIPA Universitas Sriwijaya.
15. Semua pihak yang telah membantu, guna terselesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari dalam skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun dan bermanfaat bagi penyempurnan penulisan skripsi ini. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih atas bantuan semua pihak dan berharap mudah-mudahan pemikiran yang tertuang dalam skripsi ini akan bermanfaat bagi kita semua.

Indralaya, Maret 2021

Nurjannah Musdalifah

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI *SOLID POLYMER ELECTROLYTE*  
PVdF-HFP/PEO/TiO<sub>2</sub>/LiBOB UNTUK APLIKASI BATERAI *LITHIUM***

**OLEH**

**NURJANNAH MUSDALIFAH**

**08021181722008**

**ABSTRAK**

Penggunaan baterai *lithium* sebagai penyimpanan energi listrik di berbagai peralatan elektronik semakin meningkat. Kebakaran dalam penggunaan baterai *lithium* merupakan salah satu insiden yang sering terjadi, sehingga kebijakan safety merupakan hal terpenting dalam penggunaan baterai *lithium*. *Solid polymer electrolyte* dianggap sebagai salah satu solusi untuk menjamin keamanan dalam baterai litium. *Solid polymer electrolyte* dengan dengan bahan PVdF-HFP dan PEO sebagai polimer serta TiO<sub>2</sub> sebagai *additive*. Pembuatan *solid polymer electrolyte* menggunakan metode *solution casting* dengan penambahan variasi elektrolit LiBOB pada proses *immersing* yang bertujuan untuk meningkatkan konduktivitas pada baterai *lithium* yang dibuat. Penambahan larutan elektrolit LiBOB pada proses *immersing* dapat meningkatkan konduktivitas pada performa baterai *lithium* sebesar 10<sup>-6</sup> S/cm. Hasil XRD menunjukkan adanya penurunan kristalinitas yang menghasilkan *solid polymer electrolyte* berfasa *amorf*, hasil SEM memperlihatkan banyak pori-pori yang dihasilkan SPE. Menggunakan elektrolit LiBOB(EC:DEC:EMC) menghasilkan stabilitas kimia sebesar 3,30 V serta memberikan sifat elektrokimia yang baik. Hal ini dapat dilihat dari hasil kurva CV yang dihasilkan membentuk puncak oksidasi dan reduksi serta memiliki nilai reversibilitas ion yang paling baik.

Kata kunci: *Solid Polymer Electrolyte*, PVdF-HFP, PEO, TiO<sub>2</sub>, *Solution Casting*, *Immersing*, konduktivitas.

**MANUFACTURE AND CHARACTERIZATION OF SOLID POLYMER  
ELECTROLYTE PVdF-HFP/PEO/TiO<sub>2</sub>/LiBOB FOR LITHIUM BATTERY  
APPLICATIONS**

**BY**

**NURJANNAH MUSDALIFAH**

**08021181722008**

**ABSTRACT**

The use of lithium batteries as electrical energy storage in various electronic equipment is increasing. Fires in the use of lithium batteries are one of the incidents that often occur, so safety policies are the most important thing in using lithium batteries. Solid polymer electrolyte is considered as one of the solutions to ensure safety in lithium batteries. Solid polymer electrolyte with PVdF-HFP and PEO as a polymer and TiO<sub>2</sub> as an additive. The manufacture of solid polymer electrolyte uses the solution casting method with the addition of variations of the LiBOB electrolyte in the immersing process which aims to increase the conductivity of the lithium batteries made. The addition of LiBOB electrolyte solution in the immersing process can increase the conductivity of the lithium battery performance by  $10^{-6}$  S/cm. XRD results showed a decrease in crystallinity which resulted in an amorphous phase solid polymer electrolyte, SEM results showed many pores produced by SPE. Using a LiBOB (EC: DEC: EMC) electrolyte produces chemical stability of 3.30 V and provides good electrochemical properties. This can be seen from the results of the resulting CV curve which forms the peak of oxidation and reduction and has the best ion reversibility value.

Keywords: Solid Polymer Electrolyte, PVdF-HFP, PEO, TiO<sub>2</sub>, Solution Casting, Immersing, conductivity.

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 <i>Solid Polymer Electrolyte</i> .....	5
2.2 PEO ( <i>Poly Ethylene Oxide</i> ) .....	5
2.3 PVdF-HFP ( <i>Poly vinylidene fluoride-co-hexafluoropropylene</i> ) .....	6
2.4 Katoda LiFePO <sub>4</sub> ( <i>Lithium Ferro Phosphate</i> ) .....	7
2.5 TiO <sub>2</sub> ( <i>Titanium dioksida</i> ) .....	8
2.6 Garam LiBOB ( <i>Lithium Bis (Oxalate) Borate</i> ) .....	8
2.7 <i>Ethylene Carbonate</i> (EC) .....	9
2.8 <i>Diethyl Carbonate</i> (DEC) .....	10
2.9 <i>Ethyl Methyl Carbonate</i> (EMC) .....	11
2.10 Metode <i>Solution Casting</i> .....	12
2.11 Karakterisasi Sampel .....	12
2.11.1 Penyerapan Larutan Elektrolit LiBOB .....	12
2.11.2 SEM ( <i>Scanning Electron Microscope</i> ) .....	13
2.11.3 FTIR ( <i>Fourier Transform Infrared</i> ) .....	14
2.11.4 XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ) .....	14
2.11.5 (EIS) <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i> .....	16
2.11.6 CV ( <i>Cyclic Voltammetry</i> ) .....	17

2.11.7	LSV ( <i>Linear Sweep Voltammetry</i> ).....	18
<b>BAB II. METODE PENELITIAN</b> .....		19
3.1	Waktu dan tempat Penelitian.....	19
3.2	Alat dan Bahan Penelitian .....	19
3.2.1.	Peralatan Penelitian .....	19
3.2.2.	Bahan yang digunakan .....	20
3.3	Perhitungan Komposisi Bahan .....	21
3.3.1	Pembuatan Lembaran Polimer PVdF-HFP/PEO/TiO <sub>2</sub> .....	21
3.3.2	Pembuatan Larutan Elektrolit LiBOB .....	21
3.4	Tahap Penelitian .....	22
3.4.1	Pembuatan Lembaran <i>Solid Polymer Electrolyte</i> .....	22
3.4.2	Pembuatan Sel Baterai <i>Lithium</i> Dengan Menggunakan <i>Solid Polymer Electrolyte</i> PVdF-HFP/PEO/TiO <sub>2</sub> .....	23
3.5	Metode Penelitian.....	24
3.5.2	Pembuatan Lembaran Polimer .....	24
3.5.3	Pembuatan Larutan Elektrolit LiBOB Menggunakan Variasi <i>Solvent</i> .....	26
3.5.4	Pembuatan Sel Baterai <i>Lithium</i> Dengan Menggunakan <i>Solid Polymer Electrolyte</i> PVdF-HFP/PEO/TiO <sub>2</sub> .....	27
3.5.5	Data Hasil yang Diharapkan.....	29
3.5.6	Rancangan Penelitian .....	31
<b>BAB IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN</b> .....		32
4.1	Hasil Lembaran Pada Uji Termal. ....	32
4.2	Penyerapan Elektrolit Pada Lembaran Polimer.....	33
4.3	Hasil Karakterisasi SEM ( <i>Scanning Electron Microscopy</i> ).....	34
4.4	Karakterisasi XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ) .....	35
4.5	Hasil Karakterisasi FTIR ( <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> ) .....	38
4.6	Hasil Karakterisasi EIS ( <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i> ).....	<b>Error!</b>
	<b>Bookmark not defined.</b>	39
4.7	Hasil Karakterisasi LSV ( <i>Linear Sweep Voltammetry</i> ).....	42
4.8	Karakterisasi CV ( <i>Cyclic Voltammetry</i> ).....	43
<b>BAB V. PENUTUP</b> .....		46



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur Senyawa PEO.....	6
Gambar 2.2	Struktur Kimia PVdF-HFP.....	7
Gambar 2.3	Struktur Molekul TiO <sub>2</sub> .....	8
Gambar 2.4	Struktur Kimia Garam LiBOB.....	9
Gambar 2.5	Struktur Kimia <i>Ethlene Carbonate</i> .....	10
Gambar 2.6	Struktur Kimia <i>Diethyl Carbonate</i> .....	10
Gambar 2.7	Struktur Kimia <i>Ethyl Methyl Carbonate</i> .....	11
Gambar 2.8	ilustrasi sekamtis dari prosedur pembuatan SPE dengan metode <i>solution casting</i> .....	12
Gambar 2.9	Diagram skematik fungsi dasar dan cara kerja SEM.....	13
Gambar 2.10	Skema Alat Karakterisasi FTIR.....	14
Gambar 2.11	Difraksi sinar-X pada jarak antar atom $d$ dan sinar datang $\theta$ .....	15
Gambar 2.12	Voltammogram Siklik Reaksi Reduksi-Oksidasi.....	17
Gambar 3.1	Diagram alir tahapan pembuatan lembaran <i>solid polymer electrolyte</i> ....	22
Gambar 3.2	Diagram alir tahapan pembuatan sel baterai <i>lithium</i> dengan menggunakan solid polymer electrolyte PVdF-HFP/PEO/TiO <sub>2</sub> .....	23
Gambar 4.1	Penyusutan termal pada membran polimer PVdF-HFP/PEO/TiO <sub>2</sub> dan <i>commercial separator</i> (a) tanpa suhu; (b) suhu 50°C; (c) suhu 75°C; (d) suhu 100°C; (e) suhu 125°C.....	32
Gambar 4.2	Morfologi permukaan dengan SEM sampel <i>solid polymer electrolyte</i> (a) SPE LiBOB(EC:DEC); (b) SPE LiBOB(EC:EMC); (c) SPE LiBOB(EC:DEC:EMC).....	34
Gambar 4.3	Pola XRD membrane polimer tanpa elektrolit; (sampel 1) SPE LiBOB(EC:DC); (sampel 2) SPE LiBOB(EC:EMC); (sampel 3) SPE LiBOB (EC:DC:EMC).....	36
Gambar 4.4	Nilai puncak intensitas XRD pada membran polimer tanpa elektrolit; (sampel 1) SPE LiBOB(EC:DC); (sampel 2) SPE LiBOB(EC:EMC); (sampel 3) SPE LiBOB (EC:DC:EMC).....	37

Gambar 4.5	Grafik FTIR membran polimer tanpa elektrolit; (sampel 1) SPE LiBOB(EC:DC); (sampel 2) SPE LiBOB(EC:EMC); (sampel 3) SPE LiBOB (EC:DC:EMC).....	38
Gambar 4.6	Grafik EIS <i>solid polymer electrolyte</i> (1) <i>solid polymer electroyte</i> LiBOB(EC:DC); (2) <i>solid polymer electroyte</i> LiBOB(EC:EMC); (3) <i>solid polymer electroyte</i> LiBOB (EC:DC:EMC) .....	40
Gambar 4.7	Grafik Konduktivitas <i>solid polymer electrolyte</i> .....	41
Gambar 4.8	kurva LSV ( <i>Linear Sweeb Voltammetry</i> ) pada <i>solid polymer electrolyte</i> dengan pelarut LiBOB(EC:DEC:EMC) .....	42
Gambar 4.9	Grafik CV <i>solid polymer electrolyte</i> (1) <i>solid polymer electroyte</i> LiBOB(EC:DEC); (2) <i>solid polymer electroyte</i> LiBOB(EC:EMC); (3) <i>solid polymer electroyte</i> LiBOB(EC:DEC:EMC) .....	44

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Perbandingan komposisi pembuatan larutan elektrolit berbasis LiBOB .....	21
Tabel 3.2. Komposisi pembuatan pelarut elektrolit LiBOB .....	27
Tabel 3.3. Data yang diharapkan dari hasil karakterisasi uji termal, SEM, FTIR, XRD, EIS, LSV, dan CV .....	30
Tabel 3.4. Rancangan penelitian pengujian lembaran polimer dan <i>Solid Polymer Electrolyte</i> .....	31
Tabel 4.1. Persentase penyerapan elektrolit pada lembaran polimer .....	33
Tabel 4.2. Nilai konduktivitas sel baterai <i>lithium</i> pada bahan <i>Solid Polymer Electrolyte</i> PVdF- HFP/PEO/TiO <sub>2</sub> .....	41
Tabel 4.3. Nilai oksidasi dan reduksi pada hasil <i>Cyclic Voltammetry</i> .....	45

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pemakaian barang elektronik yang banyak digunakan seperti gadget dan laptop setiap tahun semakin tinggi penggunaannya, di dalam perangkat pada alat elektronik yang banyak digunakan kebanyakan membutuhkan baterai sebagai penyimpanan energi listriknya. Baterai pada alat elektronik yang banyak digunakan adalah baterai yang dapat diisi ulang atau baterai sekunder yaitu baterai litium yang dapat bekerja dengan baik serta memiliki kapasitas yang bernilai tinggi (Saputry et al., 2019).

Salah satu insiden yang sering terjadi pada penggunaan baterai litium adalah pada penggunaan alat transportasi seperti mobil listrik dan motor listrik yang mengalami kebakaran karena kebocoran pada elektrolit yang digunakan sehingga dapat menyebabkan kebakaran (Khurana et al., 2014). Sehingga salah satu solusi yang dapat mengatasi insiden tersebut adalah dengan penggunaan *solid polymer electrolyte* pada baterai litium yang memiliki keamanan yang baik sehingga aman digunakan pada alat transportasi maupun alat elektronik (Wardhani et al., 2017).

Keunggulan pada *Solid Polymer Electrolyte* yaitu memiliki stabilitas kimia dan elektrokimia yang baik sehingga tidak mudah terbakar dan juga proses pembuatannya lebih mudah (Kwon et al., 2014). Namun kekurangan dari elektrolit padat seperti *solid polymer electrolyte* ini jika dibandingkan dengan elektrolit cair yaitu pada elektrolit padat memiliki konduktivitas ioniknya yang masih rendah dibandingkan dengan elektrolit cair yang memiliki konduktivitas yang tinggi (Reddy, 2010).

Syarat suatu pembuatan *solid polymer electrolyte* yaitu memiliki kekuatan mekanik yang tinggi, memiliki suhu termal yang stabil, konduktivitas ion yang dihasilkan tinggi sebesar  $>10^{-5} \text{ S cm}^{-1}$ , menghasilkan sampel dalam ukuran tipis sekitar ( $\sim 40 \mu\text{m}$ ) (Wigayati et al., 2018)

Senyawa yang banyak digunakan untuk elektrolit pada baterai litium adalah Garam LiBOB (*Lithium Bis (Oxalate)*) Borate, karena garam LiBOB merupakan garam tidak terdapat unsur halogen yang dianggap sebagai pencemaran lingkungan sehingga pada garam LiBOB lebih aman dan ramah lingkungan. Garam LiBOB memiliki stabilitas termal dan retensi kapasitas yang baik dari pada garam  $\text{LiPF}_6$ . Tetapi kelebihan pada

garam  $\text{LiPF}_6$  memiliki konduktivitas yang lebih tinggi dari pada garam  $\text{LiBOB}$ , garam  $\text{LiBOB}$  memiliki konduktivitas sebesar  $6 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$  (Wigayati et al., 2018).

Menurut (Patla et al., 2018) pencampuran polimer adalah teknik yang dapat dilakukan dalam pembuatan SPE dalam konteks tergantung pada sifat komponen polimer dan kondisi pencampurannya. Berdasarkan pada campuran poli (*vinylidene fluoride*) dan poli (*etilena oksida*) (PVdF-PEO) disiapkan secara fase teknik inversi, di mana penambahan PEO jelas dapat meningkatkan konfigurasi pori, seperti ukuran pori, porositas, dan konektivitas pori berbasis PVdF berbasis mikro membran, dan akibatnya, ionik suhu kamar konduktivitas sangat ditingkatkan (Xie et al., 2020).

Pada penelitian (Xi et al., 2006) Porositas tertinggi sekitar 84% dan konduktivitas ionik sekitar  $2 \text{ m S/cm}$  dapat diperoleh ketika rasio berat PEO terhadap PVdF adalah 50%. Ini menyiratkan bahwa PVdF-PEO memadukan elektrolit polimer berbasis mikro dapat digunakan sebagai kandidat elektrolit atau bahan pemisah untuk baterai *lithium* isi ulang kinerja tinggi. Dalam campuran PEO / PVdF – HFP demikian pula, mobilitas ionik, konsentrasi pembawa muatan, koefisien difusi ion juga ditemukan meningkat dengan penambahan nanopartikel  $\text{TiO}_2$  Polietilena (Prabakaran et al., 2015). Polimer PEO yang paling menjanjikan dalam aplikasi seperti baterai *solid-state* karena fleksibilitas yang lebih baik, stabilitas kimia, dan kompleksasi yang tepat. Dimasa depan penggunaan campuran polimer diharapkan meningkat karena sifat fisiknya yang menguntungkan (Yesappa et al., 2019). Dalam penelitian ini dilakukan pembuatan *solid polymer electrolyte* dengan penambahan variasi elektrolit  $\text{LiBOB}$  pada proses *immersing*. Tujuan penambahan  $\text{TiO}_2$  dalam penelitian ini adalah untuk meningkatkan konduktivitas ion pada SPE, meningkatkan reversibilitas dan mampu menyimpan energi dalam baterai serta dapat menjaga karakter polimernya (Lestariningsih et al., 2017). Serta tujuan dari pencampuran polimer yang dilakukan untuk mengurangi derajat kristalinitas yaitu karena perpindahan ion dapat terjadi pada daerah amorf saja. Terkhusus pada polimer polietilen oksida (PEO) yang memiliki titik leleh yang tinggi sehingga daya tarik yang dihasilkan lebih besar (Xi & Tang, 2004).

Metode yang digunakan dalam pembuatan *solid polymer electrolyte* adalah metode *solution casting*. Menggunakan metode *solution casting* mampu menghomogenkan bahan kimia serta larutan polimer sehingga menghasilkan struktur membran yang baik (Wigayati et al., 2018). Membran yang dihasilkan dapat

diaplikasikan untuk elektrolit padat atau yang disebut sebagai *solid polymer electrolyte* dan juga sebagai separator sebagai pemisah antara anoda dan katoda pada sel baterai litium. Karakterisasi pada penelitian ini menggunakan uji termal untuk mengetahui stabilitas termal pada lembaran polimer yang dibuat, SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk memonitor morfologi permukaan sampel, FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) untuk mengidentifikasi senyawa, mendeteksi gugus fungsi dan bilangan gelombang, XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk mengidentifikasi jenis fasa yang terbentuk serta pengamatan struktur kristal, EIS (*Electrochemical Impedance Spectroscopy*) untuk mengetahui konduktivitas dan difusi ion *lithium* pada material aktif yang digunakan, LSV (*Linear Sweep Voltammetry*) digunakan untuk mengetahui stabilitas elektrokimia pada *solid polymer electrolyte* serta CV (*Cyclic Voltammetry*) untuk menentukan pola reduksi dan oksidasi serta arus dan tegangan yang dihasilkan pada baterai.

Beberapa Penelitian yang sudah melakukan pembuatan SPE (*solid polymer electrolyte*) dengan metode dan bahan yang hampir menyerupai adalah (Dhatarwal & Sengwa, 2020) yang berjudul *Dielectric polarization and relaxation processes of the lithium-ion conducting PEO/PVDF blend matrix-based electrolytes: effect of TiO<sub>2</sub> nanofiller*. Dimana pada penelitiannya menjelaskan pengaruh konsentrasi nanofiller TiO<sub>2</sub> pada polarisasi dielektrik dan proses relaksasi ion litium. Dalam penelitian menggunakan bahan *blend* polimer PEO dan PVdF, LiClO<sub>4</sub> sebagai garam litium dan TiO<sub>2</sub> sebagai aditif. Pembuatannya menggunakan metode *solution casting* dalam pembentukan elektrolit padat yang dibuat.

Adapun Jurnal oleh (Prabakaran et al., 2015) yang berjudul *Improved electrochemical and photovoltaic performance of dye sensitized solar cells based on PEO/PVDF–HFP/silane modified TiO<sub>2</sub> electrolytes and MWCNT/Nafion counter electrode* menjelaskan bahwa membran elektrolit polimer nanokomposit disiapkan dengan menggunakan teknik *solvent-casting* dengan bahan polimer PVdF-HFP dan PEO yang dilarutkan dalam DMF lalu ditambahkan TiO<sub>2</sub>. Dalam campuran PEO / PVdF – HFP demikian pula, mobilitas ionik, konsentrasi pembawa muatan, koefisien difusi ion juga ditemukan meningkat dengan penambahan nanopartikel TiO<sub>2</sub> Polietilena.

Keterbaruan pada penelitian ini adalah pada pembuatan SPE (*solid polymer electrolyte*) menggunakan bahan polimer bland PEO/PVdF-HFP/TiO<sub>2</sub> dengan metode

*solution casting* serta penambahan variasi elektrolit LiBOB menggunakan proses *immersing* untuk meningkatkan konduktivitas pada *solid polymer electrolyte* yang dibuat.

## 1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Apakah proses perendaman *solid polymer electrolyte* (SPE) menggunakan pelarut elektrolit LiBOB dapat mempengaruhi performa baterai *lithium*?
2. Bagaimana hasil karakterisasi pada *solid polymer electrolyte*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah di atas dapat diambil beberapa tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh larutan elektrolit LiBOB pada proses *immersing solid polymer electrolyte* (SPE) pada performa baterai *lithium*.
2. Untuk mengetahui dan menganalisa hasil karakterisasi pada *solid polymer electrolyte* (SPE) yang dibuat
3. Meningkatkan konduktivitas pada *solid polymer electrolyte* terhadap performa baterai *lithium*.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah bahan yang digunakan dalam pembuatan elektrolit padat berupa campuran polimer PEO dan PVdF-HFP, dengan bahan aditif berupa TiO<sub>2</sub>. Pembuatan dilakukan dengan menggunakan metode *solution casting*, serta dilakukan penambahan garam LiBOB dengan cara proses perendaman (*immersing*). Karakterisasi yang dilakukan berupa karakterisasi Uji Termal, SEM, FTIR, XRD, EIS, LSV dan CV

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk meningkatkan performa dan efisiensi *solid polymer electrolyte* (SPE) sebagai teknologi potensial yang ramah lingkungan.
2. Menghasilkan *solid polymer electrolyte* yang memiliki konduktivitas ion tinggi sehingga meningkatkan kinerja baterai.
3. Untuk menghasilkan *solid polymer electrolyte* dengan kualitas mekanik yang lebih bagus.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, S. Z. Z., Ali, A. M. M., Hassan, O. H., & Yahya, M. Z. A. (2013). *Electrochemical Studies on Cellulose Acetate-LiBOB Polymer Gel Electrolytes*. 8, 7320–7326.
- Alfarisa, S., Rifai, D. A., & Toruan, P. L. (2018). *Studi Difraksi Sinar-X Struktur Nano Seng Oksida ( ZnO ) X-ray Diffraction Study on ZnO Nanostructures*. 2(2), 53–57.
- Anggraeni, W., & Manurung, P. (2014). Sintesis dan Karakterisasi ZrO<sub>2</sub>-CuO Sebagai Fungsi Perbandingan Mol. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 02(02), 117–124.
- Arya, A., & Sharma, A. L. (2017). *Polymer electrolytes for lithium ion batteries : a critical study Polymer electrolytes for lithium ion batteries : a critical study*. May 2018, 15–16. <https://doi.org/10.1007/s11581-016-1908-6>
- Azeez, F., & Fedkiw, P. S. (2010). Conductivity of libob-based electrolyte for lithium-ion batteries. *Journal of Power Sources*, 195(22), 7627–7633. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2010.06.021>
- Dhatarwal, P., & Sengwa, R. J. (2020). Dielectric polarization and relaxation processes of the lithium-ion conducting PEO/PVDF blend matrix-based electrolytes: effect of TiO<sub>2</sub> nanofiller. *SN Applied Sciences*, 2(5). <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2656-9>
- Egerton, Ray F. 2005. *Physical Principles Of Electron Microscopy: An Introduction to TEM, SEM, and AEM*. Kanada: University of Alberta.
- Ding, M. S., Xu, K., Zhang, S. S., Amine, K., Henriksen, G. L., & Jow, T. R. (2001). Change of Conductivity with Salt Content, Solvent Composition, and Temperature for Electrolytes of LiPF<sub>6</sub> in Ethylene Carbonate-Ethyl Methyl Carbonate. *Journal of The Electrochemical Society*, 148(10), A1196. <https://doi.org/10.1149/1.1403730>
- Ghufira, Yudha, S. P., Angasa, E., Triyogo, F., & Fitriyaningsih, E. (2013). Studi Konduktivitas Ionik Polimer Elektrolit PEO - Bentonit -. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, 143–148.



- Hadiyati, N. A., Maulana, E. dan Setyawati, O., 2018. Pemodelan dan Analisis Baterai Lithium Ion 3, 2V LiFeP04 Single Cells, *Jurnal Mahasiswa TEUB*, 5, 6.
- Hindrayawati & Mujiyanti. (2010). Jenis-jenis dan sifat-sifat bambu, silika, ekstraksi silika, keramik silika, dan karakterisasinya. Skripsi. Universitas Lampung, Lampung.
- Herlina, H., Zulfikar, M. A., & Buchari, B. (2018). Cyclic Voltammetry Study of Mediated Electrochemical Oxidation Using Platinum Wire, Pt/Co(OH)<sub>2</sub> and Pt/Co Electrodes In Various Supporting Electrolytes. *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*, 3(2), 82. <https://doi.org/10.20961/jkpk.v3i2.22330>
- Izzah, N., 2020. Siringmakar 27: Komposit Bioplastik, Kemasan Ramah Lingkungan Untuk Masa Depan. Warung Sains Teknologi (Warstek).
- Khurana, R., Schaefer, J. L., Archer, L. A., & Coates, G. W. (2014). Suppression of lithium dendrite growth using cross-linked polyethylene/poly(ethylene oxide) electrolytes: A new approach for practical lithium-metal polymer batteries. *Journal of the American Chemical Society*, 136(20), 7395–7402. <https://doi.org/10.1021/ja502133j>
- Krishna Jyothi, N., Venkataratnam, K. K., Narayana Murty, P., & Vijaya Kumar, K. (2016). Preparation and characterization of PAN-KI complexed gel polymer electrolytes for solid-state battery applications. *Bulletin of Materials Science*, 39(4), 1047–1055. <https://doi.org/10.1007/s12034-016-1241-8>
- Kufian, M. Z., Arof, A. K., & Ramesh, S. (2019). PMMA-LiBOB Gel Polymer Electrolytes in Lithium-Oxygen Cell. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 515(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/515/1/012010>
- Kwon, S. J., Kim, D. G., Shim, J., Lee, J. H., Baik, J. H., & Lee, J. C. (2014). Preparation of organic/inorganic hybrid semi-interpenetrating network polymer electrolytes based on poly(ethylene oxide-co-ethylene carbonate) for all-solid-state lithium batteries at elevated temperatures. *Polymer*, 55(12), 2799–2808. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2014.04.051>

- Lestariningsih, T., Sabina, Q., & Majid, N. (2017). Pusat Penelitian LIPI, Kawasan PUSPITEK Serpong Gd. 440-442 Tangerang Selatan. *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*, 07(01), 31–37.
- Lestariningsih, T., Sabrina, Q., Ratri, C. R., & Nuroniah, I. (2019). Structure, thermal and electrical properties of PVDF-HFP/LiBOB solid polymer electrolyte. *Journal of Physics: Conference Series*, 1191(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1191/1/012026>
- Logan, E.R. dan Dhan, J.R., 2018. Studi Sifat Fisik Elektrolit Baterai Li-Ion yang Mengandung Ester J. *Electrochem. Soc.* 165 (2): A21 – A30. doi : 10.1149 / 2.0271802jes . OSTI 1469344 .
- Marfuatun. (2011). Membran Elektrolit untuk Aplikasi Baterai Ion Lithium. *Prosiding SEMinar Nasional Penelitian, Pendidikan Dan Penerapan MIPA*, K-183-K-188.
- Myint, Y. W., Moe, T. T., Linn, W. Y., Chang, A., & Win, P. P. (2017). The Effect Of Heat Treatment On Phase Transformation And Morphology Of Nano-Crystalline Titanium Dioxide Tio<sub>2</sub>. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 6(6), 293–299. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24095.41128>
- Patla, S. K., Ray, R., Asokan, K., & Karmakar, S. (2018). Investigation of ionic conduction in PEO-PVDF based blend polymer electrolytes. *Journal of Applied Physics*, 123(12). <https://doi.org/10.1063/1.5022050>
- Prabakaran, K., Mohanty, S., & Nayak, S. K. (2015). PEO/PVdF–HFP electrolytes for natural dye sensitized solar cell applications: effect of modified nano-TiO<sub>2</sub> on electrochemical and photovoltaic performance. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 26(6), 3887–3897. <https://doi.org/10.1007/s10854-015-2916-4>
- Prasetyo, Y., 2011. Scanning Electron Microscope SEM Dan Optical Emission Spectroscopy. <https://yudiprasetyo53.wordpress.com/2011/11/07/scanningelectron-microscope-sem-dan-optical-emission-spectroscopy>

- Rashad, M. M., Shalan, A. E., Lira-Cantú, M., & Abdel-Mottaleb, M. S. A. (2013). Enhancement of TiO<sub>2</sub> nanoparticle properties and efficiency of dye-sensitized solar cells using modifiers. *Applied Nanoscience (Switzerland)*, 3(2), 167–174. <https://doi.org/10.1007/s13204-012-0117-5>
- Ratri, C. R., Sabrina, Q., & Lestariningsih, T. (2019). Application of LiBOB-PVdF-co-HFP solid polymer electrolyte in Li-ion battery and Comparison to Its Conventional Counterpart. *Journal of Physics: Conference Series*, 1191(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1191/1/012025>
- Reddy, T. (2010). *Linden's Handbook of Batteries*, 4th Edition: McGraw-Hill Education.
- Saputry, A. P., Lestariningsih, T., & Astuti, Y. (2019). Pengaruh Rasio LiBOB:TiO<sub>2</sub> dari Lembaran Polimer Elektrolit sebagai Pemisah terhadap Kinerja Elektrokimia Baterai Lithium- Ion Berbasis LTO Agriccia. *Journal of Scientific and Applied Chemistry*, 22(4), 136–142.
- Setiabudi, A., Hardian, R. dan Muzakir, A., 2012. *Karakterisasi Material Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia*. Bandung : UPI PRESS.
- Shukla, K., & Srivastava, V. C. (2016). Diethyl carbonate: Critical review of synthesis routes, catalysts used and engineering aspects. *RSC Advances*, 6(39), 32624–32645. <https://doi.org/10.1039/c6ra02518h>
- Waluyo, H., & Noerochiem, L. (2014). Pengaruh Temperatur Hydrothermal terhadap Baterai Ion Lithium Type Aqueous Elektrolit. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 3(2), 2–7.
- Wang, J. (2000) *Analytical Electrochemistry*. 2nd Edition, Wiley-VCH, New York. <https://doi.org/10.1002/0471228230>
- Wardhani, A. S. S., Ni'mah, Y. L., & Harmami. (2017). *Studi Konduktivitas Solid Polymer Electrolyte (SPE)*. 6(2), 32–35.

- Wigayati, E. M., Purawiardi, I., & Sabrina, Q. (2018). Karakteristik Morfologi Permukaan Pada Polimer PVdF-LiBOB-ZrO<sub>2</sub> dan Potensinya untuk Elektrolit Baterai Litium. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 40(1), 1. <https://doi.org/10.24817/jkk.v0i0.3028>
- Wigayati, E. M., & Purawiardi, R. I. (2015). Analisis Pengaruh Mechanical Milling menggunakan Planetary Ball Milling terhadap Struktur Kristal dan Struktur Mikro Senyawa LiBOB. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 16(3), 126–132. <http://jusami.batan.go.id>
- Xi, J., Qiu, X., Li, J., Tang, X., Zhu, W., & Chen, L. (2006). PVDF-PEO blends based microporous polymer electrolyte: Effect of PEO on pore configurations and ionic conductivity. *Journal of Power Sources*, 157(1), 501–506. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2005.08.009>
- Xi, J., & Tang, X. (2004). Enhanced lithium ion transference number and ionic conductivity of composite polymer electrolyte doped with organic-inorganic hybrid P123@SBA-15. *Chemical Physics Letters*, 400(1–3), 68–73. <https://doi.org/10.1016/j.cplett.2004.10.094>
- Xie, R., Weisen, A. R., Lee, Y., Aplan, M. A., Fenton, A. M., Masucci, A. E., Kempe, F., Sommer, M., Pester, C. W., Colby, R. H., & Gomez, E. D. (2020). Glass transition temperature from the chemical structure of conjugated polymers. *Nature Communications*, 11(1), 4–11. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-14656-8>
- Yesappa, L., Ashokkumar, S. P., Vijeth, H., Basappa, M., Ganesh, S., & Devendrappa, H. (2019). Effect of electron beam irradiation on structure, morphology, and optical properties of PVDF-HFP/PEO blend polymer electrolyte films. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 322(1), 5–10. <https://doi.org/10.1007/s10967-019-06466-0>
- Zebardastan, N., Khanmirzaei, M. H., Ramesh, S., & Ramesh, K. (2017). Presence of NaI in PEO/PVdF-HFP blend based gel polymer electrolytes for fabrication of dye-sensitized solar cells. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 66(September 2016), 144–148. <https://doi.org/10.1016/j.mssp.2017.04.016>

- Zhang, Q., Liu, K., Ding, F., & Liu, X. (2017). Recent advances in solid polymer electrolytes for lithium batteries. *Nano Research*, 10(12), 4139–4174. <https://doi.org/10.1007/s12274-017-1763-4>
- Zhang, S. S., Jow, T. R., Amine, K., & Henriksen, G. L. (2002). *LiPF<sub>6</sub> ± EC ± EMC electrolyte for Li-ion battery*. 107, 18–23.
- Zhao, L., Fu, J., Du, Z., Jia, X., Qu, Y., Yu, F., Du, J., & Chen, Y. (2020). High-strength and flexible cellulose/PEG based gel polymer electrolyte with high performance for lithium ion batteries. *Journal of Membrane Science*, 593(April 2019), 117428. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2019.117428>
- Zhuang, G. V, Xu, K., Yang, H., Jow, T. R., & Ross, P. N. (2005). *Lithium Ethylene Dicarboxylate Identified as the Primary Product of Chemical and Electrochemical Reduction of EC in 1 . 2 M LiPF<sub>6</sub> / EC : EMC Electrolyte*. 17567–17573.