

**PEMBUATAN SOLID POLYMER ELEKTROLYTE DENGAN PENCAMPURAN
DUA POLIMER (PVDF-HFP DAN PEO) SERTA MODIFIKASI FILLER**

SKRIPSI

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains Program Studi Fisika**



Oleh:

Reyhan Fikri Mushaddaq

08021281823034

JURUSAN FISIKA

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2021

LEMBARAN PENGESAHAN

**PEMBUATAN SOLID POLYMER ELEKTROLYTE DENGAN PENCAMPURAN DUA
POLIMER (PVDF-HFP DAN PEO) SERTA MODIFIKASI FILLER**

SKRIPSI

Dibuat sebagai syarat untuk memenuhi kurikulum sarjana di jurusan Fisika Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya

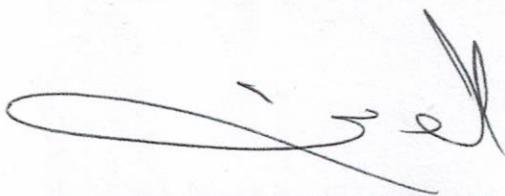
Oleh:

REYHAN FIKRI MUSHADDAQ

NIM. 08021281823034

Indralaya, 29 Mei 2022

Pembimbing I



Dr. Akhmad Aminuddin Bama, M.Si
NIP. 196009291992032001

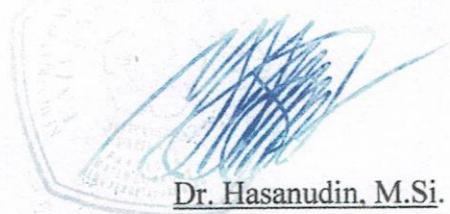
Pembimbing II



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

Mengetahui,

PLT. Ketua Jurusan Fisika
Wakil Dekan I Bidang Akademik



Dr. Hasanudin, M.Si.
NIP.197205151997021003



**PUSAT RISET FISIKA
BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL**

Kawasan PUSPIPTEK Tangerang Selatan 15314
Telepon 021-7560556
Email: prfisika@brin.go.id

SURAT KETERANGAN

Nomor: B-2378/V/TU.05.01/1/2022

Yang bertanda tangan dibawah ini menerangkan bahwa mahasiswa:

Nama : Reyhan Fikri Mushaddaq
NIM : 08021281823034
Perguruan Tinggi : Universitas Sriwijaya
Fakultas : Fisika FMIPA
Waktu Penelitian : Juni 2021- September 2021
Judul Penelitian : Pembuatan *Solid Polymer Elektrolyte* Dengan Pencampuran Dua Polimer (PVDF-HFP dan PEO) Serta Modifikasi Filler

telah menyelesaikan kegiatan Tugas Akhir (TA) di Pusat Riset Fisika – BRIN Serpong, dengan pembimbing:

Dra. Titik Lestariningsih, M.T.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Tangerang Selatan, 01 Februari 2022

Plt. Kepala Pusat Riset Fisika – BRIN



Dr. Rike Yudianti



Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat dari BSrE, silahkan lakukan verifikasi pada dokumen elektronik yang dapat diunduh dengan melakukan scan QR Code



PUSAT RISET FISIKA BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL

Kawasan PUSPIPTEK Tangerang Selatan 15314
Telepon 021-7560556
Email: prfisika@brin.go.id

PENILAIAN TUGAS AKHIR (TA)

Yang bertanda tangan dibawah ini menerangkan bahwa mahasiswa:

Nama : Reyhan Fikri Mushaddaq
NIM : 08021281823034
Perguruan Tinggi : Universitas Sriwijaya
Fakultas : Fisika FMIPA
Waktu Penelitian : Juni 2021- September 2021
Judul Penelitian : Pembuatan *Solid Polymer Elektrolyte* Dengan Pencampuran Dua Polimer (PVDF-HFP dan PEO) Serta Modifikasi Filler

telah menyelesaikan kegiatan Tugas Akhir (TA) di Pusat Riset Fisika – BRIN dengan hasil:

No	Aspek Penilaian	Bobot	Nilai	Nilai Akhir
1	Kehadiran	30 %	92	27,60
2	Penguasaan Materi	15 %	89	13,35
3	Keterampilan	15 %	87	13,05
4	Interpersonal	15 %	87	13,05
5	Laporan	25 %	89	22,25
Jumlah Nilai Akhir				89,30

Tangerang Selatan, 01 Januari 2022

Pembimbing

Mengetahui,
Plt. Kepala Pusat Riset Fisika – BRIN

Dra. Titik Lestariningsih, M.T.

Dr. Rike Yudianti



Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat dari BSrE, silahkan lakukan verifikasi pada dokumen elektronik yang dapat diunduh dengan melakukan scan QR Code

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, Mahasiswa Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya:

Nama : Reyhan Fikri Mushaddaq

NIM : 08021281823034

Judul TA : Pembuatan *Solid Polymer Elektrolyte* dengan Pencampuran Dua Polimer (PVDF-HFP dan PEO) serta Modifikasi Filler

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya susun dengan judul tersebut adalah asli atau orisinalitas dan mengikuti etika penulisan karya tulis ilmiah sampai pada waktu skripsi ini diselesaikan, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains di program studi fisika universitas sriwijaya.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun. Apabila dikemudian hari terdapat kesalahan ataupun keterangan palsu dalam surat pernyataan ini, maka saya siap bertanggung jawab secara akademik dan bersedia menjalani proses hukum yang telah ditetapkan.

Indralaya, 29 mei 2022

Yang menyatakan



Reyhan Fikri Mushaddaq

NIM.08021281823034

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir dan skripsi. Tugas akhir ini dilaksanakan di Pusat Penelitian Fisika (P2F) Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) kawasan Puspitek Serpong, Tangerang Selatan, dengan tujuan untuk memperoleh gelar sarjana sains di jurusan fisika. Adapun judul pada skripsi saya adalah “Pembuatan Solid Polymer Elektrolyte dengan Pencampuran Dua Polimer (PVDF-HFP dan PEO) Serta Modifikasi Filler”. Pada kesempatan kali ini, saya mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak memberikan dukungan baik berupa bimbingan, nasihat, semangat, materi, kritik dan sarannya, diantaranya:

1. Kedua orang tua saya atas kasih sayang, yang selalu memberikan semangat, dukungan, doa dan perhatian yang tiada habisnya.
2. Ibu Dra. Titik Lestariningsih selaku pembimbing dari PPF LIPI yang telah banyak membimbing dan mengarahkan saya selama melakukan kerja praktek
3. Dra. Titik Lestariningsih dan Dr. Akhmad Aminuddin Bama, selaku pembimbing-pembimbing yang telah banyak memberikan masukan dan arahan kepada saya
4. Teman - teman saya yang melaksanakan tugas akhir bersama di PPF LIPI.
5. Teman seperjuangan saya, Wahyuningsi yang selalu memberikan semangat, selalu mendukung dari awal sampai akhir, selalu memberikan nasehat, bantuan serta masukan – masukan.
6. dan seluruh pihak terkait yang telah banyak membantu dalam pembuatan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu

Sesungguhnya dalam pembuatan ini masih banyak kekeliruan baik dalam dasar teori maupun penulisannya yang diberikan, karena itu saya mohon maaf dan akan selalu menunggu saran dan kritik dari berbagai pihak instansi terkait. Saya juga memiliki keterbatasan pengetahuan. Oleh karena itu, saya sangat mengharapkan bantuan pembelajaran yang sifatnya membantu dan membangun dalam.

Akhir kata saya mengucapkan terima kasih dan semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca

Palembang, februari 2022

Reyhan Fikri Mushaddaq

**PEMBUATAN SOLID POLYMER ELEKTROLYTE DENGAN PENCAMPURAN
DUA POLIMER (PVDF-HFP DAN PEO) SERTA MODIFIKASI FILLER**

Reyhan Fikri Mushaddaq

*Jurusana Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya,
Sumatera selatan, Indonesia*

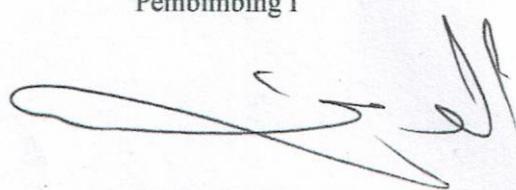
ABSTRAK

Baterai lithium-ion telah digunakan sebagai media penyimpan energi listrik portabel karena memiliki densitas energi tinggi dan siklus hidup yang panjang. penyimpanan energi pada baterai lithium-ion disebabkan oleh polimer elektrolit. Polimer elektrolit yang digunakan biasanya adalah *solid polymer electrolyte*. *Solid polymer electrolyte* memiliki polimer inang. Salah satu polimer yang sering digunakan adalah *Poly (ethylene oxide)* (PEO), namun PEO memiliki kelemahan dimana SPE berbasis PEO memiliki konduktivitas ionik yang rendah jika dibuat di suhu kamar. Kelemahan ini dapat dihilangkan dengan menggabungkan PEO dengan polimer lain yaitu *poly vinylidene fluoride- hexafluoropropylene* (PVDF-HFP). Penelitian ini bertujuan untuk membuat lembaran polimer elektrolit yang berisi kombinasi dua polimer yaitu PEO dan PVdF-HFP sebagai polimer, titanium oksida (TiO_2) yang direndam di 2% asam sulfat sebagai filler, *lithium bis(oxalato) borate* (LiBOB) sebagai garam lithium dan mengetahui sifat-sifat baik morfologi, struktur kristal dan konduktivitas ioniknya. Karakterisasi lembaran elektrolit dilakukan menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM), X-ray Diffraction (XRD), dan Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS). Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa morfologi permukaan pada lembar *solid polymer electrolyte* berpori dengan porositas sebesar 43,27 %, kemudian Kristalinitas dari lembar sebesar 28,254 % dan konduktivitas ionik nya sebesar $5,626 \times 10^{-8}$ S/cm.

Kata Kunci: *solid polymer electrolyte*, *poly vinylidene fluoride- hexafluoropropylene*, *Poly (ethylene oxide)*, modifikasi filler, porositas, kristalinitas, konduktivitas ionik

Indralaya, 29 Mei 2022

Pembimbing I



Dr. Ahmad Aminuddin Bama, M.Si
NIP. 196009291992032001

Pembimbing II

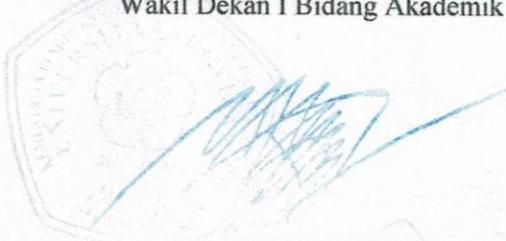
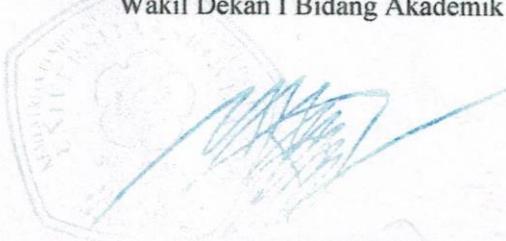


Dra. Titik Lestariningsih, M.T.
NIP. 196806252007012002

Mengetahui,

PLT. Ketua Jurusan Fisika

Wakil Dekan I Bidang Akademik

Dr. Hasanudin, M.Si.
NIP.197205151997021003

**MAKING SOLID POLYMER ELECTROLYTE WITH THE MIXING OF
TWO POLYMERS (PVDF-HFP AND PEO) AND FILLER MODIFICATION**

Reyhan Fikri Mushaddaq

Department of Physics, Faculty of Mathematics and Natural Science, University of Sriwijaya, South Sumatera, Indonesia

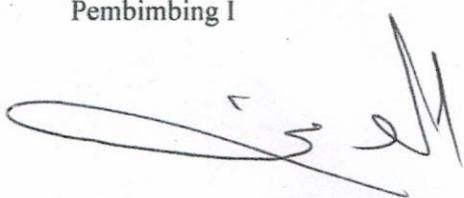
ABSTRAK

Lithium-ion batteries have been used as a portable electrical energy storage medium because of their high energy density and long cycle life. energy storage in lithium-ion batteries caused by polymer electrolytes. The polymer electrolyte that is usually used is a solid polymer electrolyte. Solid polymer electrolyte contains a host polymer. One of the polymers that is often used is Poly (ethylene oxide) (PEO), but PEO has a weakness where PEO-based SPE has a low ionic conductivity at room temperature. This weakness can be eliminated by combining PEO with another polymer, that is poly vinylidene fluoride-hexafluoropropylene (PVDF-HFP). This study aims to make an electrolyte polymer sheet containing a combination of two polymers, namely PEO and PVdF-HFP as polymers, titanium oxide (TiO_2) immersed in 2% sulfuric acid as filler, lithium bis(oxalato) borate (LiBOB) as lithium salt and to know the good properties of its morphology, crystal structure and ionic conductivity. The electrolytic sheet characterization was carried out using Scanning Electron Microscopy (SEM), X-ray Diffraction (XRD), and Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS). The results of the study showed that the surface morphology of the electrolyte solid polymer sheet was porous with a porosity of 43.27%, then the crystallinity of the sheet was 28.254% and the ionic conductivity was $5,626 \times 10^{-8}$ S/cm.

Keywords: *Solid Polymer Elektrolyte, poly vinylidene fluoride- hexafluoropropylene, Poly (ethylene oxide), Filler Modification, porosity crystallinity, ionic conductivity*

Indralaya, 29 Mei 2022

Pembimbing I



Dr. Akhmad Aminuddin Bama, M.Si
NIP. 196009291992032001

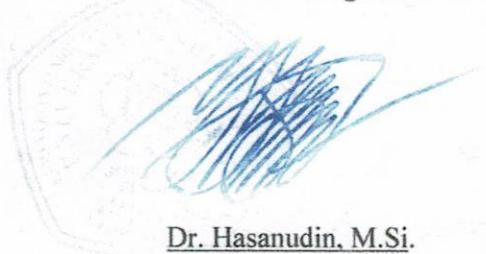
Pembimbing II



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

Mengetahui,

PLT. Ketua Jurusan Fisika
Wakil Dekan I Bidang Akademik



Dr. Hasanudin, M.Si.
NIP.197205151997021003

DAFTAR ISI

LEMBARAN PENGESAHAN	i
SURAT KETERANGAN	ii
PENILAIAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Baterai Lithium-Ion	3
2.2 <i>Solid Polymer Elektrolyte</i>	4
2.3 <i>Poly (vinylidene fluoridehexafluoropropylene)</i> (PVdF-HFP)	4
2.4 <i>Poly (ethylene oxide)</i> (PEO)	5
2.5 <i>N, N-Dimethylacetamide</i>	5
2.6 <i>Lithium bis (oxalato) borate</i> (LIBOB)	5
2.7 <i>Titanium Okside</i> (TiO_2)	6
2.8 <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	6
2.9 <i>X-ray Diffraction</i> (XRD)	8
2.11 <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i> (EIS)	9
BAB III METODE PENELITIAN	10

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	10
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	10
3.2.1 Alat Penelitian.....	10
3.2.2 Bahan Penelitian	10
3.3 Tahapan Penelitian	11
3.4 Alur Penelitian	11
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	12
4.1 Pembuatan TiO ₂ yang Dimodifikasi dengan Perendaman di 2% H ₂ SO ₄	12
4.2 Pembuatan Lembaran <i>Solid Polymer Electrolyte</i>	12
4.3 Karakterisasi Lembaran <i>Solid Polymer Electrolyte</i>	13
4.4 Analisis Hasil Karakterisasi.....	19
BAB V PENUTUP	21
5.1 kesimpulan	21
DAFTAR PUSTAKA	22
Lampiran 1. Tabel porositas dan hasil mentah Analisa EIS dari SPE.....	26
Lampiran 2. Gambar alat dan bahan Pembuatan SPE serta alat karakteriasi SPE.....	28

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Baterai lithium ion merupakan salah satu jenis baterai yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi teknologi seperti alat-alat listrik portabel, kendaraan listrik dan sebagainya. Namun, masalah keamanan terkait cairan elektrolit yang mudah terbakar telah menjadi kendala utama dalam pengembangan baterai lithium ion. Dalam beberapa dekade terakhir, *solid polymer electrolyte* (SPE) telah menarik banyak perhatian karena dapat meningkatkan stabilitas dan keamanan elektrokimia dari Baterai lithium ion. Tetapi, konduktivitas ion yang buruk dari SPE tetap menjadi masalah yang belum terselesaikan yang membatasi aplikasi nya (Banitaba dkk., 2019).

Untuk meningkatkan konduktivitas ioniknya, banyak peneliti memodifikasi *solid polymer electrolyte* dengan menggabungkan dua jenis polimer. Poly (*ethylene oxide*) (PEO) merupakan polimer yang memiliki elektron yang berlebih dalam gugus fungsi yang mengandung oksigen pada segmen, sedangkan orbital elektron ion litium mengandung orbital kosong, ion lithium dapat dengan mudah berkoordinasi dengan gugus fungsi oksigen eter PEO karena struktur khusus ini. Oleh karena itu, elektrolit berbasis PEO memiliki kemampuan yang kuat untuk memisahkan garam lithium dan memiliki stabilitas yang sangat baik untuk lithium. Namun, PEO adalah polimer kristal, dan kristalisasi pada suhu kamar akan memperlambat gerakan rantai segmen, yang merugikan transportasi ion lithium, yang mengarah ke konduktivitas ionik yang lebih rendah. Kekurangan ini dapat ditutupi dengan menambahkan jumlah yang tepat dari mikrokristalin *poly (vinylidene fluoride-hexafluoropropylene)* (PVDF-HFP) ke *solid polymer electrolyte* berbasis PEO. Karena ada juga kristal dan daerah amorf dalam struktur mikro mikrokristalin PVDF-HFP, penambahan PVDF-HFP yang tepat dapat mengganggu wilayah kristalisasi PEO dan PVDF-HFP, mengurangi proporsi wilayah kristalisasi dan meningkatkan proporsi daerah amorf (Li dkk., 2020). Salah satu cara meningkatkan konduktivitas ionic adalah dengan menambahkan titanium oksida (TiO_2) yang direndam dalam asam sulfat (H_2SO_4). TiO_2 yang dimodifikasi dengan H_2SO_4 menunjukkan kepadatan distribusi pori-pori terbuka yang lebih tinggi yang akhirnya membentuk konduktivitas listrik yang lebih tinggi (Cheung dkk., 2021).

Penelitian ini difokuskan pada pengembangan *solid polymer electrolyte* berupa lembaran. Proses pembuatan larutan yang nanti akan menjadi lembaran harus diketahui terlebih dahulu. Bahan yang digunakan terdiri dari polimer, filler, pelarut, dan garam lithium. Terdapat polimer inang yang digunakan yaitu PVdF-HFP dan PEO. TiO_2 yang direndam di 2% H_2SO_4 digunakan sebagai filler dan garam lithium yang digunakan berupa LiBOB. Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penggabungan PEO dan PVDF-HFP terhadap karakteristik *solid polymer electrolyte* berbasis garam lithium LiBOB yang mengandung TiO_2 dengan perendaman H_2SO_4 .

1.2 Rumusan Masalah

Berdarkan latar belakang sebelumnya, rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana proses pembuatan lembaran *solid polymer electrolyte* dengan PEO, PVdF-HFP dan TiO₂ yang direndam dalam 2% H₂SO₄?
2. Bagaimana mengkarakterisasi lembaran *solid polymer electrolyte* dengan PEO, PVdF-HFP dan TiO₂ yang direndam dalam 2% H₂SO₄ menggunakan SEM, XRD, dan EIS untuk memperoleh sifat-sifat morfologi, struktur kristal dan konduktivitas ionik?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membuat lembaran *solid polymer electrolyte* yang lebih baik untuk baterai lithium ion dan mengetahui proses pembuatan larutan yang nanti akan dikeringkan menjadi lembaran *solid polymer electrolyte*
2. Mengetahui sifat-sifat baik morfologi, struktur kristal dan konduktivitas ionik dari lembaran *solid polymer electrolyte* dengan PEO, PVdF-HFP dan TiO₂ yang direndam dalam 2% H₂SO₄ dengan menggunakan SEM, XRD, dan EIS

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Memfokuskan pembuatan *solid polymer electrolyte* berupa lembaran
2. Pembuatan lembaran *solid polymer electrolyte* penggabungan polimer PEO dan PVdF-HFP dengan garam lithium LiBOB dan TiO₂ direndam dalam 2% H₂SO₄
3. Sifat-sifat baik morfologi, konduktivitas ionik maupun proses elektrokimia pada lembaran *solid polymer electrolyte* dengan penggabungan PEO dan PVdF-HFP sebagai polimer dalam larutan untuk meningkatkan kinerjanya
4. Karakterisasi lembaran solid polimer elektrolit yang dilakukan meliputi; SEM, XRD, dan EIS

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dalam pembuatan *solid polymer electrolyte* berupa lembaran untuk baterai ion lithium dengan menggabungkan dua polimer sehingga memiliki performa yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. dan Khairurrijal, 2009. A Simple Method for Determining Surface Porosity Based on SEM Images Using OriginPro Software. *Indonesian Journal of Physics*, 2 (20) : 37-38
- Arya, A. dan A.L. Sharma, 2016. Polymer Electrolytes for Lithium Ion Batteries: A Critical Study. *Ionics*, 1 (23) : 7, 11.
- Banitaba, S.N., D. Semnani, E.H. Soureshjani, B. Rezaei, dan A.A. Ensafi, 2020. Effect of Titanium Dioxide and Zinc Oxide Fillers on Morphology, Electrochemical and Mechanical Properties of the Peo-Based Nanofibers, Applicable as an Electrolyte for Lithium-Ion Batteries. *Materials Research Express*, 6 (8) : 1.
- Benkessou, F., I.E. Serafi, B. Twelkmeyer, M.A. Valugerdi dan M. Hassan, 2016. Quantification of Dimethylacetamide and its Primary Metabolite Monomethylacetamide in Plasma Using Robust LC-MS Method. *Journal of Analytical & Bioanalytical Techniques*, 4 (7) : 1.
- Bredar, A.R.C., A.L. Chown, A.R. Burton, dan B.H. Farnum, 2020. Electrochemical Impedance Spectroscopy of Metal Oxide Electrodes for Energy Applications. *ACS Applied Energy Materials*, 3 (1) : 1.
- Bunaciu, A.A., E.G. Udriștioiu & H.Y. Aboul-Enein, 2015. X-Ray Diffraction: Instrumentation and Applications. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 45 (4) : 289.
- Cheung, K.H., M.B. Pabbruwe, W.F. Chen, P. Koshy, C.C. Sorrell, 2021. Thermodynamic and Microstructural Analyses of Photocatalytic TiO₂ from the Anodization of Biomedical-Grade Ti6Al4V in Phosphoric Acid or Sulfuric Acid. *Ceramics International*, 47 (2) : 1613-1614.
- Choudhary, O.P. dan Priyanka, 2017. Scanning Electron Microscope: Advantages and Disadvantages in Imaging Components. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 5 (6) : 1878.
- Das, S. dan A. Ghosh, 2017. Solid Polymer Electrolyte Based On PVDF-HFP And Ionic Liquid Embedded with TiO₂ Nanoparticle for Electric Double Layer Capacitor (EDLC) Application. *Journal of the Electrochemical Society*, 164 (13) : 1348.
- Dhatarwal, P. dan R.J. Sengwa, 2020. Dielectric Polarization and Relaxation Processes of the Lithium-Ion Conducting PEO/PVDF Blend Matrix-Based Electrolytes: Efect of TiO₂ Nanofller. *SN Applied Sciences*, 833 (2) : 2.
- Duong, N.T., L.D. Vuong, N.M. Son, H.V. Tuyen, dan T.V. Chuong, 2017. The synthesis of TiO₂ Nanoparticles Using Sulfuric Acid Method with the Aid of Ultrasound. *Nanomaterials and Energy*, 2 (6) : 82.

- Fatimah, S., R. Ragadhita, D.F.A. Husaeni, A.B.D. Nandiyanto, 2021. How to Calculate Crystallite Size from X-Ray Diffraction (XRD) using Scherrer Method. *ASEAN Journal of Science and Engineering*, 2 (1) : 66, 68, 69, 70.
- Habekost, A., 2021. Fundamentals and Applications of Electrochemical Impedance Spectroscopy - A Didactic Perspective. *World Journal of Chemical Education*, 1 (9) : 14.
- Halim, S.I., C.H. Chan, dan Apotheker, J., 2021. Basics of Teaching Electrochemical Impedance Spectroscopy of Electrolytes for Ion-Rechargeable Batteries – Part 1: A Good Practice on Estimation of Bulk Resistance of Solid Polymer Electrolytes. *Chemistry Teacher International*, 2 (3) : 3.
- Jagadeesan, A., M. Sasikumar, R.H. Krishna, N. Raja, D. Gopalakrishna, S. Vijayashree dan P. Sivakumar, 2019. High Electrochemical Performance of Nano TiO₂ Ceramic Filler Incorporated PVC-PEMA Composite Gel Polymer Electrolyte for Li-ion Battery Application. *Materials Research Express*, 10 (6) : 4.
- Johan, M.R. O.H. Shy, S. Ibrahim, S.M.M. Yassin, dan T.Y. Hui, 2011. Effects of AL₂O₃ Nanofiller and Ec Plasticizer on the Ionic Conductivity Enhancement of Solid Peo–LiCF₃SO₃ Solid Polymer Electrolyte. *Solid State Ionics*, 1 (196) : 41.
- Lestariningsih, T., Q. Sabrina, C.R. Ratri dan I. Nuroniah, 2019. Structure, thermal and electrical properties of PVDF-HFP/LiBOB solid polymer electrolyte. *Journal of Physics Conference Series*, 119 (1) : 3.
- Lestariningsih, T., Q. Sabrina, N. Majid, 2017. Penambahan TiO₂ dalam Pembuatan Lembaran Polimer Elektrolit Berpengaruh Terhadap Konduktivitas dan Kinerja Baterai Lithium. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 1 (7) : 34.
- Li, J., L. Zhu, J. Xu. M. Jing, S. Yao, X. Shen, S. Li, F. Tu, 2020. Boosting the Performance Of Poly (Ethylene Oxide)-Based Solid Polymer Electrolytes by Blending with Poly (Vinylidene Fluoride-Co-Hexafluoropropylene) for Solid-State Lithium-Ion Batteries. *International Journal of Energy Research*, 44 (9) : 2.
- Li, J., K. Zhu, J. Wang, K. Yan, J. Liu, Z. Yao & Y. Xu, 2020. Optimisation of Conductivity of PEO/PVDF-Based Solid Polymer Electrolytes in All-Solid-State Li-Ion Batteries. *Materials Technology* : 1.
- Long, L., S. Wang, M. Xiao dan Y. Meng, 2016. Polymer Electrolytes for Lithium Polymer Batteries. *Journal of Materials Chemistry A*, 4 (26) : 10039.

- Mahendrakar, S., M. Anna, J.S. Kumar, J. Reddy, 2020. Structural, Morphological and Electrical Studies of Plasticized Polymer-Salt Electrolyte membrane and Application to Lithium ion Batteries. *International Journal of Applied Chemistry*, 3 (13) : 479, 480.
- Martínez, I.A.P., V.R. González, 2016. Towards the Hydrothermal Growth of Hierarchical Cauliflower-Like TiO₂ Anatase Structures. *J Sol-Gel Sci Technol*, 1 (81) : 3.
- Noor, M.M., S. R. Majid, dan A. K. Arof, 2013. Poly(Vinyl Alcohol)-Libob Complexes for Lithium-Air Cells. *Electrochimica Acta*, 1 (102) : 151.
- Onge, V.S., M. Cui, S. Rochon, J.C. Daigle, dan J.P. Claverie, 2021. Reducing crystallinity in solid polymer electrolytes for lithium-metal batteries via statistical copolymerization. *Communications Materials*, 2 (83) : 3.
- Polu, A.R. dan H.W. Rhee, 2016. The Effects of LiTDI Salt and POSS-PEG (n = 4) Hybrid Nanoparticles on Crystallinity and Ionic Conductivity of PEO Based Solid Polymer Electrolytes. *Science of Advanced Materials*, 1 (8) : 933
- Ratri, C.R. dan Q. Sabrina, 2016. Study on the Surface Morphology of PVdF-LiBOB Solid Polymer Electrolyte with TiO₂ filler for Lithium-ion Battery Application. *Materials Science Forum*, (864) : 159, 160, 162.
- Sabrina, Q., A Sohib, T. Lestariningsih, dan C.R. Ratri, 2019. The Effect of (TiO₂ And SiO₂) Nano-Filler on Solid Polymer Electrolyte Based LiBOB. *International Symposium on Frontier of Applied Physics*, 1 (1191) : 3
- Sabrina, Q., T. Lestariningsih, C.R. Ratri, dan A. Subhan, 2020. Contribution Succinonitrile additive for Performa LiTFSi Solid Polymer Electrolytes for Li-Ion Battery. *Journal of Sciences and Data Analysis*, 2 (1) : 108.
- Shi, P., S. Fang, J. Huang, D. Luo, L. Yang, dan S.I. Hirano, 2017. A Novel Mixture of Lithium Bis (Oxalato)Borate, Gamma-Butyrolactone and Non-Flammable Hydrofluoroether as A a Safe Electrolyte for Advanced Lithium Ion Batteries. *Journal of Materials Chemistry A*, 5 (37) : 19982.
- Stolarska, M., L. Niedzicki, R. Borkowska, A. Zalewska, dan W. Wieczorek, 2007. Structure, Transport Properties and Interfacial Stability of PVDF/HFP Electrolytes Containing Modified Inorganic Filler. *Electrochimica Acta*, 4 (53) : 1512.
- Wigayati, E.M. dan I. Purawiardi, 2015. Sintesis LiBOB dan Analisa Struktur Kristalnya. *Majalah Metalurgi*, 2 (30) : 82.

- Wilson, J. dan G. Ravi, 2006. Electrochemical Studies on Inert Filler Incorporated Poly (Vinylidene Fluoride – Hexafluoropropylene) (PVDF – HFP) Composite Electrolytes. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 2 (16) : 89
- Winie, T., N. S. M. Hanif, C. H. Chan, A. K. Arof dan I. Purawiardi, 2014. Effect of the Surface Treatment of the TiO₂ Fillers on the Properties of Hexanoyl Chitosan/Polystyrene Blend-Based Composite Polymer Electrolytes. *Ionics*, 1 (20) : 352.
- Yazdani, A., W. H. H. Gunther, T. M. Scott, A. G. Olivia, 2020. A Method to Quantify Crystallinity in Amorphous Metal Alloys: A Differential Scanning Calorimetry Study. *PLoS ONE*, (6) 15 : 2.