

Potensi Separator dari Selulosa Asetat Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Polyvinylidene Fluoride Untuk Aplikasi Perangkat Penyimpanan Energi

Potential of Cellulose Acetat Separator of Empty Palm Oil Fruit Bunches and Polyvinylidene Fluoride for Energy Storage Applications

Delovita Ginting^{a*}, Tulus Na Duma^a, Nofia Rahmadani^a, Yola Suryani^b, Rismadani Haryanti^a

^aProgram Studi Fisika, Universitas Muhammadiyah Riau

^bProgram Studi Kimia, Universitas Muhammadiyah Riau

*Email : Delovita@umri.ac.id

(Received 18 March 2023; Revised 05 May 2023; Accepted 29 May 2023; Published 31 May 2023)

Abstrak

Komponen yang berperan penting dalam menjaga keamanan baterai salah satunya adalah separator. Separator berperan dalam mencegah terjadinya hubungan arus pendek akibat pertukaran langsung antara anoda dan katoda di dalam sel baterai. Untuk menghindari terjadinya kebocoran atau korsleting selama proses berlangsung, maka separator harus memiliki sifat mekanik yang baik. Oleh karena itu, perlu dilakukan modifikasi untuk meningkatkan karakteristik dari separator. Proses modifikasi dilakukan dengan mencampurkan polimer *Poyvinylidene Fluoride* (PVDF) dan selulosa asetat (CA). CA yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dengan memanfaatkan ekstrak limbah alam berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh variasi penambahan CA TKKS dan PVDF pada karakteristik separator yang dihasilkan. CA TKKS hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan Spektroskopi Fourier Transfor Infrared (FTIR) untuk menunjukkan bahwa selulosa telah berhasil disintesis menjadi selulosa asetat. Separator yang dihasilkan menunjukkan serapan elektrolit yang baik, ditunjukkan dengan terjadinya proses reaksi reduksi-oksidasi pada kurva histerisis dengan *loop* yang lebih lebar dan *reversible* pada penambahan 0,2 g CA. Karakteristik mekanis separator juga meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi CA, separator dengan penambahan 0,3 g CA menunjukkan nilai kuat tarik tertinggi yaitu 62,335 MPa dan nilai porositas tertinggi yaitu 89,35%. Separator dengan penambahan 0,3 g selulosa asetat juga lebih cepat terurai, ditunjukkan dengan persen kehilangan bobot sebesar 60%. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa penambahan CA TKKS dan PVDF dapat memengaruhi karakteristik fisis dan mekanis dari separator yang berpotensi menjadi separator baterai.

Kata kunci: baterai, PVDF membran, separator, selulosa asetat, tandan kosong kelapa sawit

Abstract

One of the components that play an important role in maintaining battery security is the separator. The separator plays a role in preventing short circuits due to direct exchange between the anode and cathode in the battery cell. To avoid leakage or short circuit during the process, the separator must have good mechanical properties. For this reason, modifications are needed to improve the characteristics of the separator. The modification process was carried out by mixing Poyvinylidene Fluoride (PVDF) and cellulose acetate (CA) polymers. The CA used in this study was obtained by utilizing natural waste extracts in the form of empty oil palm fruit bunches (EFB). This study aims to see the effect of variations in the addition of CA EFB and PVDF on the characteristics of the resulting separator. Synthesized CA EFB was characterized using Fourier Transfor Infrared (FTIR) spectroscopy which showed that cellulose had been successfully synthesized into cellulose acetate.. The separator produced in this study showed good electrolyte absorption, indicated by the occurrence of an oxidation-reduction reaction process on the hysteresis curve with a wider and reversible loop upon the addition of 0.2 g CA. The mechanical characteristics of the separator also increased with the addition of CA concentration, the separator with the addition of 0.3 g CA showed the highest tensile strength value of 62.335 MPa and the highest porosity value of 89.35%. The separator with the addition of 0.3 g of cellulose acetate also decomposes more quickly, indicated by a weight loss percentage of 60%. The results of this test indicate that the addition of CA EFB and PVDF can affect the physical and mechanical characteristics of the separator which has the potential to become a battery separator.

Keywords: battery, cellulose acetate, empty palm oil fruit bunches, PVDF membrane, separator



1. Latar Belakang

Penggunaan peralatan elektronik seperti telepon genggam, laptop, kamera digital, *gadget*, dan peralatan elektronik lainnya saat ini semakin meningkat [1]. Hal ini menyebabkan peralatan penyimpanan energi listrik yang efisien juga perlu ditingkatkan, salah satunya adalah baterai [2]. Baterai harus mampu bekerja secara efisien, ramah lingkungan, berkapasitas tinggi, dan mudah mendapatkan bahan baku [3].

Baterai memiliki komponen utama yaitu, katoda, anoda, elektrolit, dan membran separator. Komponen yang berperan penting dalam menjaga keamanan baterai salah satunya adalah separator. Separator berperan dalam mencegah terjadinya hubungan arus pendek akibat pertukaran langsung antara anoda dan katoda didalam sel baterai. Untuk menghindari terjadinya kebocoran atau korsleting selama proses berlangsung, maka separator harus memiliki sifat mekanik yang baik [4].

Salah satu polimer yang memiliki sifat mekanik yang baik adalah *Polyvinylidene fluoride* (PVDF). PVDF juga mampu menunjukkan keterbasahan dan ketahanan panas yang baik, fleksibilitas, dan stabilitas elektrokimia yang baik untuk kemudian dijadikan separator [5,6]. Karakteristik separator dapat ditingkatkan dengan melakukan modifikasi komposisi separator. Modifikasi dilakukan dengan pencampuran polimer atau penambahan material baru untuk mendapatkan kinerja separator sesuai dengan karakteristik yang dibutuhkan [4]. Material yang dapat digunakan untuk meningkatkan karakteristik separator adalah selulosa [7].

Selulosa memiliki keunggulan, yaitu bahan baku yang melimpah, *biodegradable*, kekuatan mekanik yang baik, stabilitas termal yang tinggi, stabilitas elektrokimia yang tinggi, keterbasahan yang tinggi, serta mampu dibentuk menjadi lembaran dengan mudah [8]. Produk turunan selulosa yang banyak digunakan di industri yaitu selulosa asetat (CA). Selulosa asetat mempunyai nilai komersial yang cukup tinggi karena memiliki keunggulan pada karakteristik fisik yang baik, tidak beracun, dan stabilitas termal yang baik [9].

Selulosa asetat masih menjadi salah satu bahan yang diimpor ke Indonesia. Hal ini menjadikan selulosa termasuk bahan yang memerlukan biaya mahal dan waktu yang lama. Selulosa dapat diperoleh dari ekstraksi bahan alam, salah satunya adalah tandan kosong kelapa sawit. Tandan kosong merupakan limbah padat terbesar dibandingkan

limbah padat lainnya di pabrik kelapa sawit. Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang sudah dimanfaatkan baru sebanyak 10% untuk bahan bakar boiler maupun kompos, dan sisanya masih menjadi limbah [10]. Kajian lain menunjukkan bahwa gugus fungsi utama selulosa asetat hasil sintesis tandan kosong kelapa sawit sudah mendekati selulosa komersil dengan kandungan asetil 27% dan derajat substitusi 1,4 [11].

Pemanfaatan selulosa sebagai separator baterai telah dilakukan dengan mengekstrak selulosa dari alga *Cladophora* yang menunjukkan hasil *wettability* dan stabilitas kimia yang lebih baik dibandingkan separator komersial [12]. Modifikasi dengan pencampuran polimer sudah dilakukan, yaitu PVDF/CA/Al(OH)₃ yang menghasilkan nilai serapan sebesar 403,9%, porositas yang tinggi yaitu 68,6% dan konduktivitas ion mencapai $2,85 \times 10^{-3}$ S/cm [13]. Separator berbahan PVDF/CA/AgTiO₂ menunjukkan kinerja elektrokimia yang baik, stabilitas termal yang dapat mengurangi resiko hubungan singkat elektroda, porositas yang tinggi, dan kompatibilitas elektrolit yang baik. [14]. Penggunaan membran nanofibrus selulosa bakteri (BC) sebagai separator oleh Jiang [15] menunjukkan stabilitas dimensi dan kinerja baterai yang baik.

Pengaruh penambahan selulosa asetat TKKS pada PVDF dalam pembuatan separator baterai maka dilakukan variasi penambahan selulosa asetat. Pengaruh yang ditunjukkan dapat dilihat melalui hasil pengujian fisis dan mekanis yang dilakukan pada variasi separator yang dihasilkan. Penelitian ini diharapkan akan dapat memberikan informasi terkait potensi penambahan selulosa asetat TKKS dan PVDF dalam pembuatan separator baterai.

2. Metodologi

2.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *grinding machine*, ayakan 60 Mesh, labu leher tiga, desikator, neraca digital, pipet tetes, *magnetic stirrer*, batang pengaduk, gelas ukur, oven, ultrasonikasi, substrat kaca, pisau *casting*, bak koagulasi, penangas aquades, cawan petri.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), NaOH 2%, H₂SO₄ 72%, NaOCl 1%, NaOH 17,5%, aquades, asam asetat glasial, anhidrida asetat, Al(OH)₃, *Dimethylacetamid* (DMAc), *Polyvinylidene fluoride* (PVDF).



2.2 Preparasi Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

TKKS dibersihkan menggunakan air mengalir dan dijemur hingga kadar air maksimal 10%. TKKS kering digiling dengan grinding machine dan diayak hingga diperoleh serbuk lolos ayakan 60 mesh.

2.3 Ekstraksi Selulosa

Serbuk halus tandan kosong kelapa sawit sebanyak 25 g dan NaOH 2% (w/v) dimasukkan kedalam labu leher tiga untuk direfluks pada suhu 90°C selama 3 jam. Campuran disaring dan filtrat direaksikan dengan H₂SO₄ 72% (v/v) untuk dilakukan uji lignin. Gumpalan yang terbentuk setelah filtrat direaksikan dengan H₂SO₄ 72% (v/v) menandakan masih terdapat lignin pada serat. Residu dilarutkan kembali dengan larutan NaOH 2% (w/v) pada suhu 90°C selama 1 jam hingga bebas lignin. Residu yang telah bebas lignin direfluks dalam larutan NaOCl 1% dan 1 g NaOH dengan perbandingan 100:1 (v/w) pada suhu 70°C selama 1 jam untuk dilakukan pemutihan. Campuran disaring dan residu direndam dalam 100 mL larutan NaOH 17,5% selama 30 menit. Residu yang tidak larut dalam NaOH 17,5% menandakan terbentuknya selulosa. Campuran disaring kembali dan dicuci dengan aquades hingga pH netral. Residu diletakkan di cawan petri dan dikeringkan menggunakan oven selama 90 menit pada suhu 105°C. Residu didinginkan dalam desikator dan ditimbang massanya [11,16].

2.4 Sintesis Selulosa Asetat

Tahap aktivasi dilakukan dengan mereaksikan 2 g selulosa hasil isolasi dengan 25 mL asam asetat glasial dalam tabung erlenmeyer berukuran 250 mL. Campuran diaduk dengan magnetic stirrer pada kecepatan 125 rpm selama 3 jam. Tahap asetilasi dilakukan dengan menambahkan 15 mL asam asetat anhidrida dan 3 tetes asam sulfat pekat untuk diaduk kembali pada suhu 25°C selama 2,5 jam. Tahap hidrolisis dilakukan dengan



Gambar 1. Selulosa asetat hasil sintesis.

menambahkan 2 mL aquades dan 5 mL asam asetat glasial untuk direaksikan kembali setiap 30 menit selama 1 jam. Larutan berwarna gelap yang terbentuk disaring dan dicuci dengan aquades hingga bau asam asetat hilang. Selulosa asetat yang diperoleh dikeringkan dengan oven pada suhu 100°C selama 1 jam. Selulosa asetat yang terbentuk dianalisa gugus fungsi menggunakan analisa FTIR. Selulosa asetat TKKS yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 1 [11,17].

2.5 Pembuatan separator

Pembuatan separator dimulai dengan melarutkan 0,7 g Al(OH)₃ dengan 50 mL DMAc dan distirrer selama 30 menit. PVDF dan selulosa asetat ditambahkan kedalam campuran dan distirrer kembali hingga larutan homogen pada suhu 70°C dengan perbandingan konsentrasi terdapat pada Tabel 1. Hasil campuran dituang pada substrat kaca kering dan bersih dengan pisau casting hingga ketebalan kurang dari 1 mm. Film polimer lalu direndam dalam bak koagulasi yang berisin campuran DMAc dan aquades dengan perbandingan 1:4 hingga film polimer terlepas dari substrat kaca. Film polimer dipindahkan ke penangas aquades selama 24 jam untuk menghilangkan sisa air hingga kering [13].

Tabel 1. Perbandingan konsentrasi pada sampel.

PVDF	Selulosa Asetat	Al(OH) ₃
2,8	-	0,7
2,8	0,1	0,7
2,8	0,2	0,7
2,8	0,3	0,7

2.6 Karakteristik FTIR

Spektroskopi inframerah (IR) merupakan salah satu metode spektroskopi yang digunakan untuk bahan polimer. Prinsip spektroskopi jenis Fourier transform (FT) adalah penyerapan radiasi inframerah oleh suatu senyawa, sehingga spektroskopi dapat memberikan informasi keadaan vibrasional dari molekul. Elemen-elemen bahan yang diuji dapat diketahui dengan menganalisis intensitas yang terserap dan posisi spektral dari absorbansi inframerahnya (panjang gelombang). Karakteristik FTIR dilakukan untuk melihat apakah selulosa asetat yang disintesis dari tandan kosong kelapa sawit sudah terbentuk melalui serapan gugus fungsi yang dihasilkan.



2.7 Pengujian *Cyclic-Voltammetry* (CV)

Pengujian *Cyclic-Voltammetry* memiliki prinsip sebagai pengukur arus dari potensial yang terjadi ketika polarisasi elektroda sehingga sampel mengalami reaksi oksidasi-reduksi. Hasil uji CV dapat digunakan untuk menentukan apakah separator yang dibuat dapat melewati elektrolit dengan baik. Pembacaan yang dilakukan akan menunjukkan hubungan antara potensial dengan arus yang terukur.

Karakterisasi pengukuran kapasitansi separator dilakukan menggunakan uji *Cyclic-Voltammetry* (CV) dengan sistem cell 2 elektroda. CV berbahan karbon pada laju scan 1 mV/s dengan larutan elektrolit H₂SO₄ 1 M.

2.8 Karakteristik Kuat Tarik

Pengujian tarik dapat mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara perlahan. Kekuatan tarik ditentukan dengan melihat beban maksimum pada saat sampel putus. Uji tarik dilakukan dengan mengikuti standar ASTM D882-91. Nilai kuat tarik dihitung menggunakan persamaan (1).

$$\sigma = \frac{F_{max}}{A} \quad (1)$$

Dengan σ merupakan kekuatan tarik (MPa), F_{max} merupakan beban maksimum (N), dan A merupakan luas penampang (mm²).

2.9 Uji Porositas

Uji porositas dilakukan dengan membandingkan volume pori dengan volume total separator untuk mengetahui pengaruh penambahan selulosa asetat terhadap pori membran yang dihasilkan. Porositas berpengaruh terhadap kinerja separator dalam menghantarkan jumlah transfer ion.

Perhitungan nilai porositas separator didapatkan dengan metode gravimetric menggunakan persamaan (2) [18]. Dengan W_b merupakan berat separator dalam keadaan basah (gram), W_k merupakan berat separator dalam keadaan kering (gram), A merupakan luas permukaan separator (m²), l merupakan ketebalan separator (cm), dan d merupakan densitas (gram/cm³).

$$\% \text{ Porositas } (\varepsilon) = \frac{W_b - W_k}{A \times l \times d} \times 100\% \quad (2)$$

2.10 Uji Biodegradasi

Proses biodegradasi dilakukan untuk mengetahui apakah material dapat terdegradasi oleh alam. Pada pengujian degradasi separator dilakukan dengan metode pengujian *soil burial test*. Pengujian ini dilakukan dengan cara menguburkan lembaran separator kedalam media tanah untuk mengetahui kemampuan degradasinya dalam waktu tertentu.

Uji *biodegradable* dilakukan dengan mengacu pada SNI 7818-2014. Perhitungan persen biodegradasi separator dihitung menggunakan persamaan (3). Dengan W_1 merupakan berat separator sebelum dikubur (gram), W_2 merupakan berat separator setelah 7 hari dikubur.

$$\% \text{ berat} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (3)$$

3. Hasil dan Pembahasan

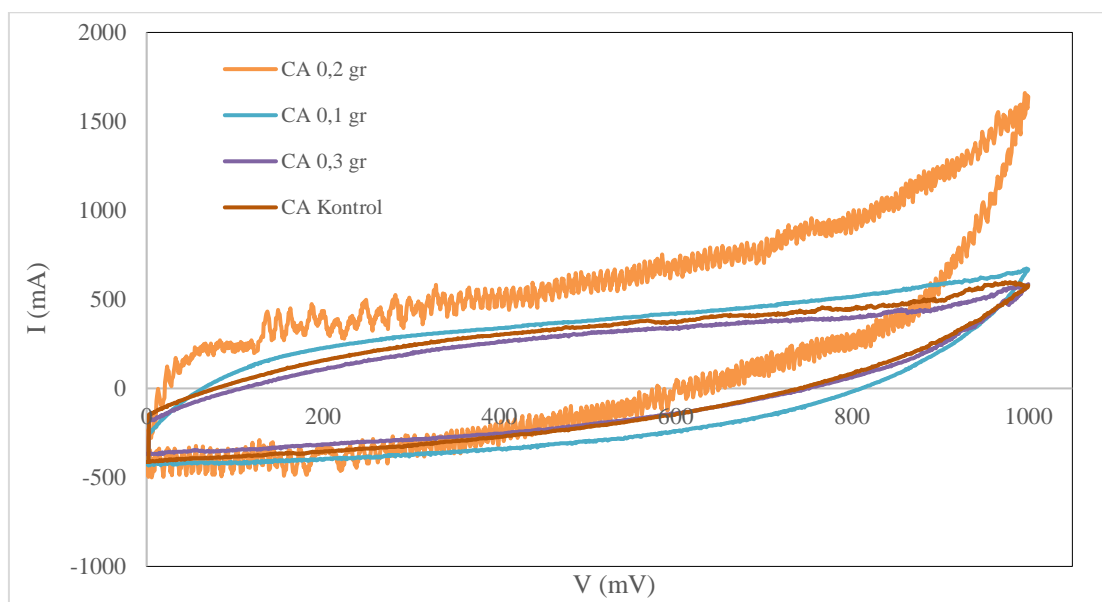
3.1 Karakterisasi FTIR

Hasil analisis FTIR selulosa asetat menunjukkan adanya puncak serapan gugus karbonil C=O (1690-1760 cm⁻¹) yaitu 1693,57 cm⁻¹ dan gugus ester dari gugus asetil C-O (1050-1300 cm⁻¹) yaitu 1233,53 cm⁻¹. Serapan pada bilangan gelombang 3434,40 cm⁻¹ yang menunjukkan gugus fungsi O-H (3200-3600 cm⁻¹) dan 2945,43 cm⁻¹ untuk gugus fungsi C-H. Intensitas puncak serapan gugus asetil selulosa asetat TKKS sudah mendekati gugus asetil selulosa asetat komersil yang menunjukkan bahwa selulosa telah menjadi selulosa asetat. Data analisis FTIR selulosa asetat tersebut dapat dilihat pada Tabel 2. Pembacaan spektrum IR selulosa asetat TKKS dilakukan perbandingan dengan selulosa asetat komersil yang dapat dilihat pada Tabel 2. Intensitas puncak serapan gugus asetil selulosa asetat TKKS sudah mendekati gugus asetil selulosa asetat komersil yang menunjukkan bahwa selulosa telah menjadi selulosa asetat [19].

Tabel 2. Pembacaan Spektrum IR Selulosa Asetat

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)		Gugus Fungsi	Daerah Frekuensi (cm ⁻¹)
Selulosa Asetat Komersil	Selulosa Asetat TKKS		
3479,28	3434,40	O-H	3200 - 3600
2944,99	2945,43	C-H	2850 - 3000
1744,87	1693,57	C=O	1690 - 1760
1232,72	1233,53	C-O asetil	1210 - 1320





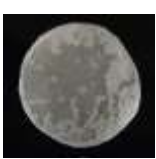



Gambar 2. Grafik hasil uji Cyclic-Voltammetry.

3.2 Hasil Pembuatan Separator

Hasil pembuatan separator dari selulosa asetat limbah TKKS dan PVDF dengan *dopping* Al(OH)₃ secara kualitatif dapat dilihat pada Tabel 3. Terdapat perubahan warna dan juga tingkat kekasaran dari permukaan sampel.

Tabel 3. Hasil pembuatan separator.

Hasil (g)		Keterangan
PVDF	CA	
5,6	-	 Lembaran tipis, berwarna putih, permukaan halus
5,6	0,1	 Lembar tipis, berwarna putih, permukaan halus
5,6	0,2	 Lembar tipis, berwarna putih kekuningan, permukaan sedikit kasar
5,6	0,3	 Lembar tipis, berwarna putih pucat, permukaan kasar

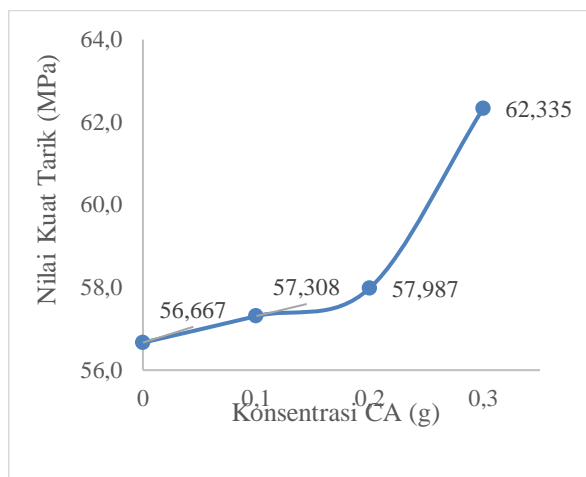
3.3 Hasil Pengujian Cyclic-Voltametry (CV)

Gambar 2 merupakan grafik hubungan antara potensial (V) dan arus (A) dari keempat variasi konsentrasi selulosa asetat yang menunjukkan tiap variasi konsentrasi selulosa asetat mengalami proses reaksi reduksi-oksidasi. Grafik tersebut menunjukkan separator dengan penambahan 0,2 g selulosa asetat memiliki kurva histerisis dengan *loop* yang lebih lebar dan separator dengan konsentrasi selulosa asetat lainnya memiliki kurva histerisis reversible yang lebih sempit. Hal ini dapat terjadi karena porositas yang terbentuk pada separator ketika melewati elektrolit. Titik maksimum potensial pada tiap variasi besarnya sama yaitu 1 V dengan arus pada separator kontrol sebesar 0,579 A, arus pada separator 0,1 g selulosa asetat sebesar 0,669 A, arus pada separator 0,2 g selulosa asetat sebesar 1,641 A, dan arus pada separator 0,3 g selulosa asetat sebesar 0,586 A [15].

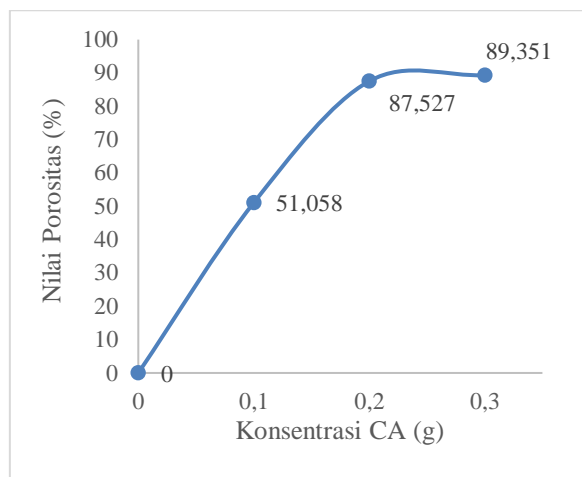
3.4 Karakterisasi Kuat Tarik

Uji kuat tarik tiap sampel dilakukan dengan 2 kali pengujian untuk mendapatkan akurasi yang baik. Hasil pengujian kuat tarik dari beberapa variasi sampel dapat dilihat pada Gambar 3 yang menunjukkan nilai rata-rata kuat tarik separator paling tinggi pada variasi penambahan 0,3 g selulosa asetat yaitu 62,335 MPa, sedangkan nilai rata-rata kuat tarik separator terendah terdapat pada variasi tanpa penambahan selulosa asetat yaitu 56,66 MPa. Kajian yang lain menggunakan eucalyptus sebagai bahan baku CA pada





Gambar 3. Grafik nilai kuat tarik separator terhadap konsentrasi CA.



Gambar 4. Grafik nilai porositas separator terhadap konsentrasi CA.

penambahan 20% dengan polimer PP menghasilkan kekuatan tarik 49 MPa, 227% lebih tinggi dibandingkan CA komersil [20]. Peningkatan nilai kuat tarik separator dipengaruhi oleh jumlah selulosa asetat yang ditambahkan. Nilai kuat tarik tertinggi dikarenakan selulosa asetat yang digunakan memiliki daya ikat yang baik, sehingga dapat meningkatkan nilai kuat tarik yang lebih baik pula. Peningkatan kuat tarik terjadi karena selulosa asetat memiliki rantai polimer yang lurus dan panjang sehingga dapat membuat separator menjadi kuat [21]. Selain itu, penambahan selulosa asetat karena adhesi antarmuka yang baik dapat membentuk jaringan ikatan kuat hydrogen sehingga kuat tarik meningkat dengan baik. Nilai kuat tarik semua variasi sampel memenuhi standar untuk dikategorikan sebagai separator karena memiliki nilai diatas 24,7 MPa sesuai dengan standar SNI 7818:2014.

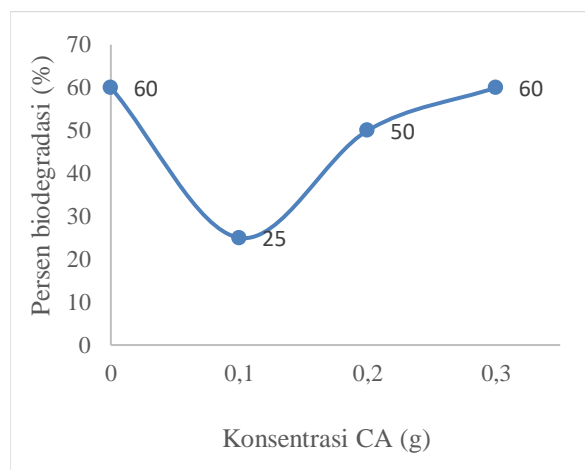
3.5 Hasil Uji Porositas

Hasil pengujian porositas dari beberapa variasi sampel dapat dilihat pada Gambar 4 yang menunjukkan nilai porositas tertinggi terdapat pada variasi penambahan 0,3 g selulosa asetat yaitu 89,35%, sedangkan nilai porositas terendah terdapat pada variasi tanpa penambahan selulosa asetat yaitu 0%. Hal ini sesuai dengan temuan oleh Cui pada separator PVDF-CA yang menggunakan CA komersil, dimana terlihat separator dengan penambahan CA dapat meningkatkan porositas separator. Hasil yang sama juga diperoleh dengan menggabungkan CA dengan polimer PP dan PE porositas membran separator meningkat 83,6% dan rata-rata ukuran pori adalah 192 nm [22].

Porositas yang tinggi menghasilkan penyerapan elektrolit yang lebih baik bagi sifat listrik separator [23].

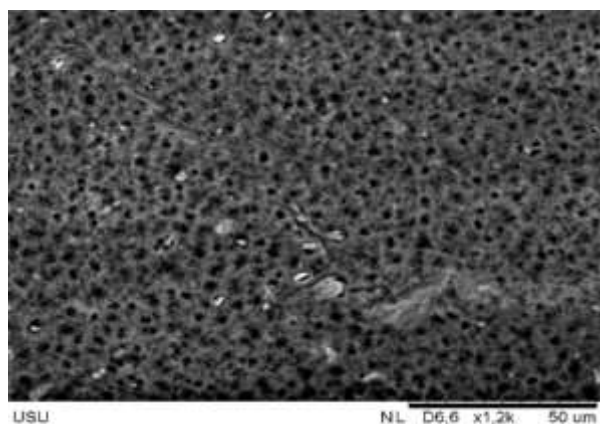
3.6 Hasil Uji Biodegradasi

Uji biodegradasi dilakukan dengan menghitung jumlah kehilangan bobot separator sebelum dan sesudah dilakukannya penguburan didalam tanah dengan kedalaman 15 cm selama 7 hari. Gambar 5 menunjukkan nilai biodegradasi tertinggi terdapat pada variasi tanpa penambahan selulosa asetat dan penambahan 0,3 g selulosa asetat yaitu 60%. Nilai biodegradasi terendah terdapat pada variasi penambahan 0,1 g selulosa asetat yaitu 25%. Hal ini dapat dipengaruhi struktur pori membran berdasarkan hasil analisis SEM cross-sectional menunjukkan bahwa terdapat perbedaan struktur mikro membran densitas pori yang tinggi menunjukkan jumlah pori yang besar dengan luas

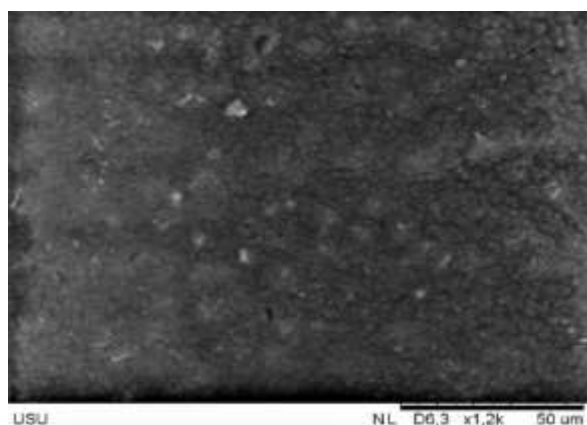


Gambar 5. Grafik nilai biodegradasi separator terhadap konsentrasi CA.





(a)



(b)

Gambar 6. Citra morfologi dari (a) Separator penambahan 0,3 g CA dan (b) Separator kontrol.

permukaan yang besar. Struktur membran yang kurang rapat menyebabkan lebih banyak air yang terserap sehingga membrane lebih mudah terurai atau biodegradasi lebih besar [18].

3.7 Hasil Uji SEM

Hasil citra SEM ditunjukkan pada Gambar 6, menunjukkan struktur mikro permukaan bahan separator di mana terbentuknya pori merata pada permukaan separator PVDF dengan penambahan 0,3 g selulosa asetat memiliki distribusi ukuran pori yang lebih merata dibandingkan separator tanpa penambahan selulosa asetat. Ukuran pori seragam diharapkan meningkatkan fungsi dalam mitigasi *self-discharge* dan mencapai kerapatan arus seragam pada pengisian atau pengosongan penyimpanan energi yang menguntungkan untuk mencegah pembentukan dendrit litium atau penumpukan lithium [24].

Hal ini sejalan dengan kajian oleh Fauza yang menggunakan selulosa asetat alga *Cladophora* dengan temuan dimana seiring dengan penurunan konsentrasi selulosa asetat terjadi penurunan

kerapatan pori dari separator, begitu juga sebaliknya [12]. Pada gambar 6(a) terlihat bahwa selulosa asetat tersebar merata. Sedangkan pada gambar 6(b) tanpa penambahan selulosa asetat menyebabkan pori lebih kecil dan tertutup. Hasil analisis SEM *cross-sectional* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan struktur mikro membran densitas pori yang tinggi menunjukkan jumlah pori yang besar dengan luas permukaan yang besar. Struktur membran yang kurang rapat menyebabkan lebih banyak air yang terserap. Hal ini mendukung proses mekanisme pertukaran ion yang terjadi pada membran [25].

Syarat ukuran pori dari membran separator untuk diaplikasikan pada baterai adalah kurang dari 1 μm , dari hasil yang diperoleh sudah menunjukkan bahwa separator yang dibuat telah memenuhi persyaratan ukuran pori untuk di aplikasikan pada baterai.

4. Kesimpulan

Selulosa asetat telah berhasil disintesis dari serat tandan kosong kelapa sawit yang ditunjukkan



dengan terbentuknya gugus fungsi pada hasil uji FTIR. Penambahan selulosa asetat TKKS dan PVDF pada separator menunjukkan serapan elektrolit yang baik, ditunjukkan dengan terjadinya proses reaksi reduksi-oksidasi pada kurva histerisis dengan *loop* yang lebih lebar dan *reversible* pada penambahan 0,2 g selulosa asetat. Karakteristik mekanis separator juga terjadi peningkatan seiring dengan penambahan konsentrasi selulosa asetat. Separator dengan penambahan 0,3 g selulosa asetat menunjukkan nilai kuat tarik tertinggi yaitu 62,335 MPa dan nilai porositas tertinggi yaitu 89,35%. Separator dengan penambahan 0,3 g selulosa asetat juga lebih cepat terurai. Hal ini ditunjukkan dengan persen kehilangan bobot sebesar 60%.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis berterimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Program Studi Fisika Fakultas MIPA dan Kesehatan Universitas Muhammadiyah Riau.

Daftar Pustaka

- [1] Perdana, F. A., Baterai Lithium, INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA, **9**(2), pp. 113, 2021.
- [2] Munawarti, N. D., Permatasari, D., Wulandari, R., Wari, W. S., dan Aini, Z., Sintesis Aluminium Hidroksida (Al (OH) 3) dari Limbah Anodisasi Pelapisan Logam Aluminium, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Brawijaya, **6**, pp.3-4, 2015.
- [3] Saputry, A. P., Lestariningsih, T., Astutia, Y., Soedarto, J., Pengaruh Rasio LiBOB:TiO2 dari Lembaran Polimer Elektrolit sebagai Pemisah terhadap Kinerja Elektrokimia Baterai Lithium-Ion Berbasis LTO, Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi, **22**(4), pp. 136-142, 2019.
- [4] Barbosa, J. C., Dias, J. P., Lanceros-Méndez, S., dan Costa, C. M., Recent advances in poly (Vinylidene fluoride) and its copolymers for lithium-ion battery separators, Membranes, **8**(3), 2018.
- [5] Wang, S., Zhang, D., Shao, Z., dan Liu, S., Cellulosic materials-enhanced sandwich structure-like separator via electrospinning towards safer lithium-ion battery, Carbohydrate Polymers, **214**, pp. 328-336, 2019.
- [6] Rajeevan, S., John, S., dan George, S. C., Polyvinylidene fluoride: A multifunctional polymer in supercapacitor applications, Journal of Power Sources, **504**, pp. 230037, 2021.
- [7] Pratiwi, R., Rahayu, D., dan Barliana, M. I., Pemanfaatan Selulosa Dari Limbah Jerami Padi (*Oryza sativa*) Sebagai Bahan Bioplastik, Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology, **3**(3), pp. 83, 2016.
- [8] Saito, Y., Morimura, W., Kuratani, R., dan Nishikawa, S., Ion transport in separator membranes of lithium secondary batteries, Journal of Physical Chemistry C, **119**(9), pp. 4702-4708, 2015.
- [9] Yannasandy, D., Hasyim, U. H., dan Fitriyano, G., Pengaruh Waktu Delignifikasi Terhadap Pembentukan Alfa Selulosa Dan Identifikasi Selulosa Asetat Hasil Asetilasi Dari Limbah Kulit Pisang Kepok, Prosiding Semnastek, pp. 1-9, 2017.
- [10] Dewanti, D. P., Potensi Selulosa dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Bahan Baku Bioplastik Ramah Lingkungan, Jurnal Teknologi Lingkungan, **19**(1), pp. 81, 2018.
- [11] Nurhadini, N. dan Arcana, I. M., Synthesis Of Cellulose Acetate From Oil Palm Empty Fruit Bunch And Its Properties As Polymer Electrolyte Membranes On Lithium Ion Battery, Jurnal Kimia Mulawarman, **15**(2), pp. 111, 2018.
- [12] Fauza, A. N., Mardiyati, M. M., dan Steven, S., Pembuatan Dan Karakterisasi Separator Baterai Berbahan Selulosa Alga *Cladophora*, Jurnal Teknologi Bahan dan Barang Teknik, **9**(2), pp. 69, 2019.
- [13] Cui, J., Liu, J., He, C., Li, J., dan Wu, X., Composite of polyvinylidene fluoride-cellulose acetate with Al(OH)3 as a separator for high-performance lithium ion battery, Journal of Membrane Science, **541**, pp. 661-667, 2017.
- [14] Bhute, M. V. dan Kondawar, S. B., Electrospun poly (vinylidene fluoride)/cellulose acetate/AgTiO 2 nanofibers polymer electrolyte membrane for lithium ion battery, Solid State Ionics, **333**, pp. 38-44, 2019.
- [15] Jiang, F., Yin, L., Yu, Q., Zhong, C., dan Zhang, J., Bacterial cellulose nanofibrous membrane as thermal stable separator for lithium-ion batteries, Journal of Power Sources, **279**, pp. 21-27, 2015.
- [16] Darmawan, M. T., Elma, M., dan Ihsan, M., Sintesis Dan Karakterisasi Selulosa Asetat Dari Alfa Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit, Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan), **4**(1), pp. 50-55, 2018.
- [17] Gaol, M. R. L. L., Sitorus, R., Yanthi, S., Surya, I., & Manurung, R., Pembuatan selulosa asetat dari α -selulosa tandan kosong kelapa sawit, Jurnal Teknik Kimia USU, **2**(3), pp. 33-39, 2013.
- [18] Hartini, A.S., Syahbanu, I. dan Nurlina, Uji Water Uptake dan Porositas Terhadap Blend Membran Berbasis Polisulfon dan Selulosa Asetat dari Nata De Coco, Jurnal Kimia Khatulistiwa, **7**(4), pp. 25-30, 2018.
- [19] Lismeri, L., Zari, P. M., Novarani, T., dan Darni, Y., Sintesis Selulosa Asetat dari Limbah Batang Ubi Kayu Cellulose Acetate Synthesis from



- Cassava Stem, *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, **11**(2), pp. 82–91, 2016.
- [20] Lv, D., Chai, J., Wang, P., Zhu, L., Liu, C. , Nie, S. , Li, B. , dan Cui, G. , Pure cellulose lithium-ion battery separator with tunable pore size and improved working stability by cellulose nanofibrils, *Carbohydrate Polymers*, **251**, pp. 116975, 2021.
- [21] Intandiana, S., Dawam, A. H., Denny, Y. R., Septiyanto, R. F. , dan Affifah, I. , Pengaruh Karakteristik Bioplastik Pati Singkong dan Selulosa Mikrokrystalin Terhadap Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas, *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*, **4**(2), pp. 185, 2019.
- [22] Kim, S. H. dan Kang, S. W. , Thermally stable and highly porous separator based on cellulose acetate by glycolic acid, *Polymer*, **242**, pp. 124592, 2022.
- [23] Deswita dan Gunawan, I., Analisis dan Karakterisasi Bahan Standar Anoda, Katoda dan Separator Sebagai Komponen Baterai Lithium Ion, *Prosiding Seminar Nasional XXV “Kimia dalam Industri dan Lingkungan,”* 2016.
- [24] Zhang, J., Liu, Z. , Kong, Q., Zhang, C., Pang, S. , Yue, L. , Wang, X. , Yao, J. , dan Cui, G. , Renewable and superior thermal-resistant cellulose-based composite nonwoven as lithium-ion battery separator, *ACS Applied Materials and Interfaces*, **5**(1), pp. 128–134, 2013.
- [25] Syafri R, Emriadi, Zulhadjri, Efdi, M, Ginting, D,- Chairil, Saputra, E, Raslim R, Daik, R, Synthesis and Characterization of Polymer Electrolyte Membrane Based on Cellulose-Chitosan-Alginate as Li-Ion Battery Separator, *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, **13**(2), pp. 585-591, 2023.

