

# Sintesis dan Karakterisasi Komposit Selulosa Bakteri-Karbon Aktif Untuk Material *Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell* (PEMFC)

Ilham Saputra<sup>1</sup>, Ananda Putra<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Departemen Kimia, Universitas Negeri Padang  
e-mail: [ilhamsaputrapdg@gmail.com](mailto:ilhamsaputrapdg@gmail.com)

## Abstrak

Perkembangan teknologi energi alternatif dan sekaligus sebagai pengganti energi fosil seperti *Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell* (PEMFC). Tujuan penelitian ini adalah mensintesis dan mengkarakterisasi komposit selulosa bakteri-karbon aktif (SB-KA) berdasarkan sifat fisik dan mekanik, kinerja elektrokimia, dan analisis instrumentasi struktur. Metode penelitian ini menggunakan metode *ex-situ* dengan cara perendaman. Dari penelitian yang dilakukan, sintesis komposit SB-KA dengan metode *ex-situ* mudah pengelupasan. Berdasarkan hasil analisis tersebut, komposit SB-KA optimal adalah konsentrasi 3% dengan nilai kadar air sebesar 98,21%, derajat *swelling* sebesar 170,54%, kuat tarik sebesar 38,95 MPa, dan kapasitansi spesifik ( $C_{sp}$ ) sebesar 67,39 F/gr. Berdasarkan analisis FTIR menunjukkan tidak ditemukan gugus fungsi baru pada komposit SB-KA. Analisis XRF bahwa adanya senyawa  $SO_3$  terdapat komposit SB-KA yang berperan pengangkutan proton dalam kinerja PEMFC.

**Kata kunci:** *PEMFC, Komposit SB-KA, Selulosa Bakteri*

## Abstract

The development of alternative energy technology and at the same time as a substitute for fossil energy such as the *Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell* (PEMFC). The purpose of this research is to synthesize and characterize bacterial cellulose-activated carbon (SB-KA) composites based on physical and mechanical properties, electrochemical performance, and structural instrumentation analysis. This research method uses the *ex-situ* method by immersion. From the research conducted, the synthesis of SB-KA composite with the *ex-situ* method is easy to peel off. Based on the analysis, the optimal SB-KA composite is 3% concentration with a moisture content of 98.21%, swelling degree of 170.54%, tensile strength of 38.95 MPa, and specific capacitance ( $C_{sp}$ ) of 67.39 F/gr. Based on FTIR analysis, no new functional groups were found in the SB-KA composite. XRF analysis revealed the presence of  $SO_3$  compounds in the SB-KA composite, which plays a role in transporting protons in PEMFC performance.

**Keywords :** *PEMFC, SB-KA Composite, Cellulose Bacterial*

## PENDAHULUAN

Krisis energi faktor utama munculnya kelangkaan bahan bakar fosilnya dan dampaknya luar biasa, dapat mengganggu stabilitas ekonomi global. Energi fosil juga menyebabkan pencemaran lingkungan, pemanasan global (efek rumah kaca), dan mengganggu kesehatan manusia. Energi terbarukan merupakan salah satu kunci energi alternatif sebagai pengganti energi fosil karena yang ramah lingkungan, murah, dan aman [1].

Salah satu aplikasi energi terbarukan yang dapat dikembangkan saat ini adalah *Polymer electrolyte membrane fuel cell* (PEMFC) adalah salah satu jenis *fuel cell* sebagai sumber energi masa depan yang dapat mengatasi krisis energi fosil. PEMFC ini terdiri dari katoda dan anoda yang terpisahkan oleh membran elektrolit merupakan komponen terpenting dalam kinerja PEMFC dan berperan sebagai media transport proton dari anoda menuju katoda. Sehingga pada bagian katoda terjadi reaksi yang dapat menghasilkan listrik [2].

Selulosa bakteri (SB) adalah salah satu polisakarida yang berasal dari selulosa dan difermentasi dari bakteri *Acetobacter xylinum*. Selulosa bakteri memiliki banyak sifat unik seperti kristalinitas tinggi, kekuatan mekanik kuat, luas permukaan yang besar, berukuran nano, kapasitas menahan air yang besar, dan bersifat biokompatibilitas. Dengan sifat keunikan ini, selulosa bakteri dapat diaplikasikan berbagai inovatif seperti *fuel cell*, adsorben minyak, katalis dalam industri [3], biomaterial berbasis nano [4], dan industri kosmetik [5].

Karbon aktif adalah material yang dominan berasal dari unsur karbon dengan jumlahnya yang melimpah di alam. Karbon aktif memiliki luas permukaan spesifik mencapai 3000 m<sup>2</sup>/g dan termasuk struktur amorf dengan tingkat porositas yang tinggi [6], [7]. Struktur karbon aktif memiliki sifat-sifat seperti adsorben, stabilitas termal yang baik, konduktivitas listrik tinggi, serta reaktivitas permukaan yang baik [8].

Dengan menggabungkan material selulosa bakteri sebagai matriks dan karbon aktif sebagai *filler* dengan metode *ex-situ* yaitu dengan menambahkan karbon aktif setelah terbentuknya selulosa bakteri dengan cara perendaman. Komposit SB-KA disintesis dengan variasi penambahan karbon aktif 0%, 3%, 7%, 11%, dan 15%. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis dan mengkarakterisasi komposit selulosa bakteri-karbon aktif (SB-KA) berdasarkan sifat fisik dan mekanik, kinerja elektrokimia, dan analisis instrumentasi struktur. Karakterisasi untuk komposit SB-KA melalui sifat fisik dan mekanik seperti uji kadar air dan derajat *swelling*, dan uji kuat tarik, kinerja elektrokimia dengan voltametrik siklik, dan analisis instrumentasi struktur komposit dengan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) dan *X-Ray Fluorescence* (XRF).

## METODE

### *Alat dan Bahan*

Pada penelitian ini, alat yang digunakan yaitu peralatan gelas laboratorium (gelas beker, gelas ukur, erlenmeyer, dan labu ukur), magnetik stirer, batang pengaduk, wadah plastik ukuran 24x17x4 cm, panji pemasak, kompor, kain lap, koran, mortar dan

alu, saringan karet gelang, neraca analitik, furnace, oven, cawan penguap dan kurs porselen, kertas saring, dan indikator universal pH. Instrumentasi yang digunakan yaitu tensometer (alat uji kuat tarik) Voltametrik siklik FTIR, dan XRF.

Bahan yang digunakan adalah sabut dan air kelapa, aquades, inokulum *Acetobacter xylinum*, gula pasir, urea, NaOH teknis, alkohol 70%, dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 4N.

#### *Prosedur Kerja*

##### *1. Preparasi Karbon Aktif Sabut Kelapa*

Pada tahap karbonisasi, 500 gr sabut kelapa dilakukan proses karbonisasi di dalam furnace pada suhu 350°C selama 60 menit dalam cawan penguap yang dibungkus aluminium foil dan didinginkan dalam desikator. Karbon hasil karbonisasi dihaluskan dan disaring menggunakan saringan 100 mesh. Sebanyak 20 gr karbon untuk proses aktivasi dengan cara merendam ke dalam 500 mL larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 4N. Kemudian diaduk selama 30 menit dengan *magnetic stirrer* dan didiamkan selama 48 jam. Selanjutnya, disaring dan dicuci dengan aquades sampai pH mendekati netral. Setelah itu, karbon yang sudah teraktivasi dioven pada suhu 110°C selama 60 menit dan didinginkan. Melakukan pengujian karbon aktif yaitu pengujian kadar air, kadar abu, kadar uap, dan karbon terikat.

##### *2. Preparasi Selulosa Bakteri (SB)*

Air kelapa tua yang telah disaring sebanyak 3000 mL, kemudian dimasukkan ke dalam wadah panci stainless steel yang berukuran 5 L. Dimasukkan 300 gr C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub> dan 30 gr CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> dan diaduk sampai larut. Campuran tersebut kemudian dipanaskan hingga mendidih. Setelah itu, diasamkan dengan penambahan 25% CH<sub>3</sub>COOH hingga mencapai pH 4-4,5 ( $\pm 60$  mL). Dalam keadaan panas, 600 mL campuran dimasukkan ke dalam wadah fermentasi berukuran 24x17x4 cm dan ditutup menggunakan kertas koran yang telah disterilkan. Kemudian campuran didinginkan pada suhu ruang ( $\pm 28^\circ\text{C}$ ). Setiap wadah campuran, ditambahkan 10 % ( $v/v$ ) ( $\pm 60$  ml) starter *Acetobacter xylinum* secara aseptik. Difermentasikan sampai terbentuk selulosa bakteri dengan ketebalan  $\pm 0,5$  cm dengan waktu selama  $\pm 14$  hari.

##### *3. Pemurnian SB*

SB dan komposit SB-KA yang terbentuk dimurnikan dengan perendaman menggunakan larutan NaOH 2% ( $v/w$ ) selama  $\pm 24$  jam. Setelah perendaman, selulosa bakteri dibersihkan menggunakan air mengalir dan disimpan sampai SB digunakan.

##### *4. Sintesis Komposit Selulosa Bakteri-Karbon Aktif (SB-KA)*

Sampel SB yang telah dimurnikan kemudian dipotong sesuai ukuran dan dipress SB hingga mencapai  $\pm 0,5$  cm. Kemudian direndam di dalam karbon aktif dengan konsentrasi tertentu. Terdapat 4 variasi konsentrasi karbon aktif digunakan sebagai *filler* komposit yaitu 3%, 7%, 11%, dan 15% dengan air kelapa sebagai medium pelarut perendaman. Sebelum tahap perendaman, komposit dishaker pada rotasi 120 rpm selama tiga jam. Perendaman ini dilakukan selama 3 hari, agar terbentuk komposit. *Karakterisasi Komposit SB-KA Berdasarkan Sifat Fisik dan Mekanik*

##### *a. Kadar Air*

Pengujian kadar air pada SB dan komposit SB-KA dipotong dengan ukuran 4cm x 2cm dan ditimbang dengan neraca analitik untuk menimbang berat awalnya ( $W_b$ ). Kemudian, sampel dimasukkan ke dalam oven sampai kering dengan suhu 105 °C. Sampelnya ditimbang kembali berat akhir ( $W_k$ ), perlakuan ini dilakukan sampai mendapatkan berat konstan. Penentuan kadar air komposit ini dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$W_c(\%) = \frac{W_b - W_k}{W_b} \times 100$$

dimana,  $W_c$  = Kadar air (%),  $W_b$  = berat basah, dan  $W_k$  = berat kering.

#### b. Derajat Swelling

SB dan komposit SB-KA yang telah dipotong dengan ukuran 4cm x 2cm dan komposit tersebut ditimbang berat awalnya ( $W_k$ ). Kemudian SB dan komposit SB-KA direndam dalam aquades dan dibiarkan selama 24 jam. Kemudian sampelnya diangkat, lalu dilap dengan tisu dan ditimbang beratnya. Penimbangan ini dilakukan selama 24 jam sekali sampai didapatkan berat konstan ( $W_b$ ). Derajat *swelling* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\% DP = \frac{W_b - W_k}{W_b} \times 100$$

dimana  $DP$  = derajat *swelling* (%),  $W_b$  = berat konstan, dan  $W_k$  = berat awal

#### c. Uji kuat tarik

Sampel komposit SB-KA yang akan menentukan uji kuat tarik dengan ukuran 15x2x1 cm. Sampel tersebut diletakkan di antara *sample clamp* pada *Tensile Strenght* (*Tensometer*). Dari hasil *tensile strenght* dapat diperoleh nilai kuat tarik dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Stress } (\sigma) = \frac{F_{maks}}{A_o}; \text{ Strain} = \frac{\Delta l}{l_o}; \text{ dan } E = \frac{\text{Stress}}{\text{Strain}}$$

dimana  $\Delta l$  = elongasi (mm),  $l_o$  = lebar sampel (mm),  $E$  = elastisitas (MPa),  $\text{Stress}$  = *tensile strenght* (MPa), dan  $\text{Strain}$  = regangan.

#### 5. Karakterisasi Komposit SB-KA Berdasarkan Kinerja Elektrokimia

Pengujian voltametrik siklik pada komposit SB-KA menggunakan alat *physics CV UR Rad-Er 5841* di laboratorium Fisika Material dan Nanoteknologi Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau. Pengujian ini masing-masing sampel komposit antara konsentrasi 3%, 7%, 11%, dan 15%.

#### 6. Karakterisasi Komposit SB-KA Berdasarkan Analisis Instrumentasi Struktur

Komposit SB-KA dikarakterisasi ada 3 digunakan yaitu *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) untuk analisa gugus fungsi, dan *X-Ray Fluorencense* (XRF) untuk mengetahui komposisi kimia terdapat komposit SB-KA.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Preparasi Karbon Aktif Serabut Kelapa

**Tabel 1. Hasil pengujian karbon aktif serabut kelapa**

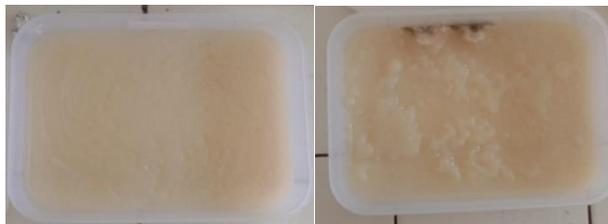
Jenis Uji Karbon Aktif	Kadar %	
	SNI 06-3730-1995	Hasil Pengujian

Kadar air	< 15%	11,1%
Kadar abu	< 10%	1,43%
Kadar uap	< 25%	14,56%
Kadar karbon terikat	> 65%	80,01%

Pada tabel 1 di atas menunjukkan persyaratan mutu karbon aktif pada penelitian ini memenuhi standar SNI No. 06-3720-1995 [9]. Terdapat empat pengujian karbon aktif yang dilakukan yaitu pengujian kadar air, kadar abu, kadar uap, dan kadar karbon terikat. Pengujian kadar air untuk mengetahui kandungan kadar air yang masih tersisa pada karbon aktif setelah aktivasi. Nilai kadar air yang didapatkan berkisaran yaitu 11,1% sesuai dengan batasnya maksimal 15%. Pengujian kadar abu bertujuan untuk menentukan kandungan oksida logam yang masih terdapat pada karbon aktif. Hasil kadar abu pada karbon aktif yaitu 1,43% sesuai dengan batas yang ditetapkan maksimal 10%. Pengujian kadar uap untuk menentukan jumlah senyawa yang belum menguap selama proses aktivasi. Hasil nilai kadar uap pada karbon aktif yaitu 14,56% sesuai dengan batas ditetapkan yaitu maksimal 25%. Pengujian kadar karbon terikat untuk mengetahui jumlah karbon yang tersisa. Hasil kadar karbon terikat yaitu 80,01% yang batas minimal 65%.

## 2. Preparasi Selulosa Bakteri (SB)

Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan SB yaitu pH, Oksigen, suhu, dan sumber nutrisi yang digunakan. Dalam pembentukan SB, diperlukan penambahan urea dan gula sebagai sumber nutrisi. Urea untuk sumber nitrogen dan gula berfungsi sebagai sumber karbon. Sehingga kedua senyawa ini dapat mempercepat pertumbuhan mikroorganisme dengan kemampuan untuk mempolimerisasi glukosa menjadi selulosa dan menghasilkan SB dengan ikatan selulosa yang kuat.



Gambar 1. Hasil terbentuk selulosa bakteri (SB) dengan baik (kiri) dan berjamur (kanan)

SB diproduksi oleh mikroorganisme yaitu bakteri starter *A. xylinum* yang memiliki kemampuan untuk mempolimerisasi glukosa menjadi selulosa dan kemudian terbentuk matriks SB. Penambahan starter *A. xylinum* dilakukan dengan cara aseptik untuk memastikan agar mediumnya dalam keadaan steril. Pertumbuhan bakteri ditandai dengan terbentuknya lapisan putih dipermukaan medium yang terbentuk SB. Dalam proses sintesis SB sempat mengalami kegagalan yang ditandai adanya pertumbuhan jamur pada gambar 2 (bagian kanan) dikarenakan tidak sterilnya wadah yang digunakan. Hal ini diprediksi terjadi karena pada saat proses fermentasi mengalami guncangan dan kurang aktifnya bakteri *A. xylinum* (telah dikembangkan lebih dari lima kali).

### 3. Pemurnian SB

Pemurnian SB dilakukan dengan perendaman menggunakan larutan NaOH 2% selama 24 jam. Tujuan dari proses perendaman NaOH 2% adalah untuk menghilangkan komponen-komponen non-selulosa dan zat pengotor yang kecil masih menempel di dalam SB.

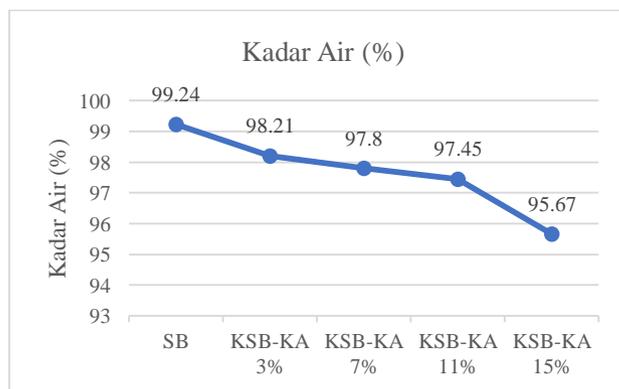
### 4. Sintesis Komposit Selulosa Bakteri-Karbon Aktif (SB-KA)

Sintesis komposit SB-KA terdiri dua material yaitu selulosa bakteri dan karbon aktif. Selulosa bakteri bertindak sebagai matriks untuk mengikat *filler* menjadi struktur komposit. Karbon aktif sebagai *filler* untuk mempertahankan kekuatan komposit. Pada komposit SB-KA dengan metode perendaman menggunakan karbon aktif selama 3 hari memiliki warna kehitaman, teksturnya kasar, mengkerut, dan sedikit kaku. Penambahan karbon aktif dengan SB menyebabkan sifat komposit SB-KA berbeda, salah satunya yaitu mudah mengalami pengelupasan. Hal ini terjadi karena penambahan karbon aktif dengan konsentrasi tinggi, sehingga menyebabkan matriks pada SB melewati titik jenuhnya. Semakin tinggi konsentrasi karbon aktif tanpa diimbangi penambahan komposisi SB, maka dapat menyebabkan bentuk komposit SB-KA tidak merata.

### 5. Karakterisasi Komposit SB-KA Berdasarkan Sifat Fisik dan Mekanik

#### a. Kadar Air

Pengujian kadar air bertujuan untuk menentukan berapa banyak kandungan air yang ada dalam komposit baik itu SB maupun komposit SB-KA.

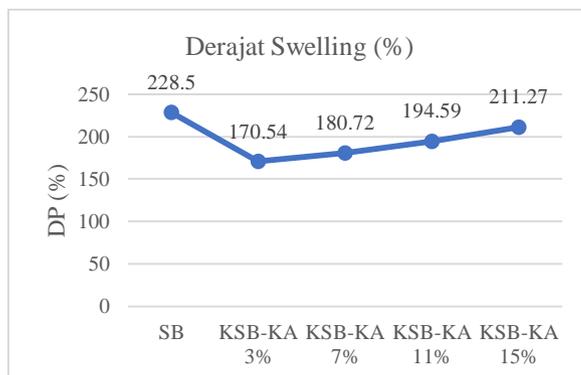


Gambar 2. Grafik uji kadar air dari SB dan komposit

Pada gambar 2 dilihat pada persentase kadar air tertinggi pada SB sebesar 99,24%. Kadar air dari komposit SB-KA dengan konsentrasi 3%, 7%, 11%, dan 15% mengalami penurunan. Pada nilai kadar air komposit SB-KA tertinggi yaitu pada konsentrasi 3% sebesar 98,21%. Kadar air terendah terdapat pada Komposit SB-KA 15% sebesar 95,67%. Hal ini terjadi karena kadar air yang terdapat di dalam SB digantikan oleh karbon aktif, sehingga konsentrasi karbon aktif lebih tinggi daripada konsentrasi air yang terkandung di dalam SB.

#### b. Derajat Swelling

Derajat *swelling* merupakan persentase pengembangan suatu material oleh adanya menyerap air untuk mengetahui sifat mengembang.

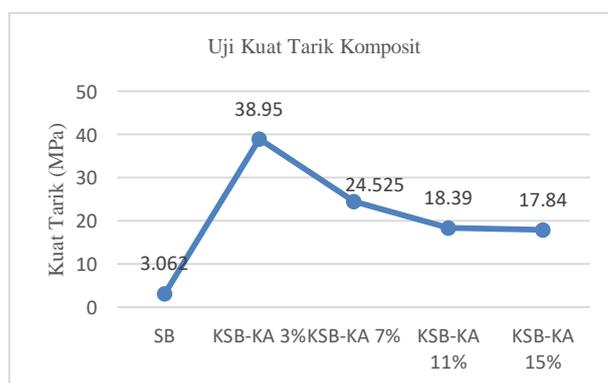


Gambar 3. Grafik derajat swelling dari komposit SB dan KSB-KA

Pada gambar 3 dapat dilihat hasil persentase uji derajat swelling pada sampel SB dan komposit SB-KA. Nilai derajat swelling tertinggi yaitu SB sebesar 228,5%. Sedangkan pada nilai derajat swelling terendah yaitu komposit SB-KA 3% sebesar 170,54%. Pada grafik diatas menunjukkan bahwa komposit SB-KA dengan konsentrasi 3%, 7%, 11%, dan 15% mengalami meningkat. Hal ini menyebabkan komposit SB-KA memiliki tingkat porositas yang tinggi. Adanya karbon aktif bersifat absorpsi pada matriks SB, menyebabkan komposit SB-KA memiliki daya serap molekul air yang tinggi.

#### c. Kuat Tarik

Kuat tarik komposit adalah gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh komposit untuk menahan beban tarik sebelum komposit tersebut terputus. Kuat tarik komposit memiliki dampak yang signifikan terhadap kualitasnya. Kualitas suatu komposit meningkat seiring dengan meningkatnya kuat tariknya.



Gambar 4. Grafik uji kuat tarik SB dan komposit SB-KA

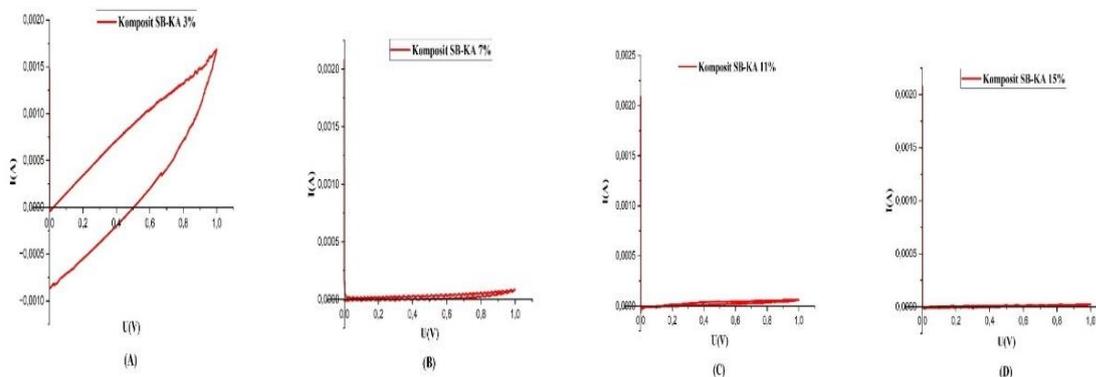
Pada grafik diatas hubungan antara SB dan komposit SB-KA terhadap kuat tarik pada gambar 4. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Nakayama (2004) menjelaskan bahwa SB murni memiliki kekuatan tarik sebesar 2,9 MPa, sedangkan pada hasil penelitian ini SB tanpa penambahan karbon aktif sebagai *filler* memiliki kekuatan tarik sebesar 3,062 MPa. Sehingga dapat dikatakan bahwa SB yang dihasilkan pada penelitian

ini sesuai dengan standar SB menurut Nakayama (2004) [10]. Pada grafik diatas, nilai kekuatan tarik terdapat pada komposit SB-KA dengan konsentrasi 3%, 7%, 11%, dan 15% mengalami rendah. Jika dilihat keseluruhan nilai kuat tarik tertinggi pada komposit SB-KA 3% yakni sebesar 38,95 MPa dan kuat tarik terendah pada komposit SB-KA 15% yakni sebesar 17,84 MPa. Sehingga penambahan karbon aktif dengan konsentrasi tinggi menyebabkan luas permukaan dan porositas komposit SB-KA semakin tinggi, maka nilai kekuatan tarik mengalami rendah.

## 6. Karakterisasi Komposit SB-KA Berdasarkan Kinerja Elektrokimia

### a. Voltametrik Siklik

Voltametrik siklik merupakan pengukuran untuk menentukan karakteristik elektrokimia pada komposit SB-KA. Voltametrik siklik mempengaruhi nilai kapasitansi spesifik ( $C_{sp}$ ) komposit SB-KA berupa kurva voltamo voltamogram menghasilkan hubungan antara kuat arus (A) dan tegangan (V).



Gambar 5. Kurva voltamogram pada komposit SB-KA 3%(A), 7%( B), 11%(C), dan 15%(D)

Pada gambar 5 merupakan kurva voltamogram pada komposit SB-KA pada konsentrasi 3%, 7%, 11%, dan 15%. Pada komposit SB-KA 3% dapat dilihat gambar 15 bagian (A) pada daerah kurva voltamogram bentuk persegiempat yang terdistorsi. Pada kurva voltamogram komposit SB-KA konsentrasi 7%, 11%, dan 15% (bagian (B), (C), dan (D)) bentuknya seperti hampir sama persegiempat terdistorsi pada komposit SB-KA 3%, tetapi ukuran sangat kecil. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa arus *charge* ( $I_c$ ) dan arus *discharge* ( $I_d$ ) yang menggambarkan pada nilai kapasitansi spesifik adalah dua arus yang menentukan luas kurva voltammogram komposit. Arus *charge* merupakan arus yang mengalir selama proses pengisian muatan, seperti yang digambarkan oleh kurva bagian atas. Sebaliknya, kurva bagian bawah menampilkan arus *discharge* yaitu arus yang tercipta selama operasi pengosongan muatan. Jika dilihat luas kurva voltamogram komposit SB-KA konsentrasi 3%, 7%, 11%, dan 15%, semakin kecil luas kurva voltamogram yang terbentuk. Maka nilai kapasitansi spesifik komposit yang dihasilkan juga semakin kecil.

Tabel 2. Hasil nilai kapasitansi spesifik ( $C_{sp}$ ) pada komposit SB-KA

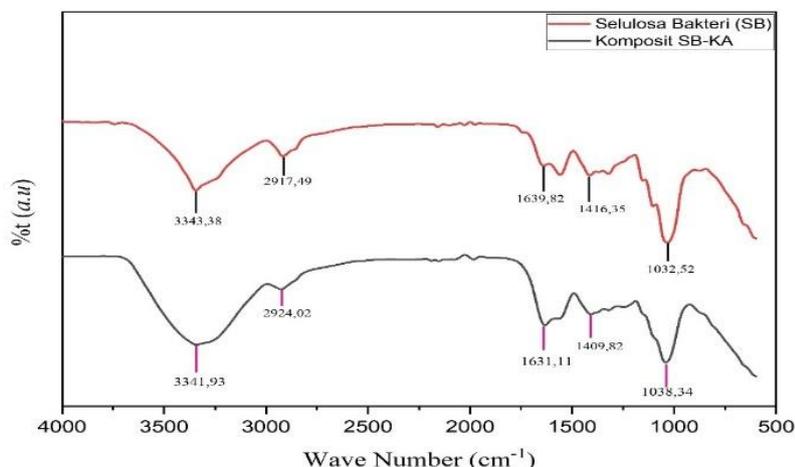
Sampel	$C_{sp}$ (F/g)
Komposit SB-KA 3%	67,39
Komposit SB-KA 7%	1,97
Komposit SB-KA 11%	1,6
Komposit SB-KA 15%	0,619

Pada tabel 2 mengilustrasikan bahwa nilai kapasitansi spesifik pada komposit SB-KA konsentrasi 3%, 7%, 11%, dan 15% mengalami rendah signifikan. Maka nilai kapasitansi spesifik tertinggi yaitu komposit SB-KA 3% sebesar 67,39 F/gr menunjukkan kinerja elektrokimia yang baik karena memiliki menyimpan muatan elektron yang tinggi.

### 7. Karakterisasi Komposit SB-KA Berdasarkan Analisis Instrumentasi Struktur

#### a. Analisis FTIR

Spektrofotometer FTIR sebagai alat instrumentasi untuk analisis gugus fungsi dari SB dan komposit SB-KA. Spektra FTIR untuk karakterisasi struktur selulosa diperoleh pada daerah  $4000-600\text{ cm}^{-1}$ . Sampel yang digunakan adalah SB dan komposit SB-KA (3%).



Gambar 6. Spektrum FTIR SB dan komposit SB-KA 3%

Gambar 6 menunjukkan bahwa SB memiliki empat pita serapan pada spektrum FTIR, dan komposit SB-KA yang dihasilkan menunjukkan pola serapan ikatan O-H, C-H, C=C, dan C-O. Jenis ikatan tersebut berdasarkan Dachriyanus (2004), yang menyatakan bahwa ikatan O-H memiliki bilangan gelombang 3750 hingga  $3000\text{ cm}^{-1}$ . Ikatan C-H terjadi pada bilangan gelombang antara  $3000\text{ hingga }2700\text{ cm}^{-1}$ . Ikatan C=C terjadi pada bilangan gelombang mulai dari  $1675\text{ hingga }1500\text{ cm}^{-1}$ . Ikatan C-O terjadi pada bilangan gelombang mulai dari  $1500\text{ hingga }1000\text{ cm}^{-1}$  [11].

**Tabel 3. Bilangan gelombang pada spektra SB dan komposit SB-KA 3%**

Sampel	Puncak ( $\text{cm}^{-1}$ )			
	O-H	C-H	C=C	C-O
SB	3343,38	2917,49	1639,82	1416,35
Komposit SB-KA 3%	3341,93	2924,02	1631,11	1409,82

SB	3343,38	2917,49	1639,82	1032,52
Komposit SB-KA 3%	3341,93	2924,02	1631,11	1038,34

Berdasarkan hasil analisis pada tabel 3 menunjukkan bahwa penambahan karbon aktif pada matriks SB, tidak menghasilkan gugus fungsi baru. Namun, hanya gugus fungsi yang mengalami pergeseran. Perubahan ini disebabkan oleh adanya penambahan karbon aktif sebagai *filler* dalam pembentukan komposit SB-KA.

#### b. Analisis XRF

Analisa menggunakan instrumentasi XRF bertujuan untuk mengidentifikasi komposisi kimia yang terdapat pada komposit SB-KA. Tabel berikut ini merupakan hasil analisis instrumentasi XRF yaitu :

**Table 4. Hasil Karakterisasi XRF pada komposit SB-KA**

Senyawa	Komposit Selulosa Bakteri- Karbon Aktif Opitimum (%)
K <sub>2</sub> O	63,006
CaO	16,784
Cl	12,673
SO <sub>3</sub>	4,905
Ag <sub>2</sub> O	1,554
MnO	0,176
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,138

Pada tabel 4 merupakan hasil analisa XRF komposit SB-KA untuk mengetahui komposisi senyawa oksidasi yang dominan seperti K<sub>2</sub>O dan CaO. Sedangkan senyawa-senyawa lainnya memiliki komposisi relatif sangat sedikit. Salah satu komposisi senyawa terdapat komposit SB-KA yaitu senyawa SO<sub>3</sub>. Hal ini disebabkan komposit ini terdapat H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebagai aktivator pada proses aktivasi karbon aktif dan senyawa SO<sub>3</sub> terdapat komposit SB-KA yang berperan transport proton dalam kinerja PEMFC [12].

#### SIMPULAN

Sintesis komposit SB-KA dengan metode *ex-situ* mudah pengelupasan. Berdasarkan hasil analisis tersebut, komposit SB-KA optimal adalah konsentrasi 3% dengan nilai kadar air sebesar 98,21%, derajat *swelling* sebesar 170,54%, kuat tarik sebesar 38,95 MPa, dan kapasitansi spesifik (*C<sub>sp</sub>*) sebesar 67,39 F/gr. Berdasarkan analisis FTIR menunjukkan tidak ditemukan gugus fungsi baru pada komposit SB-KA. Analisis XRF bahwa adanya senyawa SO<sub>3</sub> terdapat komposit SB-KA yang berperan pengangkutan proton dalam kinerja PEMFC.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Wafiroh, S. Suyanto, Y. Yuliana, and U. Airlangga, "Pembuatan Dan Karakterisasi Membran Komposit Kitosan-Sodium Alginat Terfosforilasi Sebagai Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)," 2016.
- [2] C. L. Radiman and A. Sarinastiti, "*Cellulosic Materials As Polymer Electrolyte Membrane In Fuel Cell Application Turunan Selulosa Sebagai Membran Polimer Elektrolit Untuk Aplikasi Sel Bahan Bakar.*" In Jurnal Selulosa, (Vol, 2. Issue 2), 2012.
- [3] W. Shao, J. Wu, H. Liu, S. Ye, L. Jiang, and X. Liu, "Novel bioactive surface functionalization of bacterial cellulose membrane," *Carbohydr Polym*, vol. 178, pp. 270–276, Dec. 2017.
- [4] V. Revin, E. Liyaskina, M. Nazarkina, A. Bogatyreva, and M. Shchankin, "Cost-effective production of bacterial cellulose using acidic food industry by-products," *Brazilian Journal of Microbiology*, vol. 49, pp. 151–159, Nov. 2018.
- [5] P. Chawla, B. E. Limited, I. Bajaj, and R. S. Singhal, "Microbial Cellulose: Fermentative Production and Applications Continuous production of biofuels using membrane assisted cell recycle using lignocellulosic sugars View project Stability of vitamins during extrusion processing View project." [2017].
- [6] R. Alfi, F. Lubis, H. I. Nasution, and M. Zubir, "Production of Activated Carbon from Natural Sources for Water Purification," 2020.
- [7] Y. X. Gan, "Activated Carbon from Biomass Sustainable Sources," *C (Basel)*, vol. 7, no. 2, p. 39, Apr. 2021.
- [8] M. A. Yahya et al., "A brief review on activated carbon derived from agriculture by-product," in *AIP Conference Proceedings*, American Institute of Physics Inc., Jun. 2018. doi: 10.1063/1.5041244.
- [9] D. Kimia, F. Matematika, D. Ilmu, P. Alam, N. A. Putra, and A. Putra, "Pengujian Aproksimat Karbon Limbah Sabut Kelapa (Cocos nucifera)," *Chemistry Journal of Universitas*, vol. 12, no. 1, 2023,
- [10] A. Nakayama et al., "High mechanical strength double-network hydrogel with bacterial cellulose," *Adv Funct Mater*, vol. 14, no. 11, pp. 1124–1128, Nov. 2004,
- [11] Dachriyanus, "Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi Dachriyanus," Padang, May 2004.
- [12] S. J. Peighambardoust, S. Rowshanzamir, and M. Amjadi, "Review of the proton exchange membranes for fuel cell applications," in *International Journal of Hydrogen Energy*, Sep. 2010, pp. 9349–9384.