

**PENGARUH VARIASI SiO_2 DALAM PEMBUATAN *NANOFIBER* KOMPOSIT
PVA/ SiO_2 DARI SILIKA SEKAM PADI MENGGUNAKAN METODE
*ELECTROSPINNING***

(Skripsi)

Oleh

Tb Ikhwan Rifansyah

1817041018



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PENGARUH VARIASI SiO₂ DALAM PEMBUATAN NANOFIBER KOMPOSIT PVA/SiO₂ DARI SILIKA SEKAM PADI MENGGUNAKAN METODE ELECTROSPINNING

Oleh

TB IKHWAN RIFANSYAH

Telah dilakukan sintesis *nanofiber* komposit PVA/SiO₂ menggunakan metode *electrospinning*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi SiO₂ pada sintesis *nanofiber* komposit PVA/SiO₂ terhadap porositas, *shrinkage* dan morfologi. Variasi SiO₂ yang digunakan yaitu 0; 0,6; 1,2; 2 wt%. Proses sintesis *nanofiber* komposit PVA/SiO₂ melalui metode *electrospinning* dilakukan pada tegangan 20 kV dengan laju alir 2,5 ml/jam. *Nanofiber* komposit PVA/SiO₂ hasil sintesis dioven pada suhu 80°C selama 8 jam. Pada *nanofiber* komposit PVA/SiO₂ dilakukan pengujian: porositas & *shrinkage* dan dilakukan karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Pada larutan PVA/SiO₂ dengan variasi SiO₂ 0 wt% (PS-0%); 0,6 wt% (PS-0,6%); 1,2 wt% (PS-1,2%) dan 2 wt% (PS-2%) diperoleh viskositas masing-masing adalah 0,35; 0,37; 0,45 dan 0,7 Pa.s serta tegangan permukaan larutan PVA/SiO₂ masing-masing adalah 29 ± 4 dyn/cm; 34 ± 4 dyn/cm; 39 ± 4 dyn/cm; 39 ± 3 dyn/cm. Hasil uji porositas *nanofiber* komposit PVA/SiO₂ pada sampel PS-0%, PS-0,6%, PS-1,2%, PS-2% masing-masing sebesar 51; 58; 63; dan 68 % dan hasil uji *shrinkage* masing-masing sebesar 59,89; 30,56; 12,89; 0; 0 %. Hasil Karakterisasi SEM pada sampel masing-masing adalah 219 nm, 210 nm, 205 nm, dan 200 nm.

Kata kunci: *nanofiber* komposit PVA/SiO₂, *electrospinning*, variasi SiO₂, PVA.

ABSTRACT

THE EFFECT OF SiO₂ VARIATIONS IN MANUFACTURING PVA/SiO₂ COMPOSITE NANOFIBERS FROM RICE HUSK SILICA USING THE ELECTROSPINNING METHOD

By

TB IKHWAN RIFANSYAH

Synthesis of PVA/SiO₂ composite nanofibers has been carried out using the electrospinning method. This research aims to determine the effect of SiO₂ variations in the synthesis of PVA/SiO₂ composite nanofiber on porosity, shrinkage and morphology. The SiO₂ variations used are 0; 0,6; 1,2; 2wt%. The process of synthesizing PVA/SiO₂ composite nanofibers using the electrospinning method was carried out at a voltage of 20 kV with a flow rate of 2,5 ml/hour. The synthesized PVA/SiO₂ composite nanofiber was oven-dried at 80°C for 8 hours. The PVA/SiO₂ composite nanofiber was tested for: porosity & shrinkage and Scanning Electron Microscopy (SEM) characterization was carried out. In the PVA/SiO₂ solution with variations of SiO₂ 0 wt% (PS-0%); 0,6 wt% (PS-0,6%); 1,2 wt% (PS-1,2%) and 2 wt% (PS-2%) obtained a viscosity of 0,35 respectively; 0,37; 0,45 and 0,7 Pa.s and the surface tension of the PVA/SiO₂ solution is 29 ± 4 dyn/cm respectively; 34 ± 4 dyn/cm; 39 ± 4 dyn/cm; 39 ± 3 dyn/cm. The results of the PVA/SiO₂ composite nanofiber porosity test on PS-0%, PS-0.6%, PS-1.2%, PS-2% samples were 51; 58; 63; and 68% and the shrinkage test results were 59,89; 30,56; 12,89; 0; 0 %. The SEM characterization results for the samples were 219 nm, 210 nm, 205 nm and 200 nm, respectively.

Keyword: PVA/SiO₂ composite nanofiber, electrospinning, variations of SiO₂, PVA.

**PENGARUH VARIASI SiO_2 DALAM PEMBUATAN *NANOFIBER*
KOMPOSIT PVA/ SiO_2 DARI SILIKA SEKAM PADI MENGGUNAKAN
METODE *ELECTROSPINNING***

Oleh
TB IKHWAN RIFANSYAH

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
Sarjana Sains

Pada

Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **PENGARUH VARIASI SiO_2 DALAM PEMBUATAN NANOFIBER KOMPOSIT PVA/ SiO_2 DARI SILIKA SEKAM PADI MENGGUNAKAN METODE ELECTROSPINNING**

Nama Mahasiswa : **Tb Ikhrwan Rifansyah**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1817041018**

Jurusan : **Fisika**

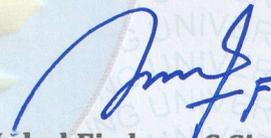
Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



1. Komisi Pembimbing

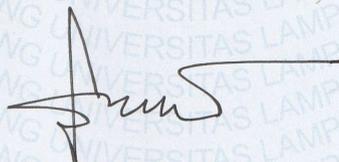


Suprihatin, S.Si., M.Si.
NIP. 19730414 199702 2 001



Iqbal Firdaus, S.Si., M.Si.
NIP 19900616 201903 1 016

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA

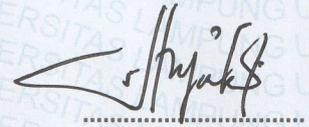


Gurum Ahmad Fauzi, S.Si., M.T.
NIP 19801010 200501 1 002

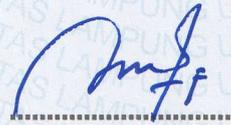
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

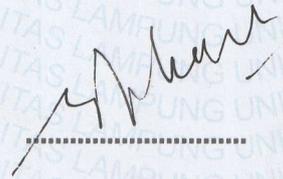
Ketua : Suprihatin, S.Si., M.Si.



Sekretaris : Iqbal Firdaus, S.Si., M.Si.



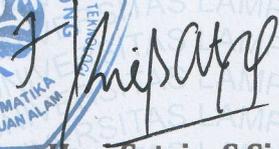
**Penguji
Bukan Pembimbing : Drs. Pulung Karo Karo, M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP 19711001 2005001 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 12 Oktober 2023

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang berjudul “**PENGARUH VARIASI SiO₂ DALAM PEMBUATAN NANOFIBER KOMPOSIT PVA/SiO₂ DARI SILIKA SEKAM PADI MENGGUNAKAN METODE ELECTROSPINNING**” tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebut dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 13 Oktober 2023



Tb Ikhwan Rifansyah
NPM. 1817041018

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Tb Ikhwan Rifansyah, dilahirkan pada tanggal 27 Februari 2001 di Bandar Lampung. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Tubagus M Rifki dan Ibu Tuti Sulistiyowati. Penulis telah menyelesaikan Pendidikan di SD Al-Azhar 1 Bandar Lampung pada tahun 2012, SMPN 22 Bandar Lampung pada tahun 2015 dan SMAS Global Madani Bandar Lampung pada tahun 2018. Pada tahun 2018, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menempuh jenjang pendidikan S1 di Fisika FMIPA Unila, penulis mengambil konsentrasi keilmuan pada bidang Fisika Material. Penulis juga aktif dalam kegiatan keorganisasian sebagai anggota Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) pada bidang Kaderisasi pada tahun 2019-2020, lalu menjabat sebagai Kabid Humas UKM-U Badminton pada tahun 2019. Pada tahun 2021, penulis telah melaksanakan kegiatan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di PT. TWU dengan judul Pengujian Uji Tekan Aspal HotMix Berbasis Metode *Marshall Test* dengan Perbandingan Campuran Aspal 4,8%; 5,3%; 5,8%; 6,3% dan 6,8%.

Penulis melakukan penelitian terkait tugas akhir yang berjudul “**Pengaruh Variasi SiO₂ dalam Pembuatan Nanofiber Komposit PVA/SiO₂ dari Silika Sekam Padi Menggunakan Metode *Electrospinning***” yang bertempat di Laboratorium Material Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

MOTTO

“LAKUKAN YANG TERBAIK”

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah Subhanahuwa ta'ala, karya kecil ini kupersembahkan kepada:

Kedua Orang Tuaku Tercinta Bapak Tubagus M Rifki dan Ibunda Tuti Sulistiyowati

“Terimakasih untuk segala do’a, usaha, dukungan serta limpahan kasih sayang tiada henti yang selalu diberikan demi keberhasilanku. Terimakasih telah menjadi orang tua hebatku di dunia ini hingga mampu dan berhasil mendidik sampai mencapai gelar sarjana ini”

Ibu dan Bapak Dosen

Terimakasih atas segala ilmu pengetahuan yang telah diberikan, semoga dapat bermanfaat dan menjadi ladang pahala yang selalu mengalir untuk Ibu dan Bapak.

Adik-adik, Keluarga Besar & Sahabat-Sahabat Terdekat

Rekan-rekan seperjuangan Fisika FMIPA Unila 2018

dan

Almamater Tercinta

Universitas Lampung

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah Yang Maha Esa, yang telah memberikan kemudahan, kelancaran dan berkat karunia-Nya kepada penulis hingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi SiO₂ dalam Pembuatan *Nanofiber* Komposit PVA/SiO₂ dari Silika Sekam Padi Menggunakan Metode *Electrospinning*”**. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Tugas Akhir (TA) dan juga syarat memperoleh gelar sarjana di Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang membangun agar dalam penulisan berikutnya menjadi lebih baik. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.

Bandar Lampung, 13 Oktober 2023

Tb Ikhwan Rifansyah

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Dengan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dan membantu menyelesaikan skripsi ini.

Terima kasih kepada:

1. Ibu Suprihatin, S.Si., M.Si. selaku Pembimbing Pertama yang telah bersedia banyak memberi waktu, bimbingan, arahan, motivasi, nasihat serta ilmunya dalam penulisan skripsi ini.
2. Bapak Iqbal Firdaus, S.Si., M.Si. selaku Pembimbing Kedua yang telah bersedia memberikan bimbingan, arahan, motivasi, nasihat serta ilmunya yang sangat berharga selama penyusunan skripsi.
3. Bapak Drs. Pulung Karo Karo, M.Si. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam penulisan skripsi ini.
4. Bapak Dr. rer. nat. Roniyus Marjunus, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik.
5. Orang tua penulis Bapak H. Tubagus M Rifki, S.P., M.Si. dan ibu Hj. Tuti Sulistiyowati, S.P., M.M. yang selalu memberikan dukungan, nasihat dan doa yang tiada henti selama proses pembelajaran hingga penyusunan skripsi.

6. Adikku Tb Rizq Abit Maulana dan Tb Ammar Dzaky Alfath yang selalu menghibur.
7. Teman spesial Farra Fazzria Octaviani yang selalu menemani, membantu, serta memberi semangat dan juga menjadi pendengar yang baik.
8. Tim Riset *Nanofiber* Bapak Iqbal Firdaus, S.Si., M.Si. Andrean Johandra, S.Si. dan Risky Ponco Rahmadi.
9. Sahabatku serta teman Jurusan Fisika FMIPA Unila angkatan 2018.

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan dan niat baik yang telah diberikan.

Aamiin.

Bandar Lampung, 13 Oktober 2023

Tb Ikhwan Rifansyah

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
HALAMAN JUDUL	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
HALAMAN PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
MOTTO	x
HALAMAN PERSEMBAHAN	xi
KATA PENGANTAR	xii
SANWACANA	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xviii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
II. TINJUAN PUSTAKA	
2.1 Baterai Ion Litium.....	6
2.2 <i>Polyvinyl Alcohol</i> (PVA)	10
2.3 Silika Sekam Padi	11

2.4 <i>Electrospinning</i>	13
2.5 <i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	16

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.2 Alat dan Bahan	19
3.3 Prosedur Penelitian	19
3.4 Diagram Alir	26

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembuatan Larutan PVA/SiO ₂	28
4.2 Hasil Uji Viskositas dan Tegangan Permukaan Larutan PVA/SiO ₂	29
4.3 Hasil <i>Nanofiber</i> Komposit PVA/SiO ₂	31
4.4 Hasil Uji Porositas dan <i>Shinkage Ratio Test</i> Pada <i>Nanofiber</i> Komposit PVA/SiO ₂	32
4.5 Analisis Morfologi Permukaan dan Ukuran Diameter <i>Nanofiber</i> Komposit PVA/SiO ₂	35

V. KESIMPULAN DAN SARAN

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Bagian baterai ion litium.....	9
Gambar 2.2 Skema <i>Electrospinning</i>	14
Gambar 2.3 Skema dasar SEM.....	17
Gambar 3.1 Alat viscotester VT-04F.....	21
Gambar 3.2 Alat tensiometer	23
Gambar 3.3 Diagram Alir Preparasi Silika.....	26
Gambar 3.4 Diagram Alir Pembuatan Sampel Membran.....	27
Gambar 4.1 Hasil larutan PVA/SiO ₂ (a) larutan PVA/SiO ₂ 0 wt%, (b) larutan PVA/SiO ₂ 0,6 wt%, (c) larutan PVA/SiO ₂ 1,2 wt%, dan (d) larutan PVA/SiO ₂ 2 wt%	28
Gambar 4.2 <i>Nanofiber</i> komposit PVA/SiO ₂ (a) PP, (b) PS-0%, (c) PS-0,6%, (d) PS-1,2%, (e) PS-2%.....	31
Gambar 4.3 Gambar <i>nanofiber</i> PVA/SiO ₂ dengan sampel PP, PS-0%, PS-0,6%, PS-1,2% dan PS-2%. (a) sebelum perlakuan panas dan (b) setelah perlakuan panas pada suhu 165°C selama 30 menit ..	34
Gambar 4.4 Gambar SEM <i>nanofiber</i> komposit PVA/SiO ₂ (a) PS-0%, (b) PS-0,6%, (c) PS-1,2%, dan (d) PS-2%	36

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil uji viskositas larutan PVA/SiO ₂	29
Tabel 4.2 Hasil tegangan permukaan larutan PVA/SiO ₂	30
Tabel 4.3 Hasil uji porositas <i>nanofiber</i> komposit PVA/SiO ₂	32
Tabel 4.4 Hasil uji <i>shrinkage ratio nanofiber</i> komposit PVA/SiO ₂	33

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Baterai lithium-ion merupakan jenis baterai sekunder yang dapat diisi ulang (*rechargeable battery*) dan ramah lingkungan karena tidak mengandung bahan beracun seperti baterai yang dikembangkan sebelumnya, yaitu baterai Ni-Cd dan Ni-MH. Baterai jenis ini memiliki keunggulan yang luar biasa dibandingkan baterai sekunder lainnya, yaitu stabilitas penyimpanan energi yang sangat baik (masa pakai hingga 10 tahun atau lebih), kepadatan energi yang tinggi, tidak ada efek memori dan bobot yang relatif ringan dibandingkan dengan baterai lain (Lawrence, 1992).

Baterai isi ulang memiliki komponen utama yaitu katoda, anoda, elektrolit, dan separator. Separator merupakan salah satu komponen yang berperan penting dalam menjaga keamanan baterai. Fungsi utama separator pada baterai adalah untuk mencegah terjadinya kontak antara elektroda (anoda dan katoda), sehingga tidak terjadi korsleting pada sel baterai (Barbosa *et al.*, 2018). Pada saat ini, separator baterai lithium umumnya adalah membran berpori yang terbuat dari poliolefin seperti polietilen (PE) dan polipropilen (PP). Membran ini memiliki keunggulan secara kimia, mudah diproses dan biaya rendah, akan tetapi energi permukaan rendah dan hidrofobisitas bahan poliolefin, dan proses pembentukan pori yang meregang membuat jenis membran ini memiliki ketahanan panas yang rendah dan

pembasahan elektrolit yang buruk, hal tersebut sangat mempengaruhi masa pakai dan kinerja keselamatan baterai (Wang *et al.*, 2019).

Untuk mengatasi masalah ketahanan panas dan pembasahan elektrolit pada separator baterai, metode yang paling sederhana dan efektif adalah dengan mengaplikasikan lapisan keramik pada permukaan membran untuk mempersiapkan material separator keramik komposit. Setelah lapisan keramik diterapkan pada permukaan separator poliolefin, stabilitas termal pemisah komposit sangat meningkat karena ketahanan suhu tinggi yang sangat baik dari partikel keramik. Pada saat yang sama, karena permukaan partikel keramik mengandung gugus hidroksil, kemampuan pembasahan elektrolit ke separator dapat ditingkatkan (Juang *et al.*, 2015). Salah satu keramik yang dapat digunakan adalah SiO_2 .

Silika sekam padi dapat diperoleh dengan beberapa metode seperti metode *sol-gel*, metode presipitasi atau pengendapan, metode hidrotermal, metode termokimia, metode *microwave* dan metode *leaching*. Salah satu metode untuk mendapatkan silika dari sekam padi adalah metode *sol-gel* yang merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk sintesis silika karena metode *sol-gel* menggunakan teknik yang sederhana, relatif murah, ukuran yang homogen dan tingkat kemurnian tinggi (Rahman and Padavettan, 2012).

Sekam padi merupakan salah satu sisa hasil pertanian dari proses penggilingan padi yang cukup banyak terdapat di Indonesia, menurut data Badan Pusat Statistik tahun 2015, produksi padi di Indonesia mencapai 75,36 juta ton (Syukri *et al.*, 2017).

Sekam padi memiliki kandungan silika yang tinggi yaitu 99,56%. Kandungan silika yang cukup tinggi pada sekam padi dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan separator baterai lithium-ion (Bakar *et al.*, 2016).

Nano-silika (SiO_2) merupakan salah satu nanomaterial yang paling banyak digunakan, karena SiO_2 tidak hanya memiliki ketahanan panas yang baik, liofilisasi, dan inertness kimia, tetapi juga memiliki rasio dielektrik dan kehilangan dielektrik yang lebih tinggi, lebih rendah dibandingkan pengisi anorganik lainnya. Mempertimbangkan sifat hidrofilik dan termofilik separator, dalam penelitian yang dilakukan oleh Wang *et al.* (2019), SiO_2 dipilih sebagai pengisi keramik anorganik. Polivinil Alkohol (PVA) adalah polimer yang larut dalam air dengan sifat pembentuk membran yang sangat baik dan daya rekat yang kuat. Dan lapisan SiO_2 /PVA diaplikasikan pada permukaan separator PP dengan PVA sebagai pengikat dan air deionisasi sebagai pelarut (Wang *et al.*, 2019).

Pembuatan *nanofiber* komposit PVA/ SiO_2 sebelumnya telah dilakukan oleh Yanilmaz (2019) menggunakan elektropsining. Pada penelitian tersebut SiO_2 yang digunakan berupa TEOS dengan variasi perbandingan PVA/ SiO_2 adalah 4/1 dan 2/1. Penelitian tersebut menghasilkan membran dengan porositas yang semakin baik pada kadar SiO_2 yang semakin tinggi.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dilakukan penelitian untuk membuat *nanofiber* komposit PVA/ SiO_2 dengan variasi SiO_2 (0; 0,6; 1,2; dan 2 wt%) menggunakan metode *electrospinning*. Sebelum proses *electrospinning* dilakukan uji viskositas dan tegangan permukaan pada larutan PVA/ SiO_2

menggunakan viscotester VT-04F dan tensiometer. *Nanofiber* komposit PVA/SiO₂ setelah *electrospinning* dilakukan uji porositas dan *shrinkage ratio test*. Kemudian dikarakterisasi menggunakan SEM untuk melihat morfologi dari *nanofiber* yang terbentuk.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi SiO₂ terhadap viskositas dan tegangan permukaan larutan PVA/SiO₂ ?
2. Bagaimana pengaruh variasi SiO₂ terhadap porositas, *shrinkage ratio* dan ukuran serat *nanofiber* PVA/SiO₂ yang terbentuk ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. PVA yang digunakan 9 wt% dan variasi SiO₂ yang digunakan yaitu 0; 0,6; 1,2; dan 2 wt%
2. Pengujian yang dilakukan adalah uji Porositas dan *Shrinkage Ratio Test*
3. Karakterisasi yang dilakukan adalah SEM

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi SiO₂ terhadap viskositas dan tegangan permukaan larutan PVA/SiO₂.
2. Mengetahui pengaruh variasi SiO₂ terhadap porositas, *shrinkage ratio* dan ukuran serat *nanofiber* PVA/SiO₂ yang terbentuk.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Memanfaatkan limbah sekam padi yang berjumlah banyak untuk menjadi bentuk lain yang dapat menjadi bahan atau material yang lebih berguna.
2. Berkontribusi dalam ilmu pengetahuan terkait ekstraksi SiO_2 .
3. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai informasi mengenai pemanfaatan limbah sekam padi sebagai silika dan menjadi bahan alternatif pada pembuatan *nanofiber* komposit.
4. Berkontribusi dalam pengembangan bidang ilmu baterai untuk energi alternatif di dunia.
5. Sebagai referensi penelitian selanjutnya.
6. Sebagai referensi di Jurusan Fisika FMIPA Unila, khususnya dibidang Fisika Material.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baterai Ion Litium

Baterai atau akkumulator adalah sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (dapat berkebalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Reaksi elektrokimia reversibel berlangsung di dalam baterai yaitu proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda - elektroda yang dipakai yaitu, dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan di dalam sel. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia (Siburian, 2015).

Terdapat 2 jenis baterai berdasarkan pada proses yang terjadi, yaitu:

1. *Primary Battery*

Baterai yang hanya dapat digunakan sekali saja dan dibuang. Material elektrodanya tidak dapat berkebalikan arah ketika dilepaskan.

2. *Secondary Battery*

Baterai yang dapat digunakan dan diisi ulang beberapa kali, proses kimia yang terjadi di dalam baterai ada reversibel, dan bahan aktif dapat kembali ke kondisi semula dengan pengisian sel. Salah satu jenis baterai sekunder adalah baterai ion litium (BIL).

Proses di dalam BIL yaitu: ion litium bergerak dari elektroda negatif ke elektroda positif saat dilepaskan, dan kembali saat diisi ulang. BIL memakai senyawa litium interkalasi sebagai bahan elektrodanya, berbeda dengan litium metalik yang dipakai di baterai litium non-isi ulang. Baterai ion litium umumnya dijumpai pada barang-barang elektronik konsumen. Baterai ini merupakan jenis baterai isi ulang yang paling populer untuk peralatan elektronik portabel, karena memiliki salah satu kepadatan energi terbaik, tanpa efek memori, dan mengalami kehilangan isi yang lambat saat tidak digunakan. Selain digunakan pada peralatan elektronik konsumen, BIL juga sering digunakan oleh industri militer, kendaraan listrik, dan dirgantara. Sejumlah penelitian berusaha memperbaiki teknologi BIL tradisional, berfokus pada kepadatan energi, daya tahan, biaya, dan keselamatan intrinsik.

Banyaknya jenis baterai sekunder yang ada di pasaran maka diperlukan kajian untuk mendapatkan jenis baterai terbaik dan sesuai dengan kebutuhan untuk mobil listrik. Menurut Albright *et al.*, (2012) dalam penelitiannya mengenai perbandingan antara Lead Acid dan Lithium-Ion dalam aplikasi penyimpanan stasionari menyebutkan bahwa pada saat ini BIL merupakan baterai yang lebih baik untuk digunakan dalam berbagai situasi, khususnya pada iklim panas, meskipun memiliki biaya awal yang lebih tinggi. Selain itu, baterai Lithium-Ion memiliki efisiensi yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan baterai Lead Acid.

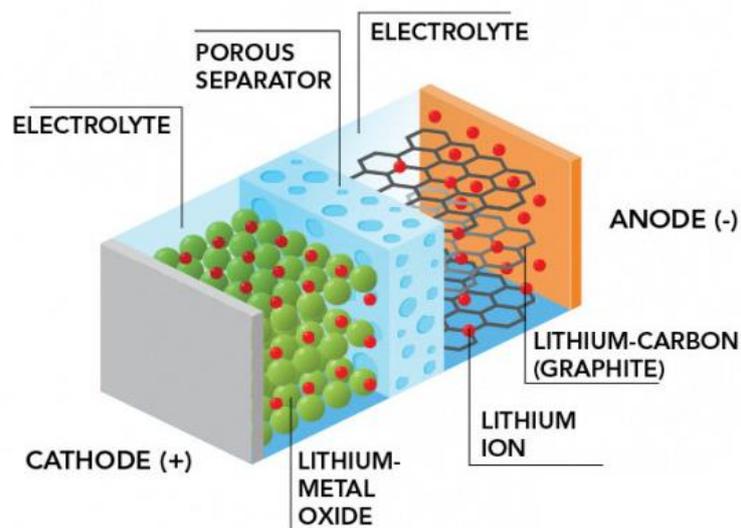
Jenis baterai ion litium pertama kali pada tahun 1970 yang diperkenalkan oleh peneliti dari Exxon yang bernama M. S. Whittingham yang melakukan penelitian dengan judul “Electrical Energy Storage and Intercalation Chemistry”. Beliau menjelaskan mengenai proses interkalasi pada baterai litium ion menggunakan

titanium (II) sulfide sebagai katoda dan logam litium sebagai anoda. Proses interkalasi adalah proses perpindahan ion lithium dari anoda ke katoda dan sebaliknya pada baterai lithium ion. Pada tahun 1980, logam lithium pada anoda diganti dengan materail lain yaitu grafit. Hal ini dilakukan oleh Rachid Yazami dan kawan kawan di Grenoble Institute of Technology (INPG) dan French National Centre for Scientific Research (CNRS) (Oates, 2010).

Penggantian material dari logam lithium menjadi grafit memberikan pengaruh pada performa ion lithium serta memberikan efek BIL sehingga BIL bisa diisi ulang (*rechargeable batteries*). Pada tahun 1981, Bell Laboratories mengembangkan elektroda pada anoda berbasis grafit yang telah dikembangkan sebelumnya. John Goodenough dan tim penelitiannya melakukan penelitian dan mengembangkan pada katoda. Penelitian-penelitian ini terus dikembangkan pada saat itu untuk meninjau beberapa parameter penting sebelum Lithium Ion Battery dipasarkan. Parameter-parameter tersebut antara lain material pada elektroda mudah didapat secara komersil, harga yang murah, aman dipakai, memiliki kestabilan dan performa yang tinggi serta energi yang dihasilkan juga cukup tinggi (Rohman, 2012).

Pada saat ini, BIL menjadi baterai yang sangat dibutuhkan antara lain untuk kebutuhan energi listrik pada telepon seluler (ponsel), Mp3 *player* dan lain-lain. Selain itu, saat ini BIL sangat dibutuhkan khususnya untuk kendaraan yang sumber energinya dari energi listrik (*electric vehicle*). BIL ini memiliki daya yang tinggi serta bobot yang ringan dan dapat digunakan berkali-kali sehingga banyak digunakan oleh para produsen sebagai sumber tenaga alat elektroniknya.

Seiring dengan perkembangan industri elektronik, baterai ion litium (BIL) semakin banyak digunakan dalam peralatan elektronik portable, seperti laptop, ponsel, dan kamera digital karena memiliki kepadatan energi yang tinggi, *self-discharge* yang rendah, dan life-time yang panjang (Zhang *et al.*, 2015). Baterai yang dapat diisi kembali (*rechargeable*) memiliki komponen utama, yaitu katoda, anoda, elektrolit, dan membran separator. Baterai ion litium melibatkan transport ion litium dari satu elektroda ke elektroda lainnya selama proses pengisian atau pemakaian, terlihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1. Bagian baterai ion litium (Goodenough & Park, 2013).

Separator merupakan salah satu komponen dalam BIL yang berperan penting dalam menjaga keamanan baterai. Fungsi utama separator dalam baterai untuk mencegah kontak antara elektroda (anoda dan katoda), sehingga tidak terjadi hubungan arus pendek di dalam sel baterai (Barbosa *et al.*, 2018). Separator juga berfungsi sebagai media berpindahnya ion litium pada elektrolit. Saat ini, separator yang digunakan pada BIL komersial berbasis polimer poliolefin, polietilen (PE) dan polipropilen

(PP) (Choi and Lee, 2011). Separator poliolefin memiliki beberapa keunggulan, seperti ketebalan yang memadai, sifat mekanik dan stabilitas elektrokimia yang baik, serta murah, namun separator ini memiliki kelemahan konduktivitas ionik yang rendah, kompatibilitas dengan elektrolit yang buruk, dan mengalami penyusutan luas pada suhu tinggi (Chen *et al.*, 2015 dan Song *et al.*, 2012).

2.2 Polyvinyl Alcohol (PVA)

Pembuatan membran silika menggunakan bahan pendukung salah satunya yaitu *Polyvinyl Alcohol* (PVA). PVA berfungsi sebagai zat perekat bagi serbuk-serbuk silika agar menyatu membran padat silika. Massa campuran PVA dan massa silika mempengaruhi kerapatan pori-pori membran yang dihasilkan. Semakin rapat dan teratur pori-pori membran maka semakin bagus membran tersebut untuk proses penyisihan warna atau penyaringan. Banyaknya konsentrasi PVA yang digunakan akan meningkatkan nilai selektivitas. Selektivitas merupakan kemampuan suatu membran menyisihkan komponen-komponen yang ada pada umpan karena memiliki ukuran dan kerapatan pori yang optimal (Zakaria, 2018). Selain itu, apabila penambahan campuran PVA yang ditambahkan kurang ataupun melebihi massa maksimal maka akan menurunkan kualitas membran dan menyebabkan proses penyisihan warna berlangsung kurang maksimal (Aprilia *et al.*, 2012).

PVA adalah suatu resin yang dibuat dari penggabungan molekul-molekul (polimerisasi) yang diperoleh dari hidrolisis dari polimer vinil ester dengan menggunakan material awal polyvinyl asetat. Polivinil Alkohol salah satu dari beberapa polimer sintetik yang *biodegradable* 3 (Kroschwitz, 1998). Umumnya

PVA berwarna putih, bentuk seperti serbuk, rasa hambar, tembus cahaya, tidak berbau, larut dalam air dan mempunyai sifat hidrofolik (Harper & Petrie, 2003). Karakteristik PVA memiliki densitas 1,18-1,31 kg/m³, titik leleh 120-140 °C, titik didih 228 °C dan temperatur penguraian dalam air 80 °C (Sheftel, 2000). PVA juga memiliki kekuatan tarik yang tinggi, fleksibilitas yang baik, dan sifat penghalang oksigen yang baik (Goodship & Ogur, 2005). Maka, PVA merupakan polimer yang paling penting dalam pembuatan film yang dapat larut dalam air.

2.3 Silika Sekam Padi

Silika adalah suatu mineral yang penyusun utamanya berupa silikon dioksida (SiO₂). Silika tersusun dari silikon (Si) dan oksigen (O₂) dimana keduanya merupakan unsur yang paling banyak di alam. Diperkirakan 60% dari kerak bumi ini tersusun dari silika. Silika yang ada di bumi ini biasanya ditemukan dalam bentuk silikat (Lujan, 2007). SiO₂ (*silicon dioxide*) dapat diperoleh dari silika mineral, nabati dan sintesis kristal. Silika mineral adalah senyawa yang banyak ditemui dalam bahan tambang atau galian yang berupa mineral seperti pasir kuarsa, granit, dan feldspar yang mengandung kristal-kristal silika (SiO₂). Silika mineral biasanya diperoleh melalui proses penambangan, tetapi saat ini mineral-mineral tersebut susah didapatkan maka diperlukan alternatif lain dalam pencarian silika seperti silika sintesis dan silika nabati. Silika nabati dapat diperoleh dari tanaman, misalnya padi, tebu, dan bambu (Fahmi dan Nurfalih, 2016).

Silika sebagai senyawa yang terdapat di alam berstruktur kristalin, sedangkan sebagai senyawa sintesis adalah amorf. Secara sintesis senyawa silika dapat dibuat

dari larutan silikat (Sulastri & Kristianingrum, 2010). Silika non kristalin dikenal dengan silika amorf. Susunan atom silika amorf memiliki susunan atom dan molekul yang acak dan tidak beraturan. Akibat dari susunan atom dari silika amorf yang acak, membuat struktur yang berbentuk bola yang rumit dan menyebabkan luas permukaan yang tinggi, biasanya $3 \text{ m}^2/\text{g}$ (Potts & Grayson, 1984). Silika kristalin dan silika amorf dapat dimanfaatkan dalam industri kaca, bangunan, dan elektronik. Pada temperatur tinggi silikon dapat dimanfaatkan sebagai konduktor panas dan listrik (Sunardi, 2006). Sehingga dari berbagai aplikasi, silika digunakan sebagai bahan baku baterai. Namun, Silika amorf memiliki reaktifitas yang lebih tinggi dari pada kristalin, karena memiliki gugus hidroksil (silanol) yang diperoleh dari pemanasan dengan temperatur $400 \text{ }^\circ\text{C}$. Menurut penelitian yang dilakukan Singgih (2007) mengatakan bahwa penambahan silika ke dalam polimer dapat menaikkan konduktivitas listrik dan menurunkan permeabilitas. Konduktivitas listrik bahan merupakan kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan arus listrik.

Silika sangat melimpah di alam salah satunya terdapat pada hasil residu pertanian yaitu sekam padi. Sekam padi dapat menjadi sumber silika karena beberapa faktor yaitu, ketersediaan sekam padi, kadar silika sekam padi dan kemudahan memperoleh silika dari sekam padi (Sembiring & Simanjuntak, 2015). Silika sekam padi dapat diperoleh dengan beberapa metode seperti metode *sol-gel*, metode presipitasi atau pengendapan, metode hidrotermal, metode termokimia, metode *microwave* dan metode *leaching*. Salah satu metode dengan kemurnian terbaik adalah metode *sol-gel* yang merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk sintesis silika karena metode *sol-gel* menggunakan teknik yang sederhana

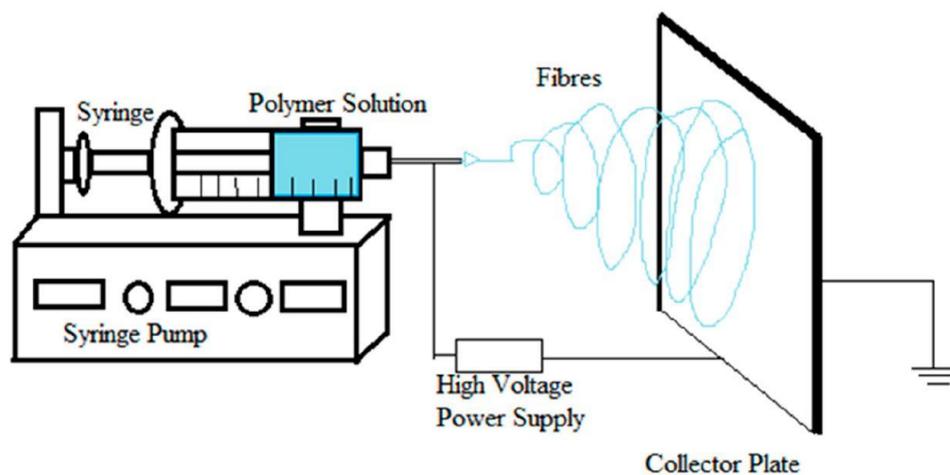
dan relatif murah, mendapatkan homogenitas ukuran yang tinggi dan tingkat kemurnian tinggi (Rahman & Padavettan, 2012).

2.4 *Electrospinning*

Perkembangan nanoteknologi yang sangat pesat dalam beberapa dekade terakhir ini telah memberikan dampak terhadap perkembangan berbagai industri, termasuk industri tekstil. Aplikasi nanoteknologi dalam industri tekstil dapat menghasilkan produk yang bersifat lebih fungsional. Salah satu material tekstil yang dihasilkan dengan menggunakan prinsip nanoteknologi adalah serat nano (*nanofiber*). Serat nano dalam dunia tekstil didefinisikan sebagai serat yang memiliki diameter sebesar 100 – 500 nm (Subbiah *et al.*, 2005).

Pada dasarnya pembuatan serat nano dapat dilakukan dengan beberapa metode seperti teknik pemintalan serat multikomponen, *melt blowing* dan *electrospinning*. Dari ketiga metode pembuatan serat tersebut, untuk saat ini *electrospinning* merupakan teknik yang cukup sederhana namun mampu menghasilkan serat nano dengan rentang ukuran paling kecil yakni 0,04 – 2 μm (Ramakrishna, 2005). *Electrospinning* merupakan suatu proses pembuatan serat nano yang efisien dengan memanfaatkan medan listrik untuk menghasilkan pancaran (jet) larutan atau lelehan polimer bermuatan listrik. Serat nano polimer terbentuk karena pada proses tersebut terjadi penguapan pelarut secara simultan. Beberapa keuntungan metode *electrospinning* terletak pada peralatannya yang relatif sederhana dan biayanya yang cukup efisien. Pada prinsipnya mekanisme pembuatan serat dengan

electrospinning adalah mendorong larutan polimer yang diberi tegangan listrik tinggi menggunakan pompa *syringe* hingga membentuk butir/tetes larutan pada ujung kapiler spinert. Butir/tetes larutan polimer yang telah terinduksi muatan listrik tersebut dibawah pengaruh medan listrik akan meloncat atau bergerak ke arah elektroda dengan muatan berlawanan sambil disertai proses penguapan pelarut polimer, sehingga yang tertinggal pada pelat pengumpul (*collecting plate*) hanya serat polimernya saja (Queen. 2006). Skema *electrospinning* ditampilkan pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2 Skema *electrospinning*.

Berbagai jenis serat nano dapat dihasilkan dari berbagai jenis polimer baik polimer alam maupun polimer sintetis. Serat nano dari suatu bahan polimer dibuat dan diteliti oleh banyak para peneliti umumnya dikarenakan memiliki sifat serta karakteristik seperti luas permukaannya yang tinggi, ukuran pori yang kecil dan kemungkinannya untuk dibentuk struktur tiga dimensi sehingga berpotensi untuk digunakan sebagai media filtrasi, serat optik, sistem penghantaran obat (*drug delivery*) dalam dunia farmasi, *tissue scaffolds* dalam dunia medis, dan pakaian/tekstil pelindung (*protective clothing*). Dotti *et al.* (2007) telah meneliti sifat permukaan serat nano yang berhubungan dengan sistem filtrasi dari polimer Polietilen oksida (PEO), Polivinil alkohol (PVA) dan nilon 6. Serat nano yang dihasilkan dilaporkan memperlihatkan sifat permeabilitas ketiga jenis polimer tersebut dengan efektifitas yang tinggi untuk sistem filtrasi udara dan cairan. Serat hasil *electrospinning* juga dapat diaplikasikan dalam bidang biomedis antara lain sebagai pembalut luka, penghantaran obat.

Parameter larutan polimer untuk proses *electrospinning* dibagi menjadi tiga yaitu:

1) Konsentrasi

Konsentrasi mempengaruhi serat yang terbentuk dari proses *electrospinning*. konsentrasi polimer yang semakin tinggi menyebabkan diameter serat yang dihasilkan juga semakin besar (Huang *et al.*, 2003).

2) Viskositas

Viskositas larutan mempengaruhi proses *electrospinning* dan serat yang terbentuk. Serat kontinyu yang halus dapat diperoleh dengan viskositas yang optimum pada kombinasi pelarut tertentu. Viskositas yang rendah menyebabkan serat terdapat

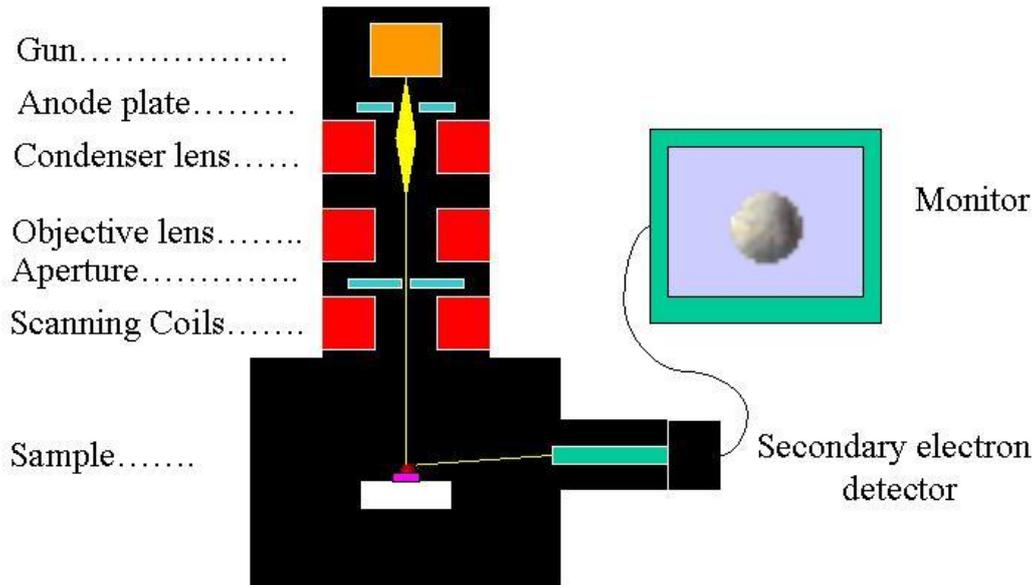
partikel polimer (Marno *et al.*, 2018). Viskositas yang tinggi perlu tegangan listrik yang lebih tinggi pada proses *electrospinning*, sehingga larutan dengan viskositas yang tinggi sulit untuk pembentukan seratnya (Bhattarai *et al.*, 2019).

3) Tegangan Permukaan

Tegangan permukaan merupakan parameter penting pada proses *electrospinning*. Tegangan permukaan yang terlalu tinggi menyebabkan ketidakstabilan jet sehingga terbentuknya manik-manik (Islam *et al.*, 2019).

2.5 Scanning Electron Microscopy (SEM)

SEM merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengamati dan menganalisis struktur mikro dan morfologi dari berbagai material. SEM memiliki kemampuan menghasilkan resolusi dan kedalaman fokus yang tinggi karena menggunakan sumber energi berupa berkas elektron. Selain itu, SEM juga memiliki tekstur, topografi, morfologi dan tampilan permukaan sampel dapat terlihat dalam ukuran mikron serta memberikan informasi dalam skala atomik dari sampel yang diuji. Prinsip kerja SEM yaitu sumber elektron yang mengeluarkan elektron primer dengan energi yang sangat besar melewati anoda. Anoda berfungsi dalam melanjutkan elektron menuju titik fokus. Selanjutnya berkas elektron diteruskan menuju lensa magnetic. Lensa magnetik berfungsi memfokuskan elektron dan menuju kumparan pemindai hingga sampai ke sampel (Griffin & Riessen, 1991). Skema dasar SEM disajikan pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Skema dasar SEM.

Electron Gun adalah sumber elektron dari bahan material yang menggunakan energi tegangan tinggi sebesar 10-40 kV. Material yang umum digunakan adalah tungsten dan Lantanum atau Hexaboride cerium. *Magnetic lens* terdiri dari dua buah kondensor yang berfungsi memfokuskan arah elektron dan menguatkan elektron agar informasi gambar yang dihasilkan menjadi lebih baik. Selanjutnya *scanning coil* bertugas untuk mengumpulkan berkas sinar elektron yang kemudian dipancarkan ke sampel. Setelah terjadi tumbukkan elektron pada sampel, detektor akan merekam interaksi yang terjadi pada sampel. Detektor *secondary electron* (SE) adalah sintilator yang menghasilkan cahaya yang kemudian dikonversi menjadi sinyal listrik. Sedangkan detektor *backscattered electron* (BSE) juga memiliki sintilator dapat menerima sinyal BSE tanpa adanya beda potensial. SE dan BSE digunakan dalam SEM-EDS untuk menganalisis bahan material pada tingkat energi dan menggunakan spectrometer jenis *energy dispersive* (ED). SE dihasilkan

dari interaksi elektron yang energinya rendah (<50 eV) dan mampu memberikan informasi berupa topografi. BSE peroleh dari interaksi elektron yang memiliki energi yang tinggi akibat adanya hamburan elastik. SE dan BSE pada alat SEM-EDS digunakan untuk menganalisis topografi dan elemen dari suatu bahan material.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilakukan pada bulan Agustus - November 2023 di Laboratorium Fisika Material Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung, Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro No.1, Gedong Meneng, Rajabasa, Bandar Lampung, Lampung, 35141. Karakterisasi SEM dilakukan di UPT Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain: oven, gelas ukur, gelas kimia, *hotplate*, *magnetic stirrer*, neraca analitik, labu ukur, oven, pipet tetes, spatula, ayakan 200 mesh, kertas saring, alat *electrospinning*, dan SEM. Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain: sekam padi, NaOH, HCl, *aquades*, Polivinil Alkohol (PVA) dan n-butanol.

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu: pembuatan nano silika dari sekam padi, pembuatan membran menggunakan alat *electrospinning*, karakterisasi SEM dan uji porositas.

3.3.1 Pembuatan Serbuk Silika

Pembuatan serbuk silika dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Sekam padi dibersihkan dari kotoran – kotoran menggunakan air mengalir.
2. Sekam padi yang telah bersih direndam dengan air mendidih selama 6 jam, setelah itu air dan sekam padi yang mengapung dibuang.
3. Sekam padi dikeringkan di bawah sinar matahari sampai kering.
4. Sebanyak 50 gram sekam padi dimasukkan ke dalam gelas kimia 5% NaOH, kemudian dipanaskan menggunakan kompor listrik hingga mendidih selama 60 menit sampai ekstrak sekam padi keluar.
5. Hasil ekstrak sekam padi didiamkan selama 24 jam. Setelah didiamkan, campuran di saring dan diambil larutan sol silika.
6. 10% HCl ditambahkan ke dalam larutan sol silikat dari proses ekstraksi menggunakan pipet tetes secara perlahan sampai pH larutan tersebut mencapai 7. Ketika sudah pH 7 larutan akan membentuk gel.
7. Gel tersebut didiamkan selama 24 jam, selanjutnya dicuci dengan *aquades* hangat.
8. Gel yang sudah dicuci dikeringkan menggunakan oven selama 2 sampai 3 jam dengan suhu 105°C sampai kadar air dalam gel menghilang.
9. Setelah kering silika dihaluskan menggunakan mortar dan alu, dan diayak menggunakan ayakan 200 mesh. Selanjutnya serbuk silika siap digunakan.

3.3.2 Pembuatan Membran

Sintesis nanofiber komposit PVA/SiO₂ dengan prosedur sebagai berikut:

1. Membuat larutan PVA/SiO₂

Langkah-langkah membuat larutan PVA/SiO₂ adalah:

- 1) *Aquades* ditimbang menggunakan timbangan analitik.
- 2) PVA 9% ditimbang dari berat *aquades*. Kemudian, *aquades* dipanaskan dengan *magnetic stirrer* dengan suhu 90°C dan kecepatan 300 Rpm.
- 3) PVA ditambahkan menggunakan spatula sampai homogen selama 60 menit.
- 4) Serbuk silika ditambahkan sedikit demi sedikit selama 30 menit sampai homogen dengan variasi SiO₂ sebanyak 0; 0,6; 1,2; dan 2 wt% terhadap larutan PVA.
- 5) Larutan PVA/SiO₂ didiamkan selama 10 menit sampai buihnya homogen.

2. Uji viskositas

Langkah-langkah uji viskositas pada larutan PVA/SiO₂ adalah:

- 1) Alat Viscotester VT-04F dibersihkan dari kotoran.
- 2) Larutan PVA/SiO₂ dimasukkan ke dalam wadah kemudian rotor dimasukkan pada alat Viscotester VT-04F.
- 3) Rotor akan berputar sehingga alat viscotester VT-04F akan membaca hasil yang ditampilkan dengan skala dPa.s (*Decipascal Second*). Skema pengujian viskositas disajikan pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Alat viscotester VT-04F.

3. Uji tegangan permukaan

Langkah-langkah uji tegangan permukaan pada larutan PVA/SiO₂ adalah:

- 1) Pengukuran konstanta (k) dengan massa tiga buah beban ditimbang ($gram$) dan gaya pegas X diukur (mN).
- 2) Rata-rata konstantanya dihitung dengan persamaan (3.1) dan persamaan (3.2).

$$k_n = \frac{m_n g}{X_n} \quad (3.1)$$

$$\bar{k} = \frac{k_1 + k_2 + k_3 + \dots + k_n}{n} \quad (3.2)$$

- 3) Koefisien tegangan permukaan larutan PVA/SiO₂ diukur dengan cara larutan PVA/SiO₂ sebanyak 20 ml dimasukkan ke dalam gelas beaker dan diletakkan di atas dongkrak dan cincin aluminium digantung pada neraca pegas yang telah diukur diameternya. Kemudian, nilai yang terbaca pada neraca pegas yaitu nilai X_{awal} .
- 4) Dongkrak didekatkan pada gelas beaker yang berisi larutan PVA/SiO₂ dengan cincin aluminium sampai cincinya terendam setengah bagian. Kemudian gelas beaker diturunkan melalui kedudukan dongkrak. Sehingga menyebabkan cincin aluminium hampir terlepas dari permukaan larutan.
- 5) Nilai yang terdapat pada neraca pegas sebelum cincin aluminium terlepas adalah data X_{akhir} . Hal tersebut dilakukan tiga kali pengulangan. Selanjutnya menghitung selisih dari kedua nilai gaya pegas tersebut sebagai data nilai ΔX (mN). Koefisien tegangan permukaan kemudian dihitung dengan persamaan (3.3) dan persamaan (3.4).

$$\gamma_n = \frac{\bar{k}\Delta X}{4\pi r} \quad (3.3)$$

$$\bar{\gamma} = \frac{\gamma_1 + \gamma_2 + \dots + \gamma_n}{n} \quad (3.4)$$

Skema pengujian tegangan permukaan disajikan pada **Gambar3.2**.



Gambar 3.2 Alat tensiometer.

4. Proses *electrospinning*

Langkah-langkah *electrospinning* adalah:

- 1) Larutan PVA/SiO₂ dimasukkan pada suntikan dan diletakkan pada alat *electrospinning* dengan memberikan tegangan 20 kV dan laju penyemprotan sebesar 2,0 ml/jam dengan jarak ujung jarum ke kolektor sebesar 15 cm.
- 2) Waktu *electrospinning* dibuat selama 3 jam sehingga terbentuk *nanofiber*. Setelah itu, *nanofiber* komposit PVA/SiO₂ yang terbentuk dioven pada suhu 80°C selama 8 jam. Hal tersebut dilakukan untuk menghilangkan pengotor organik pada membran PVA/SiO₂.

3.3.3 Pengujian dan Karakterisasi

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu pengujian porositas untuk mengetahui afinitas elektrolit, uji *shrinkage ratio* untuk melihat ketahanan termal dan karakterisasi membran dilakukan dengan SEM.

a. Uji porositas

Uji porositas dilakukan tes serapan n-butanol. Nilai porositas diperoleh menggunakan **Persamaan 3.5**.

$$\text{Porositas (\%)} = \frac{W_w - W_d}{\rho \times V} \times 100 \% \quad (3.5)$$

dengan W_w merupakan berat basah membran dan W_d adalah berat kering membran. Sedangkan ρ merupakan densitas n-butanol dan V adalah volume dari sampel.

b. *Shrinkage Ratio Test*

Shrinkage (penyusutan) membran adalah salah satu karakteristik membran separator yang penting. Hasil uji penyusutan membran dihitung dengan **Persamaan 3.6**.

$$S = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100 \% \quad (3.6)$$

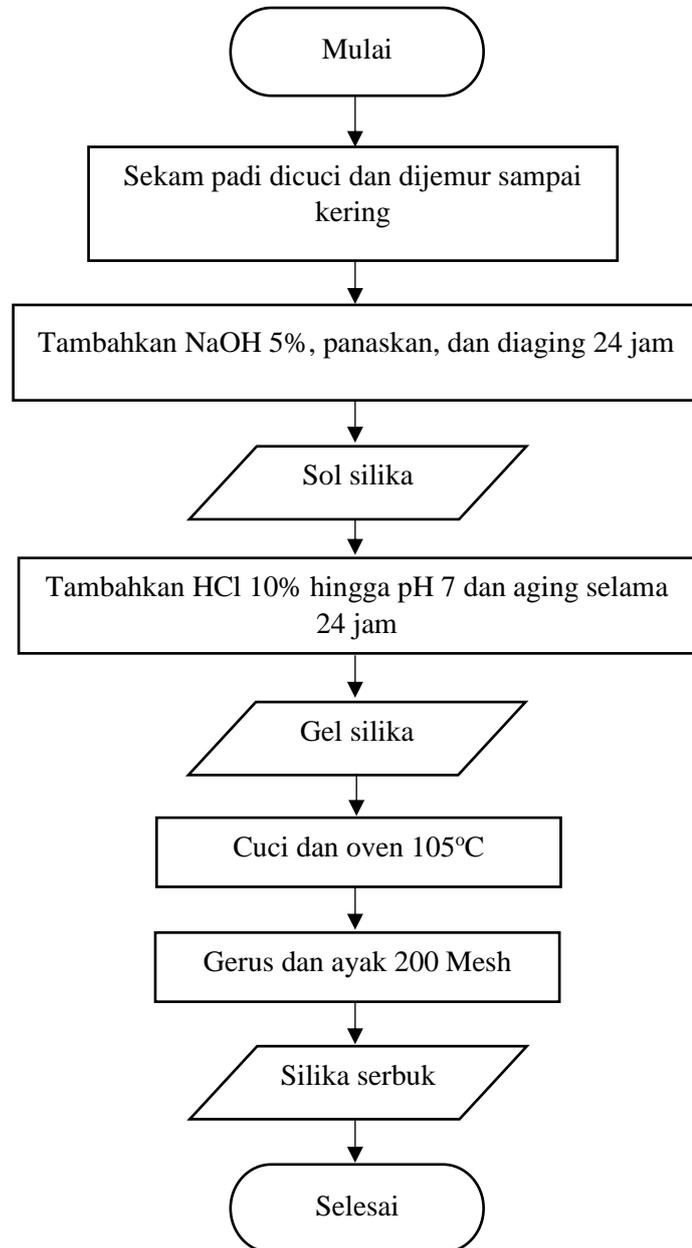
dimana A_0 luas membran sebelum perlakuan panas, A_1 luas membran setelah perlakuan panas. Rasio *shrinkage* membran ditentukan dengan memotong membran dengan diameter yang sama yaitu 3 cm kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 165 °C selama 30 menit.

c. SEM

Untuk mengetahui morfologi membran separator PVA dan PVA/SiO₂ dengan variasi berat SiO₂ (0, 0.6, 1.2, dan 2 wt %) dilakukan karakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) Zeiss Evo MA 10 dengan perbesaran 10.000 x. Karakterisasi SEM ini dilakukan di Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi Universitas Lampung.

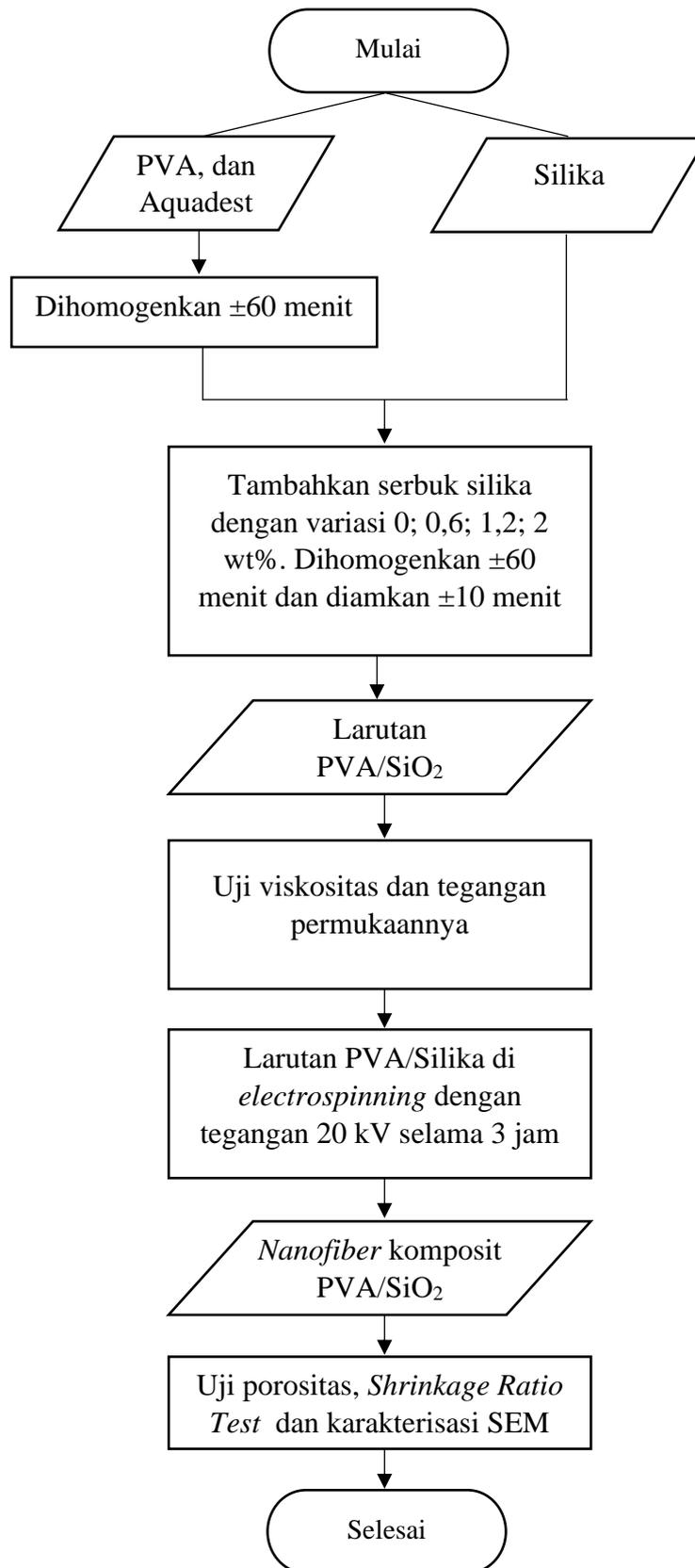
3.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pembuatan serbuk silika disajikan pada **Gambar 3.3**.



Gambar 3.3 Diagram alir pembuatan serbuk silika.

Diagram alir pembuatan *nanofiber* disajikan pada **Gambar 3.4**.



Gambar 3.4 Diagram alir pembuatan sampel *nanofiber*.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Larutan PVA/SiO₂ dengan variasi berat SiO₂ 0; 0,6; 1,2; dan 2 wt% dengan kode sampel berturut-turut adalah PS-0%; PS-0,6%; PS-1,2% dan PS-2%, sudah bisa digunakan untuk proses elektrospinning. Setiap sampel memiliki nilai viskositas berturut-turut sebesar 0,35; 0,37; 0,45 dan 0,7 Pa.s. Nilai tegangan permukaan berturut-turut sebesar (29 ± 4), (34 ± 4), (39 ± 4), (39 ± 3) dyn/cm.
2. Berdasarkan hasil uji porositas pada *nanofiber* PVA/SiO₂, semakin tinggi kadar SiO₂ nilai porositas akan semakin tinggi, berturut-turut sebesar 51; 58; 63; dan 68 %. Kemudian hasil *shrinkage ratio test* pada *nanofiber* PVA/SiO₂ semakin tinggi kadar SiO₂ nilai *shrinkage ratio* semakin berkurang sampai kadar SiO₂ 0,6% (dengan nilai 30,56; 12,89), selebihnya nilai *shrinkage ratio* akan menjadi 0. Berdasarkan hasil karakterisasi SEM, ukuran diameter rata-rata *nanofiber* PVA/SiO₂ berturut-turut sebesar 219 nm, 210 nm, 205 nm, dan 200 nm. Diameter *nanofiber* rata-rata tersebut terus mengalami penurunan dengan semakin meningkatnya kadar SiO₂ yang ditambahkan.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah memvariasikan SiO₂ dengan kadar lebih tinggi untuk melihat perubahan pada *nanofiber* yang terbentuk dapat signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Albright, G., Edie, J., & Al-Hallaj, S. 2012. A comparison of lead acid to lithium-ion in stationary storage applications. *AllCell Technologies LLC*. Vol. 5. No. 2. Hal. 1-14.
- Aprilia, N. I., Sumarni, W., & Susatyo, E. B. 2012. Sintesis Membran Padat Silika Abu Sekam Padi dan Aplikasinya Untuk Dekolorisasi Rhodamin B pada Limbah Cair. *Indonesian Journal of Chemical Science*. Vol 1. No. 3. Hal. 222
- Badan Pusat Statistika (BPS). 2015. <https://www.bps.go.id/brs/view/id/1271> .
- Bakar, R. A., Yahya, R., & Gan, S. N. 2016. Production of High Purity Amorphous Silica from Rice Husk. *Procedia Chemistry*. Vol. 19. No. 45. Pp. 189-195.
- Barbosa, J. C., Dias, J. P., Lanceros-Méndez, S., & Costa, C. M. 2018. Recent advances in poly (vinylidene fluoride) and its copolymers for lithium-ion battery separators. *Membranes*. Vol. 8. No. 2. Hal 42-45.
- Bhattarai, R. S., Bachu, R. D., Boddu, S. H., & Bhaduri, S. 2018. Biomedical Applications of Electrospun Nanofibers: Drug and Nanoparticle Delivery. *Pharmaceutics*. Vol. 1. No. 15-20. Pp. 2223.
- Chen, W., Liu, Y., Ma, Y., & Yang, W. 2015. Improved performance of lithium ion battery separator enabled by co-electrospinning polyimide/poly (vinylidene fluoride-co-hexafluoropropylene) and the incorporation of TiO₂-(2-hydroxyethyl methacrylate). *Journal of Power Sources*. Vol. 3. No. 17. Hal. 1127-1135.
- Dotti, F., Varesano, A., Montarsolo, A., Aluigi, A., Tonin, C., & Mazzuchetti, G. 2007. Electrospun Porous Mats For High Efficiency Filtration. *Journal of Industrial Textiles*. Vol. 37. No. 2. hal. 151-162.
- Fahmi, H., & Nurfalah, A. L. 2016. Analisa daya serap silika gel berbahan dasar abu sekam padi. *Jurnal Ipteks Terapan*. Vo. 10. No. 3. Hal. 176-182.
- Faccini, M., Borja, G., Boerrigter, M., Martín, D. M., Crespiera, S. M., Vázquez-Campos, S., & Amantia, D. 2015. Electrospun Carbon Nanofiber Membranes

- for Filtration of Nanoparticles From Water. *Journal of Nanomaterials*. Vol. 1. No. 17. Pp. 2-3
- Goodenough, J. B., & Park, K. S. 2013. The Li-ion Rechargeable Battery: A Perspective. *Journal of the American Chemical Society*. Vol 4. No. 135. Hal. 1167-1176.
- Goodship, V., & Ogur, E. O. 2005. Polymer Processing With Supercritical Fluids. *iSmithers Rapra Publishing*. Vol. 15. No. 3. Hal 222.
- Griffin, B. J & Riessen, V. A. 1991. *Scanning Electron Microscopy Course Note*. The University of Western Australia. Nedlands.
- Harper, C. A., & Petrie, E. M. 2003. *Plastics Materials and Processes: A Concise Encyclopedia*. John Wiley & Sons.
- Huang, Z. M., Zhang, Y. Z., Kotaki, M., & Ramakrishna, S. 2003. A Review on Polymer Nanofibers by Electrospinning and Their Applications in Nanocomposites. *Composites Science and Technology*. Vol. 63. No. 15. Pp. 2223-2253.
- Islam, M. S., Ang, B. C., Andriyana, A., & Afifi, A. M. 2019. A Review on Fabrication of Nanofibers Via Electrospinning and Their Applications. *SN Applied Sciences*. Vol. 1. No. 7. Pp. 1-16.
- Juang, R.S., Hsieh, C.T., Chen, P.A. & Chen, Y. 2015. Microwave-assisted Synthesis of Titania Coating onto Polymeric Separators for Improved Lithium-ion Battery Performance. *Journal Power Sources*. Vol. 286. No.7-15. Hal. 526-533.
- Kroschwitz, J. I., & Howe-Grant, M. 1998. *Encyclopedia of Chemical Technology: Supplement Volume: Aerogels to Xylylene Polymers*. New York.
- Lawrence H. V. V. 1992. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Edisi 5. Erlangga.
- Lujan, M. 2009. *Cristaline Silica Primer Staff, Branch of Industrial Mineral*. <http://www.library of congress publication data.org>. Diunduh 20 Maret 2019.
- Marno, M., Widiyanto, E., Sumarjo, J., & Santoso, A. 2018. Perancangan dan Pengembangan Sistem Electrospinning sebagai Teknologi dalam Pembuatan Nanofiber. *Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi*. Vol. 18. No. 1. Pp. 101-108.
- Oates, K. 2010. *Lithium-ion Batteries: Commercialization History and Current Market*. Foresight Science and Technology: Providence. USA.

- Nirwan, M., Setyawan, H., & Widiyastuti, W. 2021. Synthesis of PVA/SiO₂ Nanofibers by Electrospinning Method for Supercapacitor Separators. *IPTEK Journal of Proceedings Series*. Vol. 6. No. 2. Hal. 336-341.
- Potts, J. E., & Grayson, M. 1984. *Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology. Handbook of biodegradable polymers*. Wiley-Interscienc. New York. Hal. 626-630.
- Putra, O. A., Ilham, B. M., & Widiyandari, H. 2021. The Physicochemical Properties of PVDF/SiO₂ Composite Nanofibers for Potential Application of Lithium-Ion Battery Separators. *In Materials Science Forum (Trans Tech Publications Ltd)*. Vol. 1044. No. 25. Hal. 81-87.
- Queen, H. 2006. Electrospinning chitosan-based nanofibers for biomedical applications.
- Rahman, I. A., & Padavettan, V. 2012. Synthesis of silica nanoparticles by sol-gel: size-dependent properties, surface modification, and applications in silica-polymer nanocomposites—a review. *Journal of nanomaterials*. Vol. 7. No.1. Hal. 8.
- Ramakrishna, S. 2005. *An introduction to electrospinning and nanofibers*. World scientific.
- Rohman, F. 2012. *Aplikasi Graphene Untuk Lithium Ion Battery*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Sembiring, S., & Simanjuntak, W. 2015. *Silika Sekam Padi*. Plantaxia. Yogyakarta. 111 hlm.
- Sheftel, V. O. 2000. *Indirect Food Additives and Polymers: Migration and Toxicology*. CRC Press.
- Subbiah, T., Bhat, G. S., Tock, R. W., Parameswaran, S., & Ramkumar, S. S. 2005. Electrospinning of Nanofibers. *Journal of Applied Polymer Science*. Vol. 96. No. 2. Pp. 557-569.
- Siburian, B. C. 2015. *Perancangan Alat Pengisi Baterai Lead Acid Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535*. Doctoral dissertation. Universitas Sumatera Utara.
- Song, J., Ryou, M. H., Son, B., Lee, J. N., Lee, D. J., Lee, Y. M., & Park, J. K. 2012. Co-polyimide-coated polyethylene separators for enhanced thermal stability of lithium ion batteries. *Electrochimica acta*. Vol. 85. Hal. 524-530.

- Sulastrri, S., & Kristianingrum, S. 2010. Berbagai macam senyawa silika: Sintesis, karakterisasi dan pemanfaatan. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*. Hal. 211-216.
- Syukri, M., & Hinaya, H. 2019. Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi, Pendapatan Asli Daerah, Dana Alokasi Umum Dan Dana Alokasi Khusus Terhadap Anggaran Belanja Modal Kabupaten & Kota Provinsi Sulawesi Selatan. *JEMMA (Journal of Economic, Management and Accounting)*. Vol. 2. Hal. 2. Hal. 30-37.
- Tungprapa, S., Puangparn, T., Weerasombut, M., Jangchud, I., Fakum, P., Semongkhon, S., & Supaphol, P. 2007. Electrospun Cellulose Acetate Fibers: Effect of Solvent System on Morphology and Fiber Diameter. *Cellulose*. Vol. 14. No. 1. Hal. 563-575.
- Wang, X., Yuan, H., Li, L., Fang, H., Fan, X., & Li, S. 2019. Preparation and Performance of Polypropylene Separator Modified by SiO₂/PVA Layer for Lithium Batteries. *Journal of the Textile Institute*. Vol. 19. No. 2. Hal. 470-476.
- Yanilmaz, M., Lu, Y., Zhu, J., & Zhang, X. 2016. Silica/polyacrylonitrile Hybrid Nanofiber Membrane Separators Via Sol-gel and Electrospinning Techniques for Lithium-ion Batteries. *Journal of Power Sources*. Vol. 1. No. 313. Hal. 205-212.
- Yanilmaz, M. 2019. Evaluation of Electrospun PVA/SiO₂ Nanofiber Separator Membranes for Lithium-ion Batteries. *The Journal of The Textile Institute*. Vol. 111. Pp. 447-452.
- Zhang, Y., Ji, X., & Lu, X. 2015. Choline-Based Deep Eutectic Solvents for Mitigating Carbon Dioxide Emissions. *Novel Materials for Carbon Dioxide Mitigation Technology*. Vol. 2. No. 11. Hal. 87-116.