

## KARAKTERISASI KARBON AKTIF DARI KULIT PISANG KEPOK SEBAGAI SUPERKAPASITOR

Mutia Reza <sup>1)\*</sup>, Lusi Ernawati <sup>2)</sup>, Memik Dian Pusfitasari <sup>3)</sup>, Novi Sylvia <sup>4)</sup>, Aulia Helida Noor <sup>5)</sup>, Leonardo Gregorius Ali <sup>6)</sup>

<sup>(1,2,3,5,6)</sup>Program Studi Teknik Kimia Institut Teknologi Kalimantan, Kalimantan Timur Jalan Soekarno Hatta KM 15, Karang Joang, Kec. Balikpapan Utara, Kalimantan Timur 76127, Indonesia, (0542) 8530801

<sup>(4)</sup>Program Studi Teknik Kimia Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, Indonesia.

\*Penulis korespondensi: mutia.reza@lecturer.itk.ac.id

### Abstrak

Superkapasitor merupakan teknologi penyimpanan energi yang menjanjikan dan bisa berasal dari biomassa. Biomassa yang berperan sebagai kapasitor dipreparasi menjadi karbon aktif (KA). Salah satu biomassa yang dapat dijadikan superkapasitor dari hasil karbonisasi yaitu kulit pisang. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh karbon aktif yang dapat diaplikasikan sebagai superkapasitor yang telah dimodifikasi menggunakan aktivator pada masing-masing variasi suhu karbonisasi yaitu 250, 270, 290 dan 310°C selama 30 menit. Dilanjutkan dengan pengaktifan karbon aktif (KA) menggunakan aktivator NaOH, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dan ZnCl<sub>2</sub>. KA yang telah diaktivator melalui pengujian SEM sebagai tahap awal menentukan karbon aktif yang memiliki potensi sebagai superkapasitor untuk selanjutnya dilakukan pengujian XRD, FTIR dan LCR meter. Nilai kapasitansi tertinggi diperoleh sebesar 47,4 µF pada KA yang diaktivator menggunakan NaOH dengan suhu karbonisasi 270°C. Adapun nilai kapasitansi terendah diperoleh sebesar 6,52 µF pada KA yang diaktivator menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan suhu karbonisasi 310°C. Berdasarkan hasil yang diperoleh ini, maka aktivator yang memberikan hasil terbaik bersifat basa yaitu NaOH dan suhu karbonisasi yang efektif digunakan yaitu 270°C dengan kombinasi beberapa variasi yang telah dilakukan.

**Kata kunci:** karbon aktif; karbonisasi; kulit pisang; superkapasitor

## CHARAKTERIZATION OF ACTIVATED CARBON FROM BANANA PEEL KEPOK AS A SUPERCAPASITOR

### Abstract

Supercapacitor are a promising energy storage technology that can be derived from biomass. Biomass which acts as a capacitor is prepared into activated carbon (AC). One of the biomass that can be used as a supercapacitor from carbonization is banana peel. This study aims to obtain activated carbon that can be applied as a supercapacitor that has been modified using an activator at each variation of the carbonization temperature of 250, 270, 290 and 310°C for 30 minutes. Followed by the activation of activated carbon (AC) using the activator NaOH, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dan ZnCl<sub>2</sub>. AC that has been activated through SEM analysis as an initial stage to determine activated carbon which has the potential as a supercapacitor for further testing of XRD, FTIR and LCR meter. The highest capacitance value was obtained at 47.4 µF on the AC activator using NaOH with a carbonization temperature of 270°C. The lowest capacitance value was obtained at 6.52 µF on the AC activator using H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> with a carbonization temperature of 310°C. Based on these results, the activator that gives the best results is alkaline, namely NaOH and the effective carbonization temperature used is 270°C with a combination of several variations that have been carried out.

**Keywords:** activated carbon; carbonization; banana peel; supercapacitor

### PENDAHULUAN

Karbon aktif mengandung 85-90% unsur karbon yang kemudian dihasilkan dari proses pembakaran pada suhu tinggi. Ciri khas karbon aktif berwarna hitam dan tidak berbau. Dewasa ini

penggunaannya sangat variatif, sebagai penyerapan warna pada cairan, maupun menyerap udara yang mengandung kontaminasi. Luas permukaan karbon aktif berkisar 300–2000 m<sup>2</sup>/gram. Selain memiliki daya serap yang tinggi sebagai adsorben, karbon aktif juga berpotensi sebagai kapasitor elektrokimia.

Kapasitor elektrokimia merupakan teknologi penyimpanan energi listrik yang menjanjikan di masa depan. Penyimpanan energi dengan densitas tinggi dan siklus yang panjang merupakan salah satu jenis dari kapasitor elektrokimia (Salmawati, 2016). Superkapasitor memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan penyimpanan energi lain seperti baterai. Selain konstruksi dan prinsip yang sederhana, superkapasitor juga memiliki kerapatan energi yang tinggi, serta kemampuan menyimpan energi yang besar. Daya dan kerapatan energi yang dihasilkan oleh superkapasitor dipengaruhi oleh metoda aktivasi, jenis aktivator, jenis elektrolit, proses karbonisasi atau pirolisis yang digunakan (Kurniawati, 2020). Kapasitas penyimpanan energi dipengaruhi oleh luas elektroda, yang mana semakin luas elektroda, maka kapasitas penyimpanan energi semakin besar (Satriady, 2016). Kapasitor elektrokimia memiliki siklus yang panjang pada penyimpanan energi tanpa mengalami degradasi. Hal ini dikarenakan pada kapasitor elektrokimia tidak terjadi reaksi pertukaran ion yang pada umumnya terjadi di baterai konvensional. Perbedaan antara kapasitor dengan baterai terletak pada densitas daya dan densitas energi. Kapasitor memiliki densitas energi yang rendah dan densitas daya yang tinggi, sedangkan baterai kebalikannya.

Berdasarkan penjelasan sebelumnya maka, kapasitor elektrokimia disarankan untuk diaplikasikan sebagai penyimpanan energi. Ditinjau dari ukuran dan permukaan pori yang luas, karbon aktif memiliki potensi yang tinggi sebagai bahan elektroda superkapasitor (kapasitor elektrokimia). Karbon aktif yang sering beredar di pasaran berasal dari batubara, tulang dan tempurung kelapa. Peran karbon aktif juga dapat berasal dari biomassa selain tempurung kelapa, asalkan mengandung salah satu unsur yaitu karbon. Biomassa tersebut dapat berasal dari tanaman, pepohonan, rumput, ubi dan limbah pertanian. Biomassa yang akan dikaji pada penelitian ini yaitu kulit pisang yang berasal dari daerah Balikpapan. Dimana dapat menjadikan suatu kearifan lokal jika mampu menambah nilai guna dari limbah yang ada di Balikpapan itu sendiri. Kulit pisang biasanya diolah ke dalam bidang pangan atau menjadi senyawa kimia seperti pektin dan bioetanol. Menjadi suatu keunggulan jika kulit pisang mampu berperan dalam bidang penghematan energi. Hal ini dikarenakan kulit pisang mengandung 43,7% unsur karbon yang mendukung untuk menghasilkan karbon aktif sebagai bahan elektroda superkapasitor. Kulit pisang yang digunakan merupakan kulit pisang kepok. Kulit pisang kepok mengandung selulosa, hemiselulosa, pigmen klorofil dan zat pektin. Komponen tersebut mendukung kulit pisang kepok berpotensi untuk dijadikan karbon aktif dengan derajat kristalinitas yang tinggi, sehingga karbon aktif yang diperoleh dapat diaplikasikan menjadi superkapasitor. Nilai hasil karbonisasi yang dimiliki kulit pisang sekitar

96,56% (Chairul, 2015). Proses karbonisasi bertujuan memperluas ukuran pori. Hasil dari proses karbonisasi disebut dengan arang aktif atau karbon aktif.

Luas permukaan pori karbon aktif dapat dimodifikasi dengan cara aktivasi fisika dan kimia. Jika permukaan pori menjadi luas, maka elektroda dengan luas permukaan yang besar akan dihasilkan pula (Prandika, 2013). Oleh karenanya, dilakukan upaya untuk meningkatkan luas permukaan pori-pori. Beberapa faktor yang mempengaruhi ukuran luas permukaan pori, diantaranya suhu dan waktu pada saat proses karbonisasi serta jenis aktivator yang digunakan. Berdasarkan penelitian sebelumnya, aktivator yang digunakan pada karbon aktif dari kulit pisang beragam jenis. Salmawati (2016) sudah melakukan modifikasi karbon aktif dari kulit pisang kepok dengan penambahan agen kimia  $\text{HNO}_3$  65%,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  95%,  $\text{H}_2\text{O}_2$  30% dengan perbandingan massa 5:1. Analisa dilakukan terkait kapasitansi yang diperoleh dari setiap modifikasi karbon aktif menggunakan aktivator  $\text{H}_3\text{PO}_4$  7% dengan waktu karbonisasi selama 30 menit pada suhu  $277^\circ\text{C}$ . Pengujian nilai kapasitansi karbon aktif dilakukan dengan metode cyclic voltammetry (CV), di mana hasil modifikasi  $\text{HNO}_3$  memiliki kemampuan yang lebih baik menjadi kapasitor elektrokimia. Penggunaan aktivator yang berbeda serta jenis kulit pisang dari sebelumnya dilakukan oleh Ramadhana (2019). Karbon aktif yang dianalisa berasal dari kulit pisang raja dan dihasilkan dari proses karbonisasi pada suhu  $110^\circ\text{C}$  selama 1 jam menggunakan aktivator HCl 1 M. Pengamatan kapasitansi dilakukan pada perbedaan ukuran mesh karbon aktif yaitu, 100 mesh, 170 mesh dan 230 mesh. Kapasitansi tertinggi sebesar 0,00030 F/mg dihasilkan oleh elektroda pada ukuran partikel 230 mesh (Ramadhana, 2019). Satriady (2016) mendukung hasil yang diperoleh Ramadhana (2019), dimana semakin luas elektroda, maka kapasitansi penyimpanan energi semakin besar. Berdasarkan paparan-paparan peneliti terdahulu, pengusul akan melakukan pengamatan nilai kapasitansi karbon aktif dari kulit pisang kepok pada variasi suhu karbonisasi. Di samping itu pengusul juga akan mengamati bagaimana keterkaitan peran aktivator sebagai aktivasi luas permukaan dengan agen kimia yang ditambahkan meliputi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  95%, NaOH 2M,  $\text{ZnCl}_2$  30% dan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  70% akan menghasilkan karbon aktif yang memiliki gugus fungsi berbeda.

### **Karbon Aktif**

Arang aktif atau dikenal juga dengan nama karbon aktif berasal dari proses pemanasan pada suhu tinggi. Luas permukaan yang dimiliki oleh karbon aktif berkisar 300–2000  $\text{m}^2/\text{gr}$ . Luas permukaan dan ukuran pori-pori dapat dimodifikasi. Proses pengu-bahan karbon mulai dari yang memiliki daya serap rendah menuju ke daya serap yang lebih tinggi

dinamakan proses aktivasi (Rosita, 2013). Melalui aktivasi fisika dan kimia, maka luas permukaan dan ukuran pori-pori menjadi bervariasi. Aktivasi fisika dengan cara meletakkan karbon pada suhu tinggi membuat karbon memiliki ukuran pori dan luas permukaan yang semakin meningkat (Zhou, 2018). Peningkatan luas permukaan dan ukuran pori dikarenakan pada saat proses aktivasi terbentuk pori-pori baru karena adanya pengikisan suatu atom karbon setelah proses pemanasan (Ramadhana, 2019). Adapula aktivasi secara kimia dilakukan dengan penambahan bahan kimia, misalnya  $\text{FeCl}_3$  yang telah dilakukan oleh Bedia (2020). Berbeda halnya dengan Sa'diyah (2020) yang menganalisa karbon aktif hasil aktivasi menggunakan larutan basa kuat ( $\text{NaOH}$ ) dan asam kuat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) pada konsentrasi 2N, selama 5 jam. Karbon aktif telah banyak diaplikasikan sebagai penyerap. Beberapa proses penyerapan yang menggunakan karbon aktif sebagai media penyerap diantaranya menyerap ion besi, logam berat serta pewarna yang ada pada limbah buangan air (Masriatini, 2018). Esterlita (2015) mengungkapkan bahwa daya serap karbon aktif hingga 25–1000% terhadap berat karbon aktif. Karbon aktif yang sering ada dipasaran berasal dari batu bara, tulang dan tempurung kelapa. Tempurung kelapa merupakan salah satu contoh penggunaan biomassa untuk karbon aktif. Banyak contoh biomassa yang dapat dijadikan karbon aktif, kulit pisang kepok merupakan salah satu biomassa yang berpotensi dijadikan karbon aktif. Selain sebagai penyerap, karbon aktif yang dihasilkan dari kulit pisang juga dapat digunakan sebagai kapasitor elektrokimia.

### Kapasitor Elektrokimia

Kapasitor elektrokimia (superkapasitor), sel bahan bakar dan baterai merupakan perangkat penyimpanan energi sebagai elektroda karbon (Syarif, 2013). Superkapasitor termasuk salah satu sistem yang dapat menyimpan energi secara efisien melalui lapisan ganda listrik dan reaksi *faradic* (Surawan, 2019). Kapasitor elektrokimia merupakan teknologi penyimpanan energi listrik yang menjanjikan di masa depan. Penyimpanan energi dengan densitas tinggi dan siklus yang panjang merupakan salah satu jenis dari kapasitor elektrokimia (Salmawati, 2016). Superkapasitor memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan penyimpanan energi lain seperti baterai. Selain konstruksi dan prinsip yang sederhana, superkapasitor juga memiliki kerapatan energi yang tinggi, serta kemampuan menyimpan energi yang besar. Daya dan kerapatan energi yang dihasilkan oleh superkapasitor dipengaruhi oleh metoda aktivasi, jenis aktivator, jenis elektrolit, proses karbonisasi atau pirolisis yang digunakan (Kurniawati, 2020). Kapasitas penyimpanan energi dipengaruhi oleh luas elektroda, yang mana semakin

luas elektroda, maka kapasitas penyimpanan energi semakin besar (Satriady, 2016). Kapasitor elektrokimia memiliki siklus yang panjang pada penyimpanan energi tanpa mengalami degradasi. Hal ini dikarenakan pada kapasitor elektrokimia tidak terjadi reaksi pertukaran ion yang pada umumnya terjadi di baterai konvensional. Perbedaan antara kapasitor dengan baterai terletak pada densitas daya dan densitas energi. Kapasitor memiliki densitas energi yang rendah dan densitas daya yang tinggi, sedangkan baterai kebalikannya.

### Modifikasi Karbon Aktif sebagai Superkapasitor

Luas permukaan serta ukuran pori karbon aktif mendukung untuk media penyimpanan energi. Karbon aktif yang digunakan sebagai superkapasitor telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Beberapa jenis karbon aktif dari biomassa untuk superkapasitor sudah terpublikasi diantaranya, kulit kacang, kulit durian, limbah daun teh, kayu apu dan kulit pisang (Rojas, 2021; Febriyanto, 2019; Kurniawati, 2020; Syarif, 2018; Salmawati, 2016; Ramadhana, 2019). Masing-masing biomassa sebagai superkapasitor pasti memiliki kapasitansi yang berbeda. Hanya saja dalam upaya meningkatkan kapasitansi dapat dilakukan dengan memodifikasi karbon aktif. Modifikasi ini dilakukan setelah proses aktivasi fisika dan kimia. Tujuan memodifikasi karbon aktif yaitu agar gugus yang aktif dapat bertambah. Salmawati (2016) melakukan analisa terhadap modifikasi karbon aktif dengan menggunakan asam nitrat, asam sulfat dan hidrogen peroksida. Hasil yang diperoleh bahwa karbon aktif hasil modifikasi dengan asam nitrat memiliki potensi terbaik sebagai superkapasitor. Upaya lain agar meningkatkan kemampuan karbon aktif sebagai superkapasitor dilakukan modifikasi pada ukuran karbon aktif yang nantinya akan berpengaruh terhadap ukuran pori karbon aktif. Hal ini dikarenakan elektroda semakin meningkat pada permukaan yang luas. Yang mana sebenarnya karbon aktif pada aplikasi bahan elektroda superkapasitor, harus memiliki pori-pori yang berukuran skala nanometer (Salmawati, 2016). Modifikasi luas permukaan ini telah dilakukan oleh Ramadhana (2019). Tiga jenis ukuran karbon aktif dianalisa, yaitu ukuran 100 *mesh*, 170 *mesh* dan 230 *mesh*. Kapasitansi tertinggi sebesar 0,00030 F/mg dihasilkan oleh elektroda ukuran partikel 230 *mesh*.

Berdasarkan penelitian terdahulu, maka *state of the art* pada penelitian ini mengenai modifikasi penambahan agen kimia dan modifikasi luas permukaan karbon aktif. Peneliti di sini ingin menganalisa mengenai kaitannya antara kedua modifikasi tersebut. Yang mana, belum ada informasi yang terpublikasi melalui riset yang sudah dilakukan sebelumnya terkait hal tersebut. Sehingga nantinya melalui riset ini akan diperoleh informasi keterkaitan

antara penambahan agen kimia dengan luas permukaan karbon aktif.

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah kulit pisang kepok, aquadest,  $H_2SO_4$  95%,  $NaOH$  2 M,  $ZnCl_2$  30% dan  $H_3PO_4$  70% masing-masing diperoleh dari supplier CV PHY Edumedia.

### Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *furnace*, *hotplate* dan *magnetic stirrer*, corong pemisah, akrilik dan palat tembaga.

### Prosedur

#### Pembuatan Karbon Aktif

Kulit pisang yang telah dibersihkan dari kedua ujungnya kemudian dipotong menjadi 3-4 bagian. Dikeringkan di bawah sinar matahari yang kemudian dimasukkan ke dalam oven pada variasi suhu 250, 270, 290 dan 310°C selama 30 menit. Hasil karbonisasi berupa karbon aktif kulit pisang, kemudian dikeluarkan dari oven dan didinginkan menggunakan desikator selama 1-1,5 jam. Karbon aktif yang sudah dingin kemudian digerus dan ayak dengan ukuran ayakan 100 *mesh* (Salmawati, 2016).

#### Optimasi Karbon Aktif

Hasil karbon aktif yang sudah digerus kemudian direndam dengan aktivator di dalam suatu wadah selama 24 jam. Masing-masing aktivator digunakan yaitu  $NaOH$ ,  $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$  dan  $ZnCl_2$ . Perbandingan volume aktivator dengan massa karbon sebesar 10:1. Setelah didiamkan selama 24 jam, karbon aktif disaring dengan corong *buchner*. Hasil yang telah di saring kemudian di tanur pada suhu 600°C selama 30 menit. Setelah itu dicuci dengan aquadest hingga pH netral. Sampel yang telah diperoleh di keringkan di dalam oven pada suhu 110°C selama 1 jam. Karbon aktif yang sudah teraktivasi dari beberapa jenis aktivator kemudian dicuci berulang-ulang sampai pH netral. Setelah tercapai pH netral dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu 110°C (Salmawati, 2016).

### Analisa

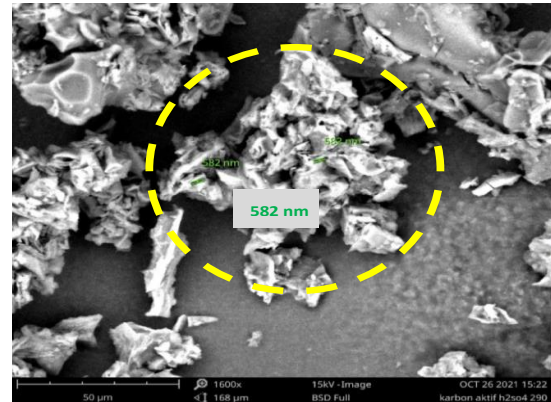
Karbon aktif yang sudah dioptimasi masing-masing di buat menjadi pasta. Rangkaian beberapa lapisan mulai dari lapisan bawah yaitu akrilik, karbon aktif, plat tembaga, PVA. Kemudian diukur kapasitansinya dengan menggunakan alat LCR meter.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

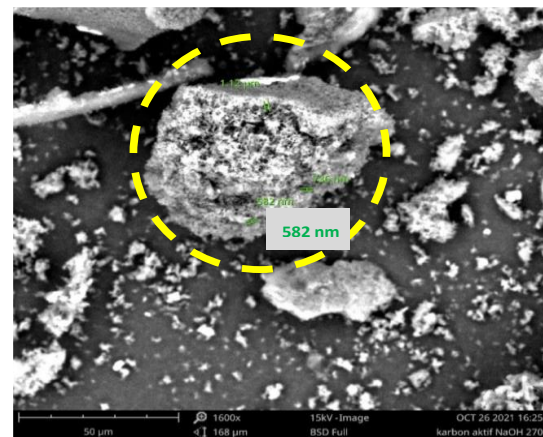
### Analisa Morfologi Karbon Aktif (KA)

Kulit pisang yang sudah dikarbonisasi dilakukan pengujian SEM untuk melihat morfologi

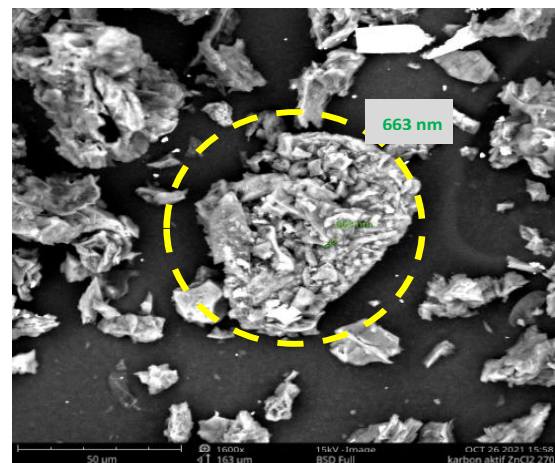
KA. Hasil yang diperoleh dari pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM) ditampilkan pada Gambar 1, menggunakan perbesaran 1600 kali. Pengujian SEM dilakukan pada seluruh sampel yang memiliki variasi penggunaan suhu karbonisasi dan aktivator. KA dengan aktivator  $H_2SO_4$ ,  $NaOH$  dan  $H_3PO_4$  memiliki pori yang berbeda dikarenakan masing-masing aktivator ini berada pH yang berbeda, dan memiliki stabilitas termal yang berbeda pula.



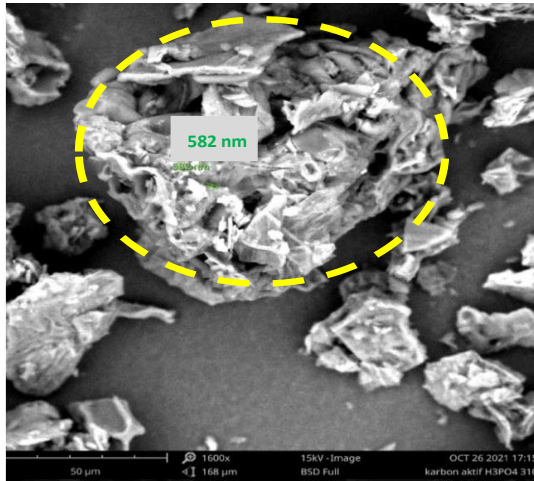
(a)



(b)



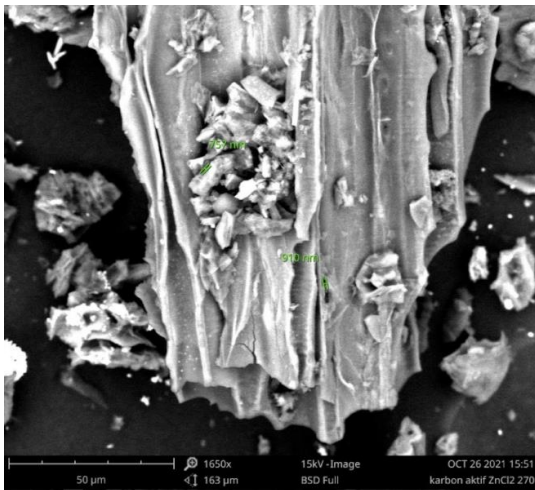
(c)



(d)

**Gambar 1.** Hasil Karakterisasi SEM dengan Berbagai Aktivator (a) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; (b) NaOH; (c) ZnCl<sub>2</sub>; dan (d) H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

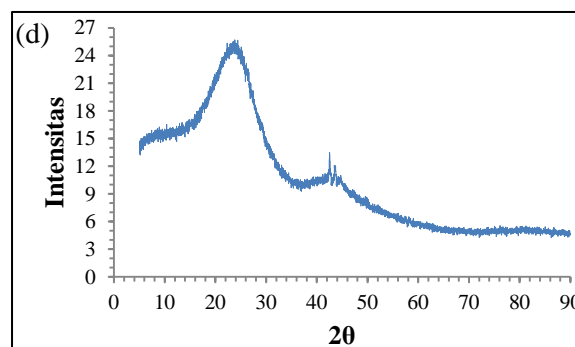
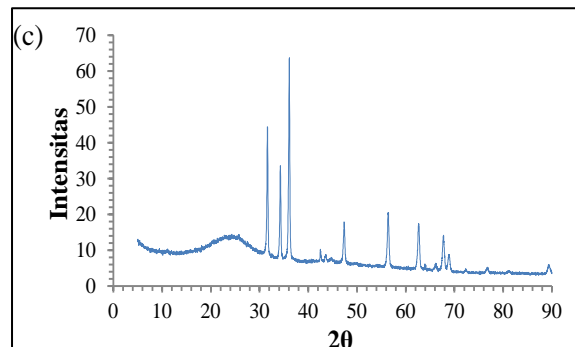
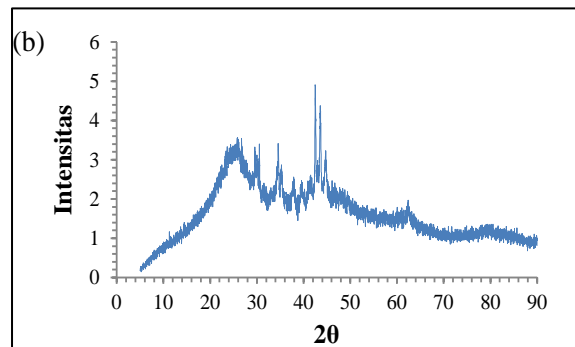
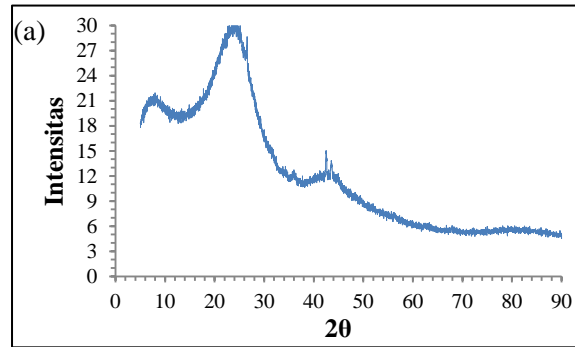
Berdasarkan Gambar 1 yang diberi garis putus-putus berwarna kuning memperlihatkan adanya perbedaan morfologi struktur serta distribusi pori KA kulit pisang. Terlihat bahwa porositas yang dihasilkan KA dengan aktivator NaOH menghasilkan porositas yang lebih kecil dan tersebar merata, jika dibandingkan dengan porositas KA menggunakan aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ZnCl<sub>2</sub> dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Hasil ini dipengaruhi oleh adanya masing-masing karakteristik aktivator, seperti halnya terdapat senyawa oksida yang berperan mengikis *impurities* pada pori.



**Gambar 2.** Hasil Karakterisasi SEM dengan ZnCl<sub>2</sub>

Gambar 2 merupakan KA dengan aktivator ZnCl<sub>2</sub> memperlihatkan struktur KA yang diperoleh tetap mempertahankan struktur kulit pisang sebelum dilakukan karbonisasi, akan tetapi terlihat adanya porositas yang timbul disebabkan oleh tahapan karbonisasi. Hal ini sesuai dengan yang telah diperoleh peneliti terdahulu (Du, 2016; Wei, 2019),

yang melakukan analisa KA yang berasal dari beberapa bahan baku menggunakan aktivator ZnCl<sub>2</sub>.  
**Analisa Struktur Karbon Aktif (KA)**

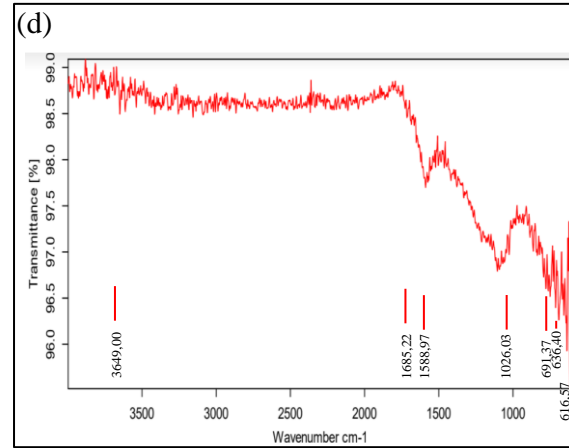
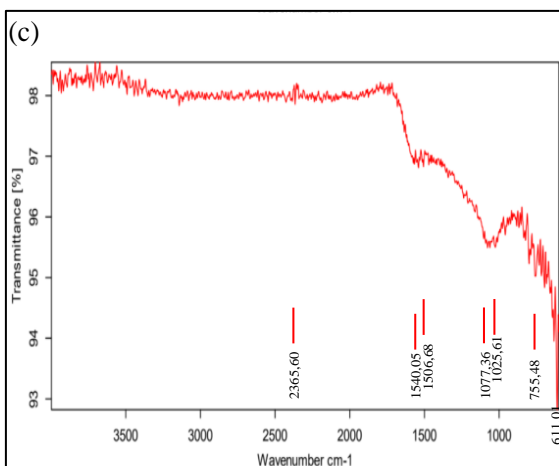
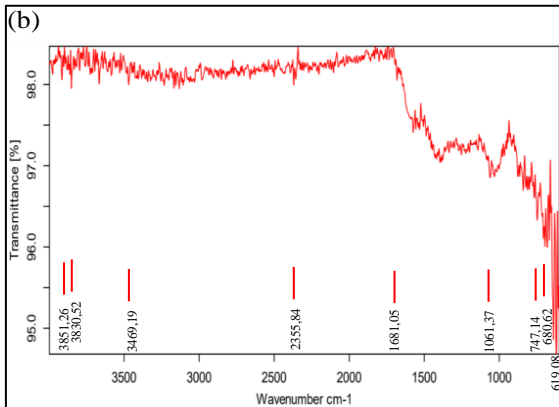
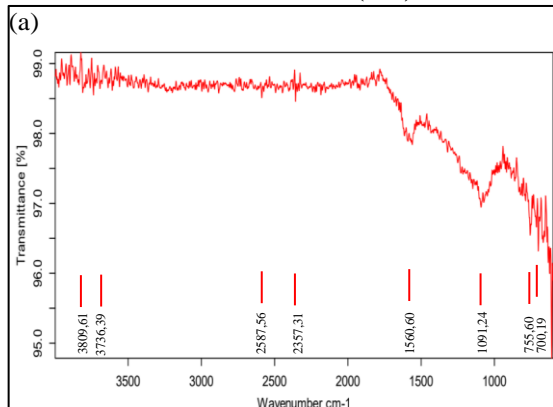


**Gambar 3.** Hasil Karakterisasi XRD pada Berbagai Aktivator (a) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; (b) NaOH; (c) ZnCl<sub>2</sub> NaOH; dan (d) H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

Hasil pengamatan pola sinar *X-ray diffraction* (XRD) yang ditunjukkan melalui Gambar 3

memperlihatkan adanya perubahan puncak dari yang tajam menjadi lebar. Hal ini mengindikasikan bahwa struktur KA dari kulit pisang kepok adalah amorf. Perolehan data terbaik yang terlihat bahwa menggunakan aktivator  $ZnCl_2$  menghasilkan strukturisasi dari kristalin menjadi bidang amorf yang sangat baik. Hal ini serupa dengan morfologi pori yang mana masing-masing aktivator memiliki karakteristik yang menyebabkan perbedaan ukuran kristalin setiap KA. Sehingga, hasil ini akan dilakukan pengujian FTIR untuk melihat gugus fungsi yang terkandung pada KA dengan menggunakan aktivator  $ZnCl_2$ .

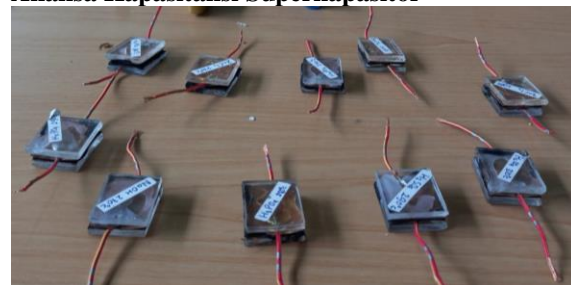
#### Analisa Molekul Karbon Aktif (KA)



**Gambar 4.** Hasil Karakterisasi FTIR pada Berbagai Aktivator (a)  $H_2SO_4$ ; (b)  $NaOH$ ; (c)  $ZnCl_2$ ; dan (d)  $H_3PO_4$

*Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) bertujuan untuk menganalisa gugus fungsi dan struktur rantai karbon yang diperoleh dari KA (Ramayani, 2021). KA yang berasal dari kulit pisang kepok di uji menggunakan FTIR spesifikasi ATR-ZnSe dengan panjang gelombang 600-4000. Hasil analisa XRD diperkuat oleh analisa spektrum FTIR yang dihasilkan menunjukkan adanya puncak spektrum yang berbeda-beda, seperti yang terlihat pada Gambar 4. Jika diamati karbon aktif sesudah modifikasi menggunakan aktivator  $H_2SO_4$ ,  $NaOH$  dan  $H_3PO_4$  memiliki hasil pita serapan pada panjang gelombang 2587-3649  $cm^{-1}$  mengindikasikan adanya gugus O-H (asam karboksilat). Panjang gelombang 1681-1685  $cm^{-1}$  yang dihasilkan oleh karbon aktif dengan aktivator  $NaOH$  dan  $H_3PO_4$  yang mengindikasikan adanya gugus karbonil (C=O), yang mana gugus ini merupakan gugus keratin. Perolehan ini di dukung dengan hasil Salmawati (2016) yang memperoleh hasil indikasi gugus yang sama. Adanya senyawa keratin yang diketahui berpotensi sebagai bahan pembuat elektroda perangkat penyimpanan energi sangat mendukung KA diaplikasikan sebagai superkapasitor (Irfana, 2020).

#### Analisa Kapasitansi Superkapasitor



**Gambar 5.** Superkapasitor dari KA Kulit Pisang Kepok

Superkapasitor yang telah dirakit dapat dilihat pada Gambar 5. Pengukuran sifat listrik

menggunakan LCR-Meter memperlihatkan nilai kapasitansi maksimum dan minimum masing-masing yang diperoleh sebesar 47,4  $\mu\text{F}$  dan 6,52  $\mu\text{F}$ . Nilai kapasitansi maksimal ini diperoleh dari KA menggunakan aktivator NaOH dan kemudian dilakukan tahap karbonisasi dengan suhu 270°C. Adapula perbandingan perolehan hasil Salmawati (2016) pada kapasitansi maksimum dan minimum masing-masing sebesar 1133,71 nF/g dan 412,67 nF/g.

Perbedaan perolehan kapasitansi dipengaruhi oleh daya dan kerapatan energi yang dihasilkan oleh superkapasitor. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan metoda aktivasi, jenis aktivator, jenis elektrolit, proses karbonisasi atau pirolisis yang digunakan (Kurniawati, 2020). Kapasitas penyimpanan energi dipengaruhi oleh luas elektroda, yang mana semakin luas elektroda, maka kapasitas penyimpanan energi semakin besar (Satriady, 2016). Kapasitor elektrokimia memiliki siklus yang panjang pada penyimpanan energi tanpa mengalami degradasi. Hal ini dikarenakan pada kapasitor elektrokimia tidak terjadi reaksi pertukaran ion yang pada umumnya terjadi di baterai konvensional. Perbedaan antara kapasitor dengan baterai terletak pada densitas daya dan densitas energi. Kapasitor memiliki densitas energi yang rendah dan densitas daya yang tinggi, sedangkan baterai kebalikannya.

### SIMPULAN

Superkapasitor yang dihasilkan memiliki karakteristik yang berbeda-beda karena adanya perbedaan penggunaan aktivator dan suhu karbonisasi. Karakteristik tersebut meliputi nilai kapasitansi yang diperoleh. Nilai kapasitansi tertinggi bernilai 47,4  $\mu\text{F}$  dan terendah bernilai 6,52  $\mu\text{F}$  diperoleh dari KA masing-masing menggunakan aktivator NaOH dengan suhu karbonisasi 270°C dan aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan suhu karbonisasi 310°C. Perbedaan perolehan kapasitansi dipengaruhi oleh daya dan kerapatan energi yang dihasilkan oleh superkapasitor.

### SARAN

Untuk lebih lanjut dapat merakit superkapasitor sesuai dengan kebutuhan seperti baterai konvensional agar energi yang tersimpan dapat diaplikasikan secara langsung. Kemudian untuk selanjutnya, hasil yang maksimal dapat dikombinasikan dengan variasi penggunaan elektroda.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terima kasih yang ditujukan kepada Laboratorium Terpadu Institut Teknologi Kalimantan yang telah mendukung sarana

peralatan dan karakterisasi. Terima kasih juga di sampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Institut Teknologi Kalimantan (ITK) yang telah mendanai dan mendukung penelitian ini, berdasarkan Surat Keterangan No: 3536/IT10.II/PPM.04/2021.

### DAFTAR PUSTAKA

- Bedia, J., Penas-Garzon, M., Gomez-Aviles, A., Rodriguez, J. & Bolver, C., 2020. Review on Activated Carbons by Chemical Activation with FeCl<sub>3</sub>. *Journal of Carbon Research*.
- Chairul, A., Khair, R. M. & Saputra, M. W., 2015. Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa Acuminata* L.) sebagai Karbon Aktif untuk Pengolahan Air Sumur Kota Banjarbaru: Fe dan Mn. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 1(1), pp. 8–15.
- Du, X., Zhao, W., Ma, S., Ma, M. & Qi, T. 2016. Effect of ZnCl<sub>2</sub> Impregnation Concentration on the Microstructure and Electrical Performance of Ramie-Based Activated Carbon Hollow Fiber, *Ionics*, 22(4), pp. 545–553.
- Esterlita, M. O. & Herlina, N., 2015. Pengaruh Penambahan Aktivator ZnCl<sub>2</sub>, KOH, dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dalam Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepeh Aren (*Arenga Pinnata*). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(1), pp. 47–52.
- Febriyanto, P., Jerry, Satria, A. W. & Devianto, H., 2019. Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif Berbahan Baku Limbah Kulit Durian sebagai Elektroda Superkapasitor. *Jurnal Integrasi Proses*, 8(1), pp. 19–24.
- Irfana, I., 2020. Pengaruh Komposisi Karbon Aktif-PVDF Terhadap Sifat Listrik dan Fisik Elektroda Perangkat Penyimpan Energi. *Skripsi*, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- Kurniawati, N. & Surawan, T., 2020. Superkapasitor dari Karbon Aktif Limbah Daun Teh sebagai Bahan Elektroda. *Jurnal Teknologi*, 8(1), pp. 76–83.
- Masriatini, R., 2018. Pemanfaatan Karbon Aktif sebagai Penyerap Ion Besi. *Universitas PGRI Palembang*, 3(2), pp. 51–54.
- Prandika, L. & Susanti, D., 2013. Analisa Sifat Kapasitif Kapasitor Elektrokimia WO<sub>3</sub> Hasil Sintesa Sol Gel dengan Variasi Temperatur Kalsinasi. *J. Tek. Pomits*, 2(2), pp. 372–377.
- Ramadhana, H., 2019. Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Raja (*Musa textillia*) Menjadi Karbon Aktif sebagai Kapasitansi Elektroda Kapasitor. *Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*, pp. 1–41.

- Ramayani, D., Hamzah, Y., Taer, E., Yanti, N. & Apriwandi, 2021. Analisa Karbon Aktif Monolit Berbahan Asal Ampas Jus Wortel untuk Aplikasi Elektroda Superkapasitor. *J. Aceh Phys. Soc*, 10(2), pp. 26-31.
- Rojas, M. d. C., Lobos, M. L. N., Para, M. L., Quijon, M. E. G., Camara, O., Barracom, D., Moyano, E. L. & Luque, G. L., 2021. Activated Carbon from Pyrolysis of Peanut Shells as Cathode for Lithium-Sulfur Batteries. *Biomass and Bioenergy*, 146, pp. 1–25.
- Rosita, I., Lapanporo, B. P. & Putra, Y. S., 2013. Pengaruh Suhu Aktivasi terhadap Kualitas Karbon Aktif Berbahan Dasar Tempurung Kelapa. *Prisma Fisika*, 1(1), pp. 50–55.
- Sa'diyah, K., Lusiani, C. E., Chrisnandari, R. D., Witasari, W. S., Aula, D. L. & Triastutik, S., 2020. Pengaruh Proses Aktivasi Kimia terhadap Karakteristik Adsorben dari Kulit Pisang Kepok (*Musa Acuminata* L.). *Jurnal Chemurgy*, 4(1), pp. 18–22.
- Salmawati, Z. M. & Karim, A., 2016. Penentuan Kapasitansi Spesifik Karbon Aktif Kulit Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca*) Hasil Modifikasi dengan HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Menggunakan Metode Cyclic Voltammetry. *Jurusan Kimia FMIPA Universitas Hasanuddin*, pp. 1–7.
- Satriady, A., Alamsyah, W., Saad, A. H. & Hidayat, S., 2016. Pengaruh Luas Elektroda terhadap Karakteristik Baterai LiFePO<sub>4</sub>. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 6(2), pp. 43– 48.
- Syarif, N., Mahmuda, A. M., Haryati, S., Yunita, E., Sudarsono, W. & Tin, L. C., 2018. Application of Water Lettuce (*Pistia* S.) as Conductive Carbon in Electrochemical Capacitor. *Chemical Engineering Transactions*, 63, pp. 499-504.
- Surawan, T. & Priambodo, P. S., 2019. Supercapacitor Based on Active electrode: A Review. *International Symposiu on Electrical and Computer Engineering*. pp. 1–8.
- Syarif, N. & Pardede, M. C., 2013. Hydrothermal Assisted Microwave Pyrolysis of Water Hyacinth for Electrochemical Capacitors Electrodes. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*, 5(2), pp. 95–104.
- Wei, Q., Chen, Z., Cheng, Y., Wang, X., Yang, X. & Wang, Z., 2019. Preparation of Electrochemical Performance of Orange Peel Based -Activated Carbons Activated by Different Activators, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*.
- Zhou, J., Luo, A. & Zhao, Y., 2018. Preparation and Characterisation of Activated Carbon from Waste Tea by Physical Activation using Steam. *Air & Waste Management Association*. ISSN: 1096-2247. pp. 1–26