

# Karakteristik Material Elektroda Superkapasitor dari Arang Kulit Kopi Arabika yang Diaktivasi Dengan Variasi Konsentrasi Kalium Hidroksida

Putri Novi Yanti<sup>1</sup>, Adi Setiawan<sup>2#</sup>, Ahmad Fikri<sup>1</sup>, Siti Nurjannah<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia/Prodi Teknik Material, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin/Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Mesin/Prodi Magister Teknik Energi Terbarukan, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh  
Cot Tengku Nie Reuleut, Kec. Muara Batu, Kabupaten Aceh Utara, Aceh, Indonesia

#adis@unimal.ac.id

---

## Abstrak

Pemanfaatan limbah perkebunan kulit kopi menjadi karbon aktif dapat dilakukan sebagai elektroda penyusun superkapasitor. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh variasi konsentrasi dan lamanya waktu aktivasi terhadap karakteristik karbon aktif kulit kopi. Kulit kopi dibuat melalui serangkaian proses yang diawali dengan pencucian bahan baku, pengeringan dan kemudian pirolisis pada suhu 400°C selama 80 menit. Aktivasi secara kimia dengan variasi konsentrasi Kalium Hidroksida (KOH), lalu dilanjutkan dengan aktivasi fisika di suhu 600°C selama 60 menit dalam aliran gas nitrogen. Produk arang aktif selanjutnya dilakukan penghalusan dan pengayakan hingga mencapai ukuran yang homogen menggunakan saringan ukuran 325 mesh. Serbuk karbon aktif selanjutnya dikarakterisasi melalui analisa morfologi, uji serapan iodine dan metode proksimat untuk mengukur kadar air, kadar abu, kadar zat volatil, dan kadar karbon tetap. Kapasitansi listrik dianalisa dengan metode cyclic voltammetry. Dari hasil analisa SEM menunjukkan bahwa secara umum permukaan sampel kasar dan berongga. Nilai serapan iodin terbaik adalah 545,67 mg/g. Hasil analisa proksimat menunjukkan bahwa kadar air arang aktif adalah sebesar 3,45%, kadar abu 1,96%, dan kadar zat volatil 17,93%. Hasil pengujian cyclic voltammetry pada sampel K1 48 memperoleh nilai kapasitansi sebesar 18,012 F/g pada laju scan 3 mV/s. Secara umum kajian ini membuktikan bahwa limbah kulit buah kopi arabika berpotensi untuk dijadikan bahan baku elektroda superkapasitor.

**Kata kunci:** karbon aktif, kulit kopi Arabika, Kalium Hidroksida (KOH), superkapasitor

## Abstract

Utilizing coffee husk plantation waste into active carbon can be used as an electrode to make up a supercapacitor. This research aims to study the effect of variations in concentration and length of activation time on the characteristics of coffee skin activated carbon. Coffee skin is made through a series of processes starting with washing the raw materials, drying and then pyrolysis at a temperature of 400°C for 80 minutes. Chemical activation with varying concentrations of Potassium Hydroxide (KOH), then continued with physical activation at a temperature of 600°C for 60 minutes in a stream of nitrogen gas. The activated charcoal product is then refined and sifted until it reaches a homogeneous size using a 325 mesh sieve. The activated carbon powder was further characterized through morphological analysis, iodine uptake test and proximate methods to measure water content, ash content, volatile substance content and fixed carbon content. Electrical capacitance was analyzed using the cyclic voltammetry method. The SEM analysis results show that in general the sample surface is rough and hollow. The best iodine uptake value was 545.67 mg/g. The results of proximate analysis showed that the water content of activated charcoal was 3.45%, the ash content was 1.96%, and the volatile matter content was 17.93%. The results of the cyclic voltammetry test on sample K1 48 obtained a capacitance value of 18.012 F/g at a scan rate of 3 mV/s. In general, this study proves that Arabica coffee fruit skin waste has the potential to be used as raw material for supercapacitor electrodes.

**Keywords:** activated carbon, Arabica coffee pulp, Potassium Hydroxide (KOH), supercapacitors

---

## I. PENDAHULUAN

Kabupaten Bener Meriah merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Aceh yang terletak di dataran tinggi Gayo dan dikenal sebagai salah satu daerah sentra penghasil kopi di Aceh dan Indonesia. Luas kebun kopi di kabupaten ini mencapai 48,95 ribu hektar dengan produksi kopi pada tahun 2019 mencapai 2,88 ribu ton. Sebagai salah satu sentra utama, penghasil kopi juga menyisakan masalah lainnya seperti produksi limbah kulit kopi yang tentunya juga meningkat, Proses pengolahan kopi diketahui akan menghasilkan 65% biji kopi yang akan dimanfaatkan sebagai minuman dan 35% limbah kulit kopi. Limbah kulit kopi yang dihasilkan dari proses pengolahan kopi diketahui selama ini belum dimanfaatkan secara optimal. Limbah kulit kopi tersebut cenderung hanya dimanfaatkan sebagai pupuk kompos. Padahal berdasarkan komponen senyawa kimia yang terdapat dalam limbah kulit kopi, kulit kopi dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbon aktif material superkapasitor [1], [2]. Hingga saat ini limbah industri kulit kopi masih sangat kurang pemanfaatannya sehingga pemanfaatan limbah kopi memiliki potensi yang cukup besar, khususnya untuk limbah kulit kopi [3]. Kulit kopi dapat dimanfaatkan salah satunya sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Hal ini dapat dilihat dari kandungan karbon kulit kopi yang cukup besar, yaitu 45,3% massa [4].

Listrik menjadi salah satu kebutuhan utama yang digunakan diberbagai bidang kehidupan, sehingga penggunaan listrik di dunia juga semakin meningkat. Seiring dengan berjalannya waktu kebutuhan manusia akan barang-barang elektronik juga semakin meningkat [5]. Oleh sebab itu, maka terciptalah inovasi baru yang disebut superkapasitor sebagai elektroda penyimpan energi listrik yang terbuat dari karbon aktif kulit kopi [6]. Superkapasitor mempunyai kapasitas penyimpanan muatan ribuan kali lipat dan energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan kapasitor konvensional. Mobilitas penggunaan berdampak pada diperlukannya peralatan portabel yang dapat digunakan dimana saja dan kapan saja [7].

Pemanfaatan biomassa sebagai elektroda superkapasitor telah dilakukan beberapa peneliti. Pembuatan superkapasitor berbahan dasar dari ampas biji kopi robusta yang menghasilkan nilai kapasitansi spesifik menggunakan metode *cyclic voltammetry* dengan elektrolit 1 M  $H_2SO_4$  sebesar 130 F/g pada konsentrasi 0,3 M [8]. Penelitian lain tentang pembuatan superkapasitor dari karbon aktif kulit buah kakao sebagai penyimpan energi yang menghasilkan nilai kapasitansi spesifik

menggunakan metode *cyclic voltammetry optimum* sebesar 140,2 F/g<sup>-1</sup> dengan SEM menunjukkan pori-pori yang terbentuk 0,44  $\mu m$  sampai 0,98  $\mu m$  [7]. Kemudian superkapasitor dari karbon aktif limbah daun teh dikaji sebagai bahan elektroda yang menghasilkan kapasitansi elektrolit KOH 3M sebesar 5,45 Farad dan kapasitansi elektrolit KOH 5M sebesar 11,8 Farad [5]. Pemanfaatan karbon aktif dari ampas biji kopi (robusta) yang diaktivasi menggunakan variasi konsentrasi Kalium Hidroksida (KOH) sebagai bahan dasar elektroda superkapasitor yang menghasilkan nilai kapasitansi spesifik menggunakan metode *cyclic voltammetry* dengan elektrolit 0,3 M sebesar 123Fg<sup>-1</sup> dan 192 Fg<sup>-1</sup>[9]. Penelitian terakhir membuat pemanfaatan karbon aktif dari sekam padi sebagai elektroda superkapasitor yang menghasilkan nilai kapasitansi spesifik dengan elektrolit KOH 2M sebesar 8,56 F/g dengan scanrate 25mV/s [10].

Berdasarkan beberapa hasil penelitian terdahulu, hal-hal di atas yang mendorong penelitian saat ini untuk menggunakan limbah kulit kopi menjadi karbon aktif elektroda material superkapasitor secara kimia dengan menggunakan larutan aktivator KOH dan diaktivasi fisika dengan suhu 600°C. Pengujian ini dilakukan untuk menghasilkan luas permukaan karbon aktif kulit kopi yang lebih besar serta memperbanyak pori. Karena semakin besar luas permukaan karbon aktif maka semakin besar nilai kapasitansi pada elektroda superkapasitor. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi KOH terhadap karakteristik material superkapasitor berbahan baku kulit kopi yang diaktivasi. Penelitian ini diharapkan dapat membantu mengurai limbah industri kulit kopi yang selama ini belum dimanfaatkan secara maksimal terkhususnya di daerah Kabupaten Bener Meriah, Aceh Takengon.

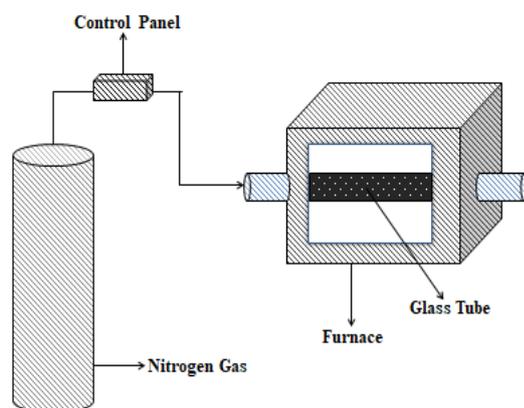
## II. METODE PENELITIAN

### A. Bahan

Preparasi bahan baku yang digunakan dalam pembuatan karbon aktif pada penelitian ini adalah kulit kopi jenis arabika yang diambil langsung dari pabrik kopi yang berada di Takengon melalui tahapan proses pengolahan basah. Karbon kulit kopi diaktivasi kimia menggunakan larutan aktivator KOH dan diaktivasi secara fisika menggunakan atmosfer N<sub>2</sub>. Penamaan dan penyebutan sampel karbon aktif kulit kopi ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sampel karbon aktif kulit kopi

Simbol Sampel	Nama Sampel
K1/24	Karbon Aktif Kulit Kopi Aktivator KOH 1% Lama Perendaman 24 Jam
K1/48	Karbon Aktif Kulit Kopi Aktivator KOH 1% Lama Perendaman 48 Jam
K2/24	Karbon Aktif Kulit Kopi Aktivator KOH 2% Lama Perendaman 24 Jam
K2/48	Karbon Aktif Kulit Kopi Aktivator KOH 2% Lama Perendaman 48 Jam
K3/24	Karbon Aktif Kulit Kopi Aktivator KOH 3% Lama Perendaman 24 Jam
K3/48	Karbon Aktif Kulit Kopi Aktivator KOH 3% Lama Perendaman 48 Jam



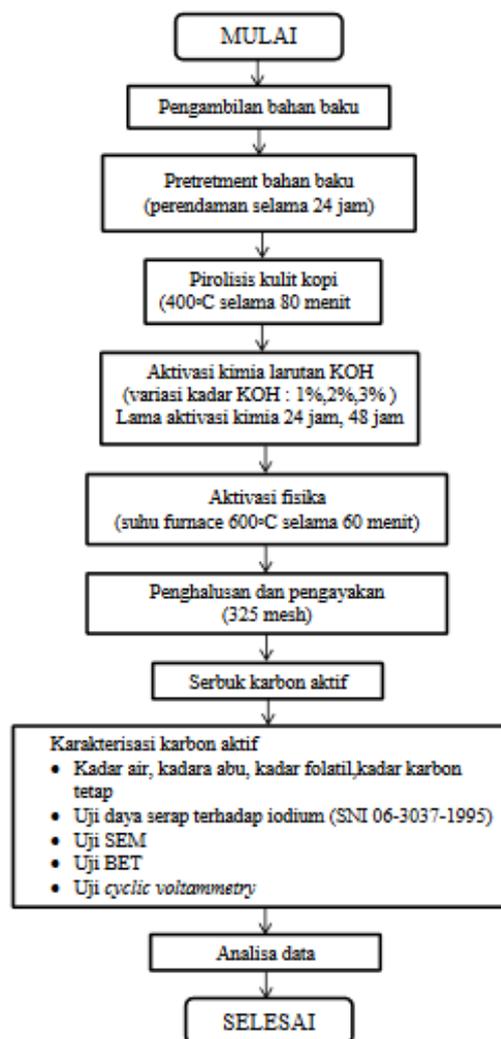
Gambar 1. Skema alat aktivasi secara fisika

### B. Metode

Karbon aktif kulit kopi diproses dalam beberapa tahapan utama yaitu dahidrasi, karbonisasi dan aktivasi. biomassa kulit kopi dicuci menggunakan air keran dan direndam selama 24 jam. Kemudian kulit kopi dikeringkan (dehidrasi) menggunakan oven selama 72 jam. Kulit kopi dikarbonisasi menggunakan reaktor pirolisis lambat berskala pilot plant pada suhu  $400^{\circ}\text{C}$  selama 80 menit [11]. Karbon kulit kopi diaktivasi melalui 2 tahapan aktivasi yaitu aktivasi kimia menggunakan larutan aktivator KOH dan aktivasi fisika menggunakan furnace dengan suhu  $600^{\circ}\text{C}$  selama 60 menit. Karbon aktif kulit kopi yang telah diaktivasi dihaluskan dan diayak hingga mencapai ukuran yang homogen dan dikarakterisas dengan uji analisa proksimat, *cyclic voltammetry*, dan SEM. *Set-up* alat pada aktivasi fisika yang ditampilkan pada Gambar 1.

Proses pembuatan dan karakterisasi karbon aktif ditunjukkan pada Gambar 2. Adapun proses pembuatan karbon aktif adalah sebagai berikut:

1. Preparasi bahan baku kulit kopi yang akan digunakan dalam penelitian ini diambil langsung dari salah satu pabrik kopi yang berada di Takengon.



Gambar 2. Skema pembuatan dan karakterisasi karbon aktif

2. *Pre-Treatment* biomassa kulit kopi yaitu proses pencucian dan perendaman selama 24 jam. Perendaman dilakukan dengan perbandingan 1 : 20m/v. Setelah direndam bahan baku dibilas kembali, kemudian mengeringkan bahan baku di bawah sinar matahari langsung dan dilanjutkan dengan pengeringan oven pada suhu  $45^{\circ}\text{C}$  selama 72 jam.
3. Karbonisasi biomassa kulit kopi menggunakan reaktor pirolisis lambat berskala pilot plant. Proses ini dilakukan pada suhu operasi  $400^{\circ}\text{C}$  selama 80 menit.
4. Bio Karbon yang dihasilkan dari proses karbonisasi kemudian di aktivasi kimia menggunakan aktivator larutan KOH dengan variasi kadar 1% m/v, 2% m/v, 3% m/v variasi waktu 24 jam dan 48 jam dengan masing-masing sampel sebanyak 50gr. Setelah aktivasi, bio karbon dicuci menggunakan aquades hingga pH bio karbon mencapai pH Netral dan kemudian

dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam.

5. Karbon aktif kulit kopi yang dihasilkan dari proses aktivasi kimia kemudian dilakukan aktivasi lanjutan secara fisika. Aktivasi fisika dilakukan dengan memanaskan karbon aktif kulit kopi kedalam furnace pada suhu operasi 600°C dalam *Atmosfer Nitrogen* dengan laju selama 60 menit.
6. Karakterisasi karbon aktif dengan pengujian kadar air, kadar abu, kadar zat mudah menguap, kadar karbon tetap, dan daya serapan iodin.
7. Analisa morfologi dengan SEM dan *cyclic voltammetry* pada sampel karbon aktif kulit kopi terbaik di ambil dari hasil karakterisasi iodin terbaik.

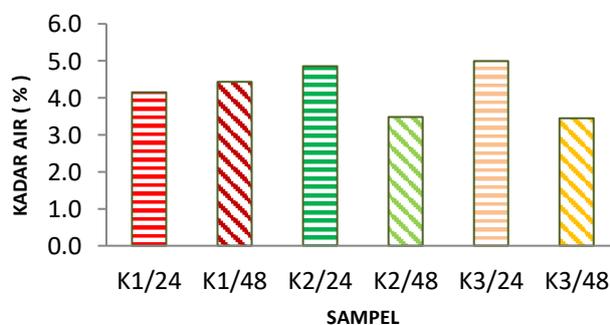
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Analisa Proksimat

Analisa proksimat bertujuan untuk mengetahui apakah karbon aktif yang telah disintesis dari kulit kopi telah memenuhi syarat kualitas karbon aktif standar yang mengacu pada standar SNI 06-3730-1995. Analisa proksimat karbon aktif kulit kopi meliputi nilai kadar air berkisar 3,45%-4,99%, nilai kadar abu berkisar 1,96%-3,94%, nilai kadar volatil berkisar 17,93%-20,39%, dan nilai kadar karbon tetap 71,80%-76,66%.

#### B. Kadar Air

Kadar air dihitung untuk mengetahui sifat higroskopis dari karbon aktif kulit kopi. Tinggi rendahnya nilai kadar air menunjukkan seberapa banyak air yang menutupi pori-pori yang terdapat dalam karbon aktif kulit kopi [12]. Semakin rendah nilai kadar air dalam karbon aktif, maka semakin banyak ruang pada pori dan semakin besar luas permukaan karbon aktif kulit kopi. Semakin banyak luas permukaan karbon aktif kulit kopi maka semakin baik mutu karbon aktif tersebut [13].



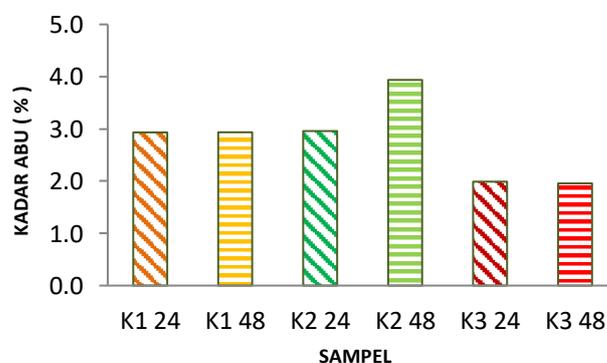
Gambar 3. Grafik hasil pengujian kadar air karbon aktif kulit kopi

Gambar 3 menunjukkan nilai kadar air karbon aktif kulit kopi terendah diperoleh pada variasi K3/48 sebesar 3,45%, nilai kadar air karbon aktif kulit kopi tertinggi diperoleh sebesar 4,99% pada variasi K2/24. Variasi konsentrasi KOH tidak menghasilkan dampak yang signifikan terhadap kenaikan dan penurunan nilai kadar air, tapi menghasilkan nilai kadar air yang fluktuatif. Berdasarkan lama waktu aktivasi, konsentrasi KOH 1% mengalami kenaikan pada waktu 24 jam, akan tetapi tidak melebihi dari batas syarat karbon aktif SNI. Pada konsentrasi KOH 2% dan 3% mengalami penurunan nilai kadar air pada waktu 24 jam. Hasil nilai kadar air karbon aktif kulit kopi pada penelitian ini juga pernah diperoleh dengan perolehan nilai kadar air sebesar 3,6% sampel konsentrasi NaOH dengan suhu 500°C pada aplikasi metode aktivasi fisika dan aktivasi kimia pada pembuatan arang aktif dari tempurung kelapa [14].

#### C. Kadar Abu

Kadar abu merupakan sisa mineral yang tertinggal pada saat pembakaran, karena bahan alam sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif tidak hanya mengandung senyawa karbon, tapi juga mengandung beberapa mineral, yang mana sebagian dari mineral ini telah hilang pada saat karbonisasi, dan sebagian lagi masih tertinggal dalam karbon aktif. keberadaan abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori karbon aktif kulit kopi, sehingga luas permukaan karbon aktif kulit kopi menjadi berkurang [15].

Gambar 4 menunjukkan nilai kadar abu karbon aktif kulit kopi terendah diperoleh pada variasi K3/48 sebesar 1.96%, nilai kadar abu tertinggi diperoleh sebesar 3.94% pada variasi K2/48. Grafik hasil kadar abu menunjukkan variasi konsentrasi KOH tidak menyebabkan perubahan kenaikan dan penurunan kadar abu yang signifikan, tapi menghasilkan nilai kadar abu yang fluktuatif.

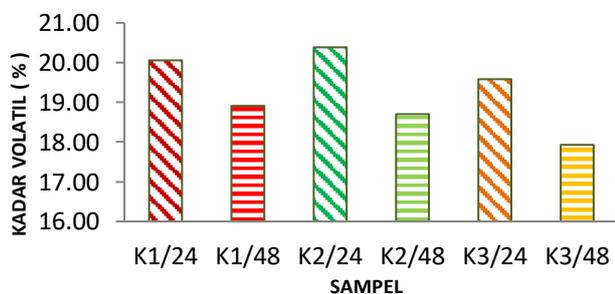


Gambar 4. Grafik hasil pengujian kadar abu karbon aktif kulit kopi

Dari data grafik analisa kadar abu diatas menunjukkan lama waktu aktivasi pada variasi konsentrasi KOH 1% tidak mengalami kenaikan maupun penurunan yang signifikan. Pada konsentrasi KOH 2% pada waktu 48 jam mengalami kenaikan yang signifikan, akan tetapi tidak melebihi dari batas syarat karbon aktif SNI. Pada variasi konsentrasi KOH 3% tidak mengalami kenaikan maupun penurunan yang signifikan. Hasil pengujian pada nilai kadar abu ini juga pernah diperoleh pada penelitian pembuatan karbon aktif dari cangkang kelapa sawit [16].

#### D. Kadar Zat yang Mudah Menguap

Penetapan nilai kadar zat yang mudah menguap pada kulit kopi bertujuan untuk menentukan kandungan oksida logam dalam karbon aktif kulit kopi. Kadar zat menguap (*volatile matter*) merupakan hasil dekomposisi zat-zat penyusun karbon aktif akibat proses karbonisasi dan bukan merupakan komponen penyusun karbon aktif [17]. Gambar 5 menunjukkan nilai kadar volatil karbon aktif kulit kopi terendah diperoleh pada variasi K3/48 sebesar 17,93% dan nilai kadar volatil tertinggi diperoleh sebesar 20,39% pada variasi K2/24. Berdasarkan grafik diatas variasi konsentrasi KOH karbon aktif kulit kopi dan lama waktu aktivasi menghasilkan nilai volatil yang fluktuatif dan cenderung mengalami penurunan pada KOH disemua waktu 48 jam. Kadar zat yang mudah menguap akan menurun seiring dengan meningkatnya suhu karbonisasi atau suhu aktivasi fisika. Hal ini terjadi karena ketidak sempurnaan penguraian senyawa non karbon selama proses pembakaran [13]. Hasil penelitian pada nilai kadar volatil ini juga pernah dilaporkan pada penelitian pembuatan karbon aktif kulit pisang kepok menggunakan aktivator kimia basa kuat (NaOH) dan asam kuat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) [18].



Gambar 5. Grafik hasil pengujian kadar abu karbon aktif kulit kopi

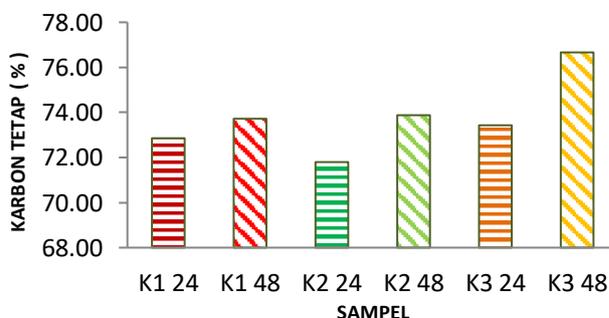
#### E. Kadar Karbon Tetap

Kadar karbon tetap merupakan jumlah karbon murni yang terdapat dalam karbon aktif. Kadar karbon tetap dipengaruhi pada kadar abu dan kadar zat yang mudah menguap yang menandakan semakin tinggi kadar abu dan kadar zat mudah menguap maka semakin rendah kandungan karbon tetap pada karbon aktif. Nilai kadar karbon tetap juga dipengaruhi oleh kandungan selulosa pada bahan biomassa, kandungan selulosa yang tinggi pada bahan baku karbon aktif menghasilkan karbon murni yang lebih tinggi [19].

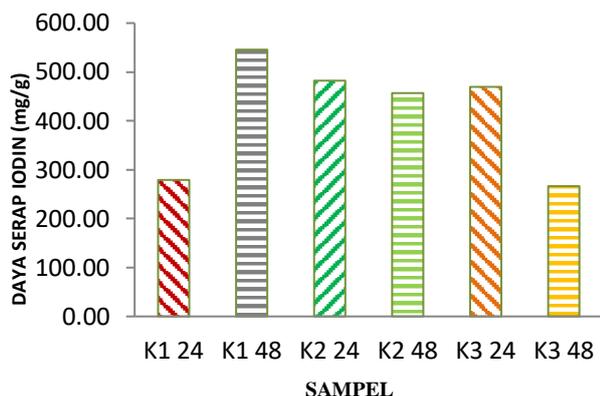
Gambar 6 menunjukkan nilai kadar karbon tetap kulit kopi terendah diperoleh pada variasi K2 24 sebesar 71,80% dan nilai kadar karbon tetap tertinggi diperoleh pada variasi K3 48 sebesar 76,66%. Berdasarkan grafik variasi konsentrasi KOH menunjukkan hasil kadar karbon tetap dari karbon aktif kulit kopi mengalami fluktuasi dan cenderung mengalami kenaikan seiring bertambahnya konsentrasi KOH dan seiring semakin lamanya waktu aktivasi. Penurunan nilai kadar karbon tetap pada variasi K2 24 dapat disebabkan karena pada proses karbonisasi yang kurang sempurna sehingga aktivator lebih banyak mengikat mineral garam [20]. Hal ini juga diperoleh pada penelitian yang dilakukan oleh [12] pada karbon aktif dari bambu ori yang diaktivasi menggunakan aktivator asam klorida (HCL).

#### F. Analisa Daya Serapan Iodin

Daya adsorpsi karbon aktif terhadap iodin memiliki korelasi dengan luas permukaan dari karbon aktif. Semakin besar nilai serapan iodin maka semakin besar kemampuannya dalam mengadsorpsi adsorbat atau zat terlarut. Luas area permukaan pori merupakan suatu parameter yang sangat penting dalam menentukan kualitas dari suatu karbon aktif sebagai elektroda superkapasitor [21].



Gambar 6. Grafik hasil pengujian kadar karbon tetap karbon aktif kulit kopi

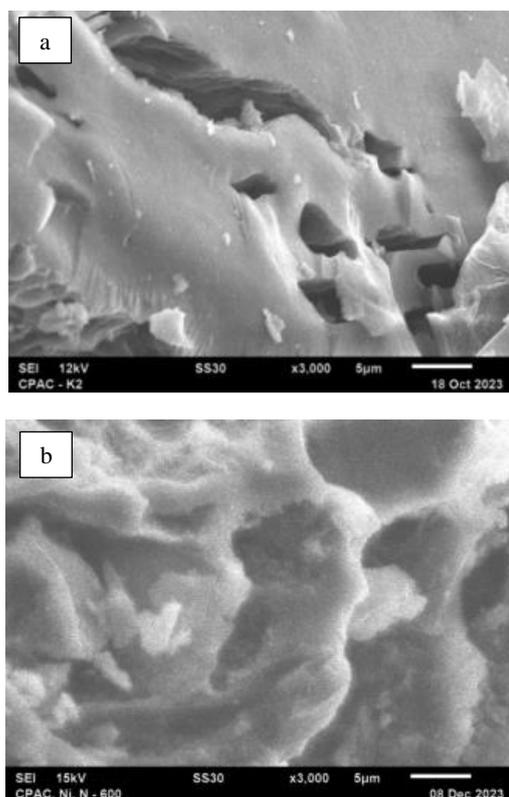


**Gambar 7. Grafik hasil pengujian daya serap iodin karbon aktif kulit kopi**

Gambar 7 menunjukkan nilai serapan iodin karbon aktif kulit kopi terendah diperoleh pada sampel variasi K3 48 sebesar 266,49 mg/g dan nilai serapan iodin tertinggi diperoleh pada variasi K1 48 sebesar 545,67mg/g. Grafik serapan iodin diatas menunjukkan variasi konsentrasi KOH menghasilkan nilai serapan iodin yang dihasilkan nilai yang cenderung menurun. Berdasarkan lama waktu aktivasi nilai serapan iodin menurun seiring dengan semakin bertambahnya lama waktu aktivasi disetiap variasi konsentrasi. Pada KOH 1% nilai serapan iodin mengalami kenaikan yang signifikan pada waktu 48 jam yang mengindikasikan semakin lama perendaman karbon aktif, maka semakin rendah daya penyerapan karbon aktif terhadap iodin. Pada KOH 2% tidak mengalami penurunan yang signifikan pada waktu 48 jam. pada KOH 3% juga mengalami penurunan yang signifikan pada waktu 48jam. Hal ini juga dilaporkan pada penelitian [22] yang dilakukan pada pemanfaatan karbon aktif dari bambu sebagai elektroda superkapasitor.

#### G. Analisa Morfologi Permukaan

Analisis morfologi pada karbon aktif kulit kopi dilakukan pada sampel bio karbon yang belum diaktivasi dan yang sudah diaktivasi larutan KOH menggunakan instrumen morfologi SEM. Dalam penelitian ini, sampel yang di analisa merupakan sampel karbon aktif kulit kopi yang belum diaktivasi terlihat pada Gambar 8(a) dan sampel K1/48 yang telah diaktivasi ditunjukan pada Gambar 8(b) pada perbesaran 3000x. Hasil analisa morfologi SEM pada Gambar 8 menunjukkan perubahan dari struktur karbon (a) menjadi karbon aktif (b) adanya perbedaan struktur rongga karbon sebelum aktivasi dan karbon setelah aktivasi dengan menggunakan larutan aktivator KOH dan aktivasi fisika pada suhu 600°C selama 60 menit dalam atmosfer Nitrogen. Pada Gambar 8 (a) mikrogram



**Gambar 8. Foto hasil analisa SEM: (a) sampel bioarang sebelum aktivasi, (b) sampel arang aktif**

dengan perbesaran 3000x menunjukkan ukuran rongga yang terbentuk relatif kecil dan distribusi rongga yang tidak merata. Selain itu, terdapatnya serpihan pada permukaan karbon mengindikasikan masih adanya kandungan mineral yang tertinggal atau partikel-partikel abu yang belum menguap pada permukaan sampel karbon kulit kopi yang belum diaktivasi.

Gambar 8(b) dengan perbesaran 3000X menunjukkan ukuran rongga pada sampel K1/48 lebih besar jika dibandingkan dengan sampel yang belum diaktivasi, tapi permukaan karbon aktif kulit kopi masih kasar dan distribusi rongga belum merata sempurna. Rongga pada karbon aktif akan terbentuk dari reaksi kimia antara karbon kulit kopi dengan larutan KOH selama proses aktivasi kimia berlangsung dan pada proses pemanasan secara fisika. Perlakuan pengaktifasian menggunakan larutan KOH sebagai aktivator mampu mengangkat senyawa hidrokarbon atau zat pengotor sehingga terjadinya pembantukan pori pada permukaan karbon. Selain itu, rongga pori terbentuk akibat pengaruh saat proses karbonisasi berlangsung sehingga menyebabkan terjadinya penguraian senyawa organik pada kulit kopi [23]. Hal serupa juga dilaporkan pada penelitian hasil morfologi

SEM serbuk karbon yang dihasilkan belum mempunyai ukuran seragam [24].

#### H. Analisa Cyclic Voltammetry

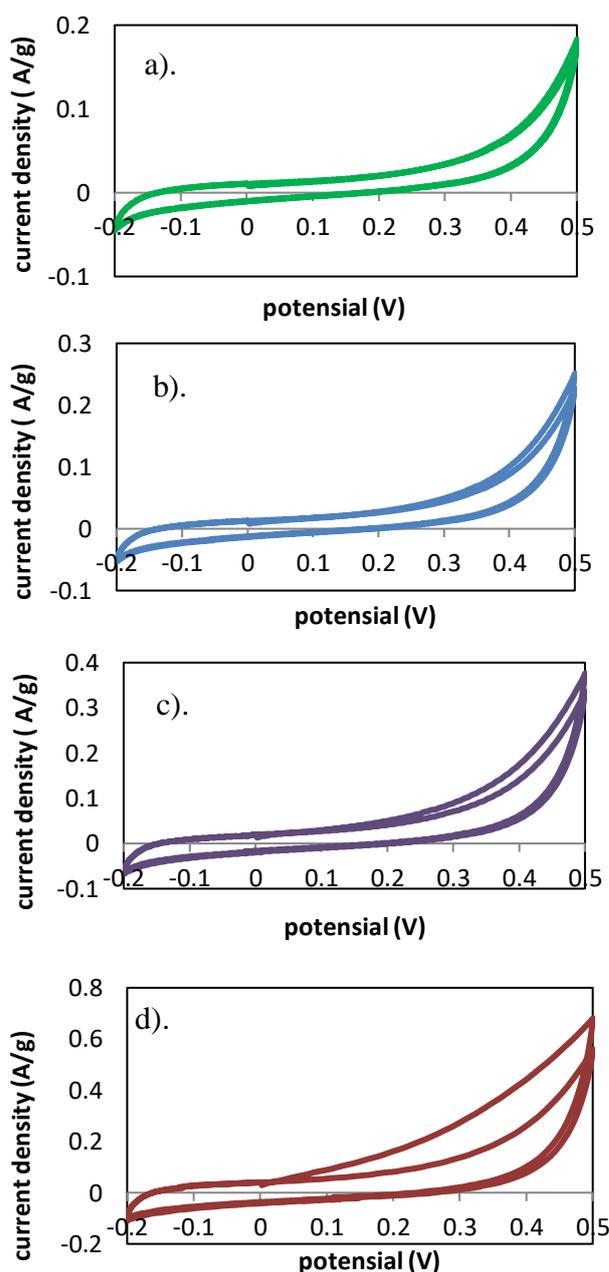
*Cyclic voltammetry* adalah salah satu teknik yang banyak digunakan dalam pengukuran sifat elektrokimia pada elektroda karbon aktif. Kurva CV menunjukkan luas daerah yang terbentuk antara arus *charge* ( $I_c$ ) dan arus *discharge* ( $I_d$ ) yang menandakan nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan dari elektroda karbon. Arus *charge* ( $I_c$ ) merupakan arus yang terjadi pada saat proses pengisian muatan yang ditunjukkan pada kurva atas dan arus *discharge* ( $I_d$ ) merupakan arus yang terbentuk pada saat pengosongan yang ditunjukkan pada kurva bagian bawah [25].

Tabel 2 merupakan nilai kapasitansi yang diperoleh dari pengukuran cyclic voltammetry yang menunjukkan semakin besar laju scan maka nilai kapasitansi akan menurun. Hal ini terjadi karena laju scan mempengaruhi laju ion-ion dari elektrolit menuju kedalam elektroda karbon aktif kulit kopi. Laju scan yang tinggi menunjukkan laju aliran tegangan yang cepat, akibatnya waktu yang dibutuhkan bagi ion-ion elektrolit untuk berdifusi kedalam karbon aktif semakin singkat. Sedangkan laju scan yang rendah, mengakibatkan laju aliran tegangan lambat sehingga waktu yang dibutuhkan ion-ion untuk berdifusi ke dalam karbon aktif semakin lama [26].

Gambar 9 menunjukkan kurva voltammogram karbon aktif kulit kopi yang menunjukkan luas daerah antara arus *charge* ( $I_c$ ) dan arus discharge ( $I_d$ ) yang mengindikasikan besar nilai kapasitansi yang dihasilkan elektroda karbon pada laju scan 3 mV-30 mV/s dengan rentang potensial -0,2V-0,5V yang menghasilkan bentuk kurva histerisis yang hampir simetris dan membentuk karakteristik EDLC. Nilai kapasitansi tertinggi yang diperoleh pada variasi N124 dengan laju scan 3 mV/s yaitu sebesar 18,01 F/g, pada laju scan 5 mV/s nilai kapasitansi karbon aktif kulit kopi sebesar 13,92 F/g, pada laju scan 10 mV/s nilai kapasitansi karbon aktif kulit kopi sebesar 10,37 F/g sedangkan nilai kapasitansi terendah diperoleh pada laju scan 30 mV/s yaitu sebesar 6,23 F/g.

**Tabel 2. Nilai kapasitansi karbon aktif kulit kopi K2/48**

No	Massa (gr)	Laju Scan (mV/s)	Potensial range (V)	Nilai Kapasitansi (F/g)
1	0,001725	3	0,7	18,01
2	0,001725	5	0,7	13,93
3	0,001725	10	0,7	10,38
4	0,001725	30	0,7	6,23



**Gambar 9. Kurva Voltammogram karbon aktif kulit kopi dengan laju scan 3 mV/s (a), 5 mV/s (b), 10 mV/s (c), 30 mV/s (d)**

Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh [27] yang dilakukan elektroda karbon aktif sabut kelapa dengan peroleh nilai kapasitansi 50,73 F/g, nilai kapasitansi yang didapatkan pada penelitian ini cukup rendah. Hal ini dapat disebabkan karena pada proses pembakaran pada suhu 600°C belum mampu meningkatkan luas permukaan pada karbon aktif kulit kopi.

#### IV. KESIMPULAN

Variasi konsentrasi KOH tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap kenaikan dan penurunan nilai proksimat dan nilai serapan iodin.

Nilai kadar volatil dan nilai serapan iodin cenderung menurun seiring bertambahnya waktu aktivasi, tetapi tidak memberikan dampak terhadap kenaikan dan penurunan nilai kadar abu, kadar air dan kadar karbon tetap. Nilai proksimat dan serapan iodin terbaik diperoleh pada sampel K1/48 jam dengan kadar air, kadar abu, kadar volatil dan kadar karbon tetap berturut-turut adalah 3,45%, 1,96%, 17,93% dan 76,66%, nilai serapan iodin adalah 545,67mg/g. Nilai kapasitansi karbon aktif kulit kopi K1/48 adalah 18,01 F/g. Struktur morfologi permukaan karbon aktif kulit kopi menunjukkan permukaan yang kasar dan rongga yang besar. Untuk kajian selanjutnya perlu dilakukan aktivasi karbon aktif dengan memvariasikan suhu yang lebih tinggi pada saat proses aktivasi fisika yaitu 700°C, 800°C, dan 900°C agar pori-pori karbon aktif dapat terbuka dengan sempurna pada saat tahap pengujian selanjutnya.

## REFERENSI

- [1] M. Yulian, D. Marullah, and S. Dana, *BERBASIS POTENSI MASYARAKAT DI KABUPATEN BENER MERIAH*, UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH.
- [2] H. S. Using, P. Kahol, and R. Gupta, "Waste Co ff ee Management : Deriving Nitrogen-Doped Co ff ee-Derived Carbon," 2019.
- [3] E. T. Kembaren and Muchsin, "Pengelolaan Pasca Panen Kopi Arabika Gayo Aceh," *J. Visioner dan Strateg.*, vol. 10, no. 1, pp. 29–36, 2021.
- [4] T. V. V. B. V *et al.*, "Crude oil Crude oil," pp. 1–11, 2018.
- [5] N. Kurniawati and T. Surawan, "Superkapasitor Dari Karbon Aktif Limbah Daun Teh Sebagai Bahan Elektroda," *J. Teknol.*, vol. 8, no. 1, pp. 76–83, 2020.
- [6] E. Taer and Rika, *Elektroda Karbon Nanofiber Berbasis Biomassa Untuk Superkapasitor*, 2022.
- [7] R. F. Nuradi, "Pembuatan Superkapasitor Dari Karbon Aktif kulit Buah KAKAO Sebagai Penyimpan Energi," *Pertan. Organik*, no. 02520002, pp. 1–15, 2022.
- [8] T. Novitra, "Superkapasitor Berbahan Dasar Karbon Aktif Ampas Biji Kopi dengan Aktivator KOH," *J. Chem. Inf. Model.*, pp. 1–82, 2021.
- [9] G. Sania, "Pemanfaatan Karbon Aktif dari Ampas Biji Kopi (Robusta) yang Diaktivasi Menggunakan Variasi Konsentrasi Kalium Hidroksida (KOH) sebagai Bahan Dasar Elektroda Superkapasitor," *Angew. Chemie Int. Ed.*, vol. 6, no. 11, pp. 10–27, 2021.
- [10] A. Nurul Huda, "Pemanfaatan Karbon Aktif dari Sekam Padi Sebagai Elektroda Superkapasitor," *J. Ilmu dan Inov. Fis.*, vol. 6, no. 2, pp. 102–113, 2022.
- [11] A. Setiawan, M. Zakarya, Alchalil, and T. Bin Nur, "Experimental Investigation and Simulation of Slow Pyrolysis Process of Arabica Coffee Agroindustry Residues in a Pilot-Scale Reactor," *J. Ecol. Eng.*, vol. 23, no. 8, pp. 260–269, 20.
- [12] S. Jamilatun, I. D. Isparulita, and E. N. Putri, "Karakteristik arang aktif dari tempurung kelapa dengan pengaktifasian H2SO4 Variasi suhu dan waktu," *Simp. Nas. Teknol. Terap.*, vol. 2, pp. 31–38, 2014.
- [13] F. Wulandari, E. Budi, J. Fisika, and F. Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, "Pengaruh Konsentrasi Larutan NaOH Pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa Untuk Adsorpsi Logam Cu2+," *Spektra J. Fis. dan Apl.*, vol. 16, no. 2, pp. 60–64, 2015.
- [14] F. Aryani, "Aplikasi Metode Aktivasi Fisika dan Aktivasi Kimia pada Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa (Cocos nucifera L)," *Indones. J. Lab.*, vol. 1, no. 2, p. 16, 2019.
- [15] L. Maulinda, N. ZA, and D. N. Sari, "Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif," *J. Teknol. Kim. Unimal*, vol. 4, no. 2, p. 11, 2017.
- [16] I. Wahyuni and R. Fathoni, "Pembuatan Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Variasi Waktu Aktivasi," *J. Chemurg.*, vol. 3, no. 1, p. 11, 2019.
- [17] S. Oko, Mustafa, A. Kurniawan, and E. S. B. Palulun, "Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Aktivator HCl terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Ampas Kopi," *Metana Media Komun. Rekayasa Proses dan Teknol. Tepat Guna*, vol. 17, no. 1, pp. 15–21, 2021.
- [18] K. Sa'diyah and C. E. Lusiani, "Kualitas Karbon Aktif Kulit Pisang Kepok Menggunakan Aktivator Kimia dengan Variasi Konsentrasi dan Waktu Aktivasi," *J. Tek. Kim. dan Lingkung.*, vol. 6, no. 1, pp. 9–19, 2022.
- [19] P. Previanti, H. Sugiani, U. Pratomo, and S. Sukrido, "Daya Serap Dan Karakterisasi Arang Aktif Tulang Sapi Yang Teraktivasi Natrium Karbonat Terhadap Logam Tembaga," *Chim. Nat. Acta*, vol. 3, no. 2, pp. 48–53, 2015.
- [20] Y. Hendrawan, S. M. Sutan, and R. Kreative, "Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi dan Konsentrasi Aktivator terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Ampas Tebu (Bagasse) Menggunakan Activating Agent NaCl," *J. Keteknikan Pertan. Trop. dan Biosist.*, vol. 5, no. 3, pp. 1–10, 2017.
- [21] O. N. Tetra, "Superkapasitor Berbahan Dasar Karbon Aktif Dan Larutan Ionik Sebagai Elektrolit," *J. Zarah*, vol. 6, no. 1, pp. 39–46, 2018.
- [22] F. Tumimomor, A. Maddu, and G. Pari, "Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Bambu Sebagai Elektroda Superkapasitor," *J. Ilm. Sains*, vol. 17, no. 1, p. 73, 2017.
- [23] A. P. Sandi and Astuti, "Pengaruh Waktu Aktivasi menggunakan H3PO4 terhadap Struktur dan Ukuran Pori Karbon Berbasis Aarang Tempurung Kemiri (Aleurites moluccana)," *J. Fis. Unand*, vol. 3, no. 2, pp. 115–120, 2014.
- [24] Y. Purnomo, S. Sy, H. Muchtar, and R. Kumar, "Pembuatan dan Karakterisasi Tinta Serbuk Printer

- Berbahan Baku Arang Aktif dari Limbah Padat Pengolahan Gambir,” *J. Litbang Ind.*, vol. 7, no. 2, p. 71, 2017.
- [25] “2024 Biomass waste-derived porous graphitic carbon for high-performance supercapacitors-3.pdf.”
- [26] O. Gharbi, M. T. T. Tran, B. Tribollet, M. Turmine, and V. Vivier, “Revisiting cyclic voltammetry and electrochemical impedance spectroscopy analysis for capacitance measurements,” *Electrochim. Acta*, vol. 343, 2020.
- [27] F. R. Tumimomor and S. C. Palilingan, “Pemanfaatan karbon aktif dari sabut kelapa sebagai elektroda superkapasitor,” *Fuller. J. Chem.*, vol. 3, no. 1, p. 13, 2018.

