

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Pinang

2.1.1 Klasifikasi Tanaman Pinang

Tanaman pinang (*Areca catechu* L.) merupakan jenis palma dan salah satu komoditas yang banyak dikenal luas oleh masyarakat di Indonesia Pinang (*Areca catechu* L.). Berdasarkan data Statistik Perkebunan Non Unggulan Tahun 2022 [22], luas perkebunan pinang di pulau Sumatera mencapai 113.724 Ha, dan produksi biji kering dapat mencapai 57.301 ton pertahun. Dari luas tersebut, Provinsi Sumatera Selatan memiliki perkebunan pinang seluas 1.030 Ha dengan hasil produksi biji kering mencapai 540 ton pertahun. Produksi utama perkebunan pinang adalah biji pinang, dan sisa kegiatan produksi berupa sabut pinang mencapai 60-80% dari sabut pinang yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Pemanfaatan sabut pinang masih terbatas yaitu dijadikan sebagai bahan baku pembuatan kuas gambar atau kuas alis mata[23].

Pinang termasuk tanaman famili *Aracaceae* yang tingginya mencapai 15-20 m dengan diameter batang 25 cm. Daun pinang mengandung minyak atsiri yang dapat dimanfaatkan sebagai obat radang tenggorokan.

Selanjutnya, pelepah pinang juga dimanfaatkan sebagai pembungkus makanan. Biji buah pinang yang diselubungi oleh sabut merupakan bagian dari tanaman pinang [24]. Berikut ini klasifikasi tumbuhan pinang (*Areca catechu* L.) sebagai berikut :

<i>Kingdom</i>	: <i>Plantae</i>
<i>Superdivisi</i>	: <i>Spermatophyta</i>
<i>Divisi</i>	: <i>Magnoliophyta</i>
<i>Kelas</i>	: <i>Liliopsida</i>
<i>Ordo</i>	: <i>Arecales</i>
<i>Famili</i>	: <i>Areceaceae</i>
<i>Genus</i>	: <i>Areca</i>
<i>Spesies</i>	: <i>Areca catechu</i> L.

2.1.2 Potensi sabut pinang sebagai adsorben

Sabut pinang merupakan bagian dari buah pinang yang memiliki tekstur berserat, volume sabut yang terdapat pada buah pinang utuh sekitar 60%-80% dari keseluruhan buah. Secara kimia sabut buah pinang mengandung beberapa komposisi senyawa kimia yaitu selulosa (63,20%), hemiselulosa (32,98%), lignin (7,20%), dan lemak (0,64%) [15]. Senyawa kimia tersebut merupakan sumber karbon dalam pembuatan karbon aktif. Beberapa peneliti terdahulu yang memanfaatkan sabut pinang sebagai

karbon aktif antara lain pada penelitian Matius melaporkan kapasitas adsorpsi karbon aktif sabut pinang dalam mengadsorpsi logam Ca sebesar 2,1196 mg/g dan logam Mg sebesar 0,7540 mg/g [16], Eliyarti juga melaporkan bahwa sabut pinang memiliki efisiensi penyerapan ion logam kadmium sebesar 79,11% [25], dan pada penelitian Sitanggang dalam mengadsorpsi logam Pb (II) memiliki kapasitas sebesar 6,57 mg/g [17].

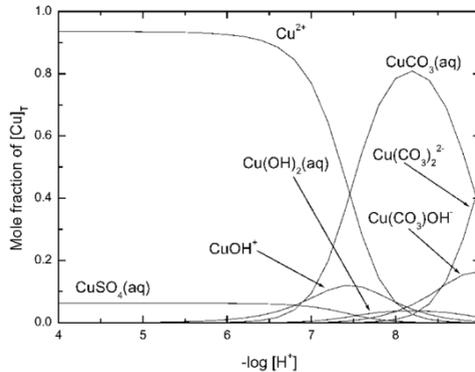
2.2 Logam Tembaga (Cu)

2.2.1 Karakteristik Logam Tembaga (Cu)

Tembaga (Cu) merupakan salah satu logam dari golongan transisi 1B dengan nomor atom 29 dan umumnya logam Cu berwarna kuning kemerahan (*orange*). Logam Cu digolongkan ke dalam logam berat esensial yang artinya meskipun beracun, unsur logam ini sangat dibutuhkan organisme baik di darat maupun perairan dalam jumlah yang sedikit [26]. Keberadaan logam Cu di suatu perairan umumnya berasal dari daerah industri yang berada di sekitar perairan tersebut seperti industri pertambangan, pelapisan listrik, peralatan listrik dan komponen listrik [2].

2.2.2 Toksisitas Logam Tembaga (Cu)

Toksisitas logam Cu baru akan bekerja dan memperlihatkan pengaruhnya bila logam ini telah masuk ke dalam tubuh organisme dalam jumlah yang besar atau melebihi ambang batas yang akan berdampak negatif yaitu menimbulkan keracunan pada manusia. Gejala yang timbul pada keracunan ion logam Cu seperti mual, diare, dan hemolisis darah. Sedangkan keracunan kronis, tembaga akan menumpuk di hati dan menyebabkan hemolisis. Hemolisis terjadi karena tertimbunnya H_2O_2 dalam sel darah merah sehingga terjadi oksidasi dari lapisan sel yang mengakibatkan sel menjadi pecah. Hemolisis dapat menyebabkan anemia dan pertumbuhan terhambat [4]. Daya racun yang dimiliki Cu juga dapat membunuh biota di perairan, jika dalam badan perairan terjadi peningkatan kelarutan Cu yang melebihi nilai ambang batas maka dapat terakumulasi dalam tubuh biota perairan tersebut. Hal ini terjadi akibat konsumsi Cu dalam jumlah yang berlebihan, sehingga tidak mampu di metabolisme oleh tubuh [27]. Berikut diagram spesiasi logam tembaga ditampilkan pada Gambar 2.1 [28].



Gambar 2.1 Diagram Spesiiasi Logam Tembaga

2.3 Adsorpsi

2.3.1 Pengertian Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu proses yang terjadi pada suatu zat padat atau cair (zat penyerap, adsorben) dan akhirnya akan membentuk suatu lapisan (zat yang diserap, adsorbat) pada permukaannya [29]. Berdasarkan penelitian terdahulu, dalam mengadsorpsi logam berat umumnya menggunakan proses adsorpsi. Pada penelitian Nugroho [14] melaporkan bahwa penggunaan metode adsorpsi dari sekam padi sebagai adsorben mampu mengadsorpsi logam Pb sebesar 92,51%. Selain itu Erlina dkk [18] melaporkan adsorpsi ion logam Cu menggunakan kulit salak mampu menyerap dengan kapasitas 83,87%. Serta pada penelitian Verayana dkk [30] melaporkan bahwa tempurung kelapa

dengan menggunakan metode adsorpsi mampu mengadsorpsi logam Pb (II) dengan kapasitas 92,92%.

2.3.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap adsorpsi, yaitu:

a. Konsentrasi

Semakin tinggi nilai konsentrasi adsorbat maka proses adsorpsi juga akan meningkat[31]. Beberapa penelitian yang memanfaatkan karbon aktif sebagai penyerap ion logam Cu antara lain penelitian yang dilakukan Setyawan [32] pemanfaatan karbon aktif kulit kacang tanah mampu mengadsorpsi ion logam Cu pada konsentrasi optimum 90 ppm dengan kapasitas sebesar 17,6857 mg/g. Tasanif [33] melaporkan bahwa konsentrasi optimum dalam mengadsorpsi ion logam Cu pada karbon aktif ampas tebu dicapai pada konsentrasi 8 ppm dengan kapasitas sebesar 0,19 mg/g, dan penelitian Sahara [34] melaporkan bahwa karbon aktif gunitir pada konsentrasi optimum 150 ppm mampu mengadsorpsi ion logam Cu^{2+} dengan kapasitas sebesar 5,5459 mg/g.

b. Luas Permukaan

Semakin luas permukaan adsorben (semakin kecil ukuran adsorben), maka semakin besar adsorpsi yang

terjadi karena zat menempel pada permukaan adsorben semakin besar [35].

c. Waktu Kontak

Waktu kontak dilakukan untuk mengetahui penyerapan yang terjadi secara optimum. Pada waktu tertentu kesetimbangan antara zat penyerap (adsorben) dengan zat penyerap (adsorbat), waktu yang diperlukan untuk mencapai keadaan yang setimbang disebut waktu optimum [36]. Berdasarkan penelitian Tasanif [33] melaporkan bahwa karbon aktif ampas tebu mampu mengadsorpsi ion logam Cu dengan kapasitas sebesar 0,783 mg/g pada waktu kontak optimum 15 menit. Setyawan [32] melakukan penelitian karbon aktif kulit kacang tanah pada waktu kontak optimum 75 menit mampu menyerap ion logam Cu dengan kemampuan kapasitas adsorpsi sebesar 8,5448 mg/g, serta pada penelitian Alverina [37] melaporkan karbon aktif bonggol jagung mengadsorpsi ion logam memiliki kapasitas 0,4631 mg/g pada waktu kontak optimum 75 menit.

d. Pengadukan

Semakin cepat pengadukan maka molekul-molekul adsorbat dan adsorben akan saling bertumbukan sehingga akan mempercepat proses adsorpsi [35].

2.3.3 Jenis-jenis Adsorpsi

Proses adsorpsi pada umumnya dapat dibagi menjadi 2 yaitu:

a. Adsorpsi *Fisika*

Adsorpsi fisik adalah suatu proses absorpsi dimana gaya van der Waals atau gaya tarik lemah dengan molekul menarik bahan terlarut dari larutan adsorbat ke permukaan adsorben sehingga molekul yang teradsorpsi bebas bergerak di sekitar permukaan adsorben dan tidak hanya mengendap di permukaan adsorben.

b. Adsorpsi *Kimia*

Adsorpsi kimia bersifat spesifik dan melibatkan gaya yang jauh lebih besar daripada adsorpsi fisik, dimana ikatan adsorbat terjadi tidak lebih dari satu lapisan. Pada umumnya bahan yang teradsorpsi membentuk lapisan pada permukaan berupa molekul-molekul yang tidak bebas berpindah dari satu permukaan ke permukaan lainnya sehingga menyebabkan terbentuknya lapisan pada permukaan adsorben yang memiliki sifat kimia lain akibat reaksi antara adsorbat dengan adsorben [36].

2.4 Karbon Aktif

2.4.1 Pengertian Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan

yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi, menggunakan gas, uap air dan bahan kimia sehingga pori-porinya terbuka [36]. Karbon aktif memiliki luas permukaan yang besar dan kapasitas adsorpsi yang tinggi setelah diaktifkan dengan zat pengaktif. Karbon aktif yang baik harus memiliki luas permukaan yang besar agar daya adsorpsinya juga besar. Luas permukaan karbon aktif umumnya berkisar antara 300-3000 m²/g dan hal ini berkaitan dengan struktur pori dari karbon aktif tersebut [38][39]. Beberapa penelitian yang memanfaatkan sabut pinang sebagai karbon aktif seperti pada penelitian sitanggang dkk [17] yang melaporkan karbon aktif sabut pinang mampu mengadsorpsi logam Pb (II) dengan kapasitas adsorpsi sebesar 6,57 mg/g. Selain itu menurut Matius [16] karbon aktif sabut pinang dalam mengadsorpsi logam Ca memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 2,1196 mg/g dan logam Mg sebesar 0,7540 mg/g [16].

2.4.2 Proses Pembuatan Karbon Aktif

Secara umum pembuatan karbon aktif berlangsung tiga tahap yaitu:

a. Proses Dehidrasi

Proses Dehidrasi merupakan proses penghilangan kadar air yang terdapat pada bahan baku karbon aktif dengan

tujuan untuk menyempurnakan proses karbonisasi dan dilakukan dengan cara mengeringkan bahan baku di bawah sinar matahari atau memakai oven.

b. Proses Karbonisasi

Karbonisasi adalah proses pembakaran bahan organik dalam bahan baku yang menyebabkan dekomposisi bahan baku organik dan menghilangkan kotoran, sebagian besar unsur non-karbon akan lepas pada tahap ini. Pelepasan elemen volatil ini akan membuat struktur pori-pori mulai terbuka. Proses karbonisasi sudah selesai ketika tidak ada lagi asap yang keluar. Peningkatan suhu diperlukan untuk mempercepat reaksi pembentukan pori. Namun, pemakaian suhu juga harus diperhatikan karena suhu yang terlalu tinggi seperti diatas 1000°C akan terbentuknya abu yang dapat menutupi pori dan memperkecil luas permukaan sehingga kapasitas adsorpsi menurun [38].

c. Proses Aktivasi

Proses aktivasi merupakan perubahan fisik dimana permukaan karbon aktif menjadi lebih banyak karena menghilangkan hidrokarbon yang terkandung dalam karbon. Untuk memperoleh karbon yang berpori dan memiliki luas permukaan yang besar dapat diperoleh dengan cara mengaktivasi material tersebut [36].

2.5 Aktivasi Ekstrak Daun Nanas

Aktivasi menggunakan ekstrak bahan alam merupakan aktivasi yang memanfaatkan senyawa metabolit sekunder untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi. Senyawa metabolit sekunder dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi karena memiliki gugus fungsi seperti hidroksil dan karbonil yang mampu mencegah aglomerasi dengan mereduksi molekul pada permukaan adsorben sehingga akan terdispersi pada permukaan adsorben secara keseluruhan yang akan membuat ukuran partikel menjadi lebih kecil dan semakin besar luas permukaannya [20].

Aglomerasi merupakan proses penggabungan partikel-partikel kecil menjadi struktur yang lebih besar melalui mekanisme pengikatan fisis [40]. Menurut Kadarisman dkk [41] aglomerasi dapat disebabkan oleh kelembaban akibat keberadaan H₂O pada permukaan. Selain itu proses aktivasi bertujuan untuk memperbesar pori-pori dengan cara memutuskan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul permukaan, dan menghilangkan pengotor [39].

Pada penelitian Arianne [42] melaporkan bahwa golongan metabolit sekunder seperti polifenol yang mengandung cincin aromatik dan berikatan dengan gugus hidroksil dapat diklasifikasikan menjadi asam fenolik,

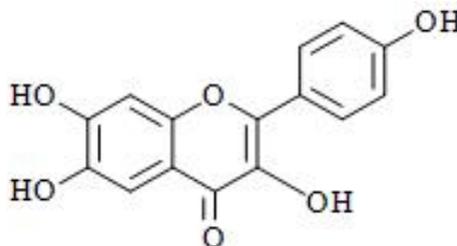
flavonoid, dan senyawa non-flavonoid yang mampu bertindak sebagai pereduksi, penstabil, agen koordinasi dan pengendapan. Prabhu dkk [43] juga melaporkan bahwa metabolit sekunder aktif dalam ekstrak bunga *Clitoria ternatea* mampu mereduksi ion nikel dalam larutan menjadi NiO, dimana ekstrak bunga *Clitoria ternatea* bertindak sebagai agen pereduksi.

Salah satu tanaman yang banyak mengandung metabolit sekunder adalah daun nanas. Berdasarkan uji fitokimia yang telah dilakukan oleh Yulin menggunakan ekstrak etanol 95% daun nanas memberikan hasil positif terhadap senyawa fenol, flavanoid, steroid, alkaloid dan tanin [44]. Selain itu menurut penelitian Eka dkk yang membandingkan kadar flavanoid pada daun nanas dan kulit nanas dengan menggunakan pelarut etanol 96% dengan metode maserasi yang diukur dengan menggunakan spektrofotometri Uv-Vis menunjukkan bahwa daun nanas memiliki kadar flavanoid yang tinggi yaitu sebesar 35,91% b/b dibandingkan dengan kulit nanas yaitu sebesar 16,13% b/b [45]. Hasil dari penelitian tersebut daun nanas memiliki kadar flavanoid yang tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai aktivator terhadap adsorben. Hal ini seiring dengan penelitian Marsela [19] bahwa metabolit sekunder seperti steroid, tanin, saponin, triterpenoid, alkaloid dan flavanoid

dari ekstrak daun kemangi dapat mensintesis nano partikel perak, gugus fungsi seperti hidroksil dan karbonil yang terdapat pada flavanoid dan tanin mampu mengikat logam dengan mendonorkan elektron ke ion Ag^+ untuk menghasilkan Ag^+ partikel nano dan sebagai agen stabilisasi untuk mencegah aglomerasi dalam media berair [20]. Berikut ini beberapa stuktur senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam daun nanas sebagai berikut [46][47].

1. Flavanoid

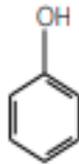
Flavanoid merupakan golongan bahan alami dengan struktur penyusun utama fenolik yang memiliki struktur dasar fenilbenzopiron (tokoferl), dicirikan oleh 15 karbon ($\text{C}_6\text{-C}_3\text{-C}_6$) yang terdiri dari satu cincin teroksigenasi dan dua cincin aromatis. Berikut ini salah satu golongan flavanoid yaitu flavon ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Stuktur Flavon

2. Fenol

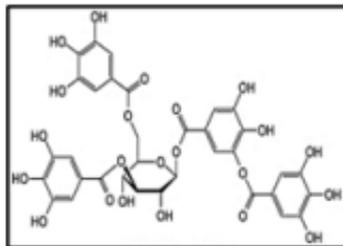
Senyawa fenolik merupakan salah satu senyawa metabolit sekunder yang memiliki struktur senyawa cincin aromatik dengan adanya salah satu gugus hidroksil (OH) yang terikat. Berikut struktur fenol dapat ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Struktur Fenol

3. Tanin

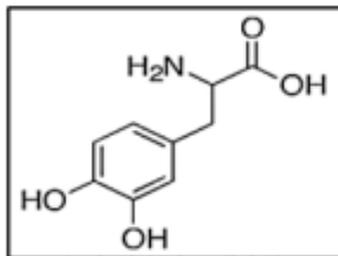
Tanin adalah senyawa organik sangat kompleks, dengan berat molekul lebih dari 400, terdiri dari senyawa fenolik yang sulit dipisahkan dan dikristalkan, protein diendapkan dari larutan. Berikut struktur tanin dapat ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.4 Struktur Tanin

4. Alkaloid

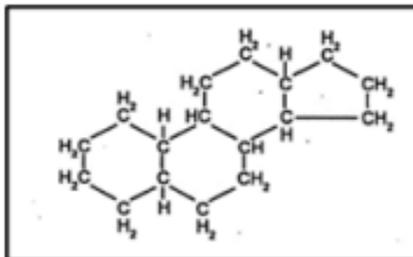
Senyawa golongan alkaloid diklasifikasikan menurut jenis cincin heterosiklik nitrogen yang merupakan bagian dari molekul. Berikut struktur alkaloid dapat ditunjukkan pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Struktur Alkaloid

5. Steroid

Steroid merupakan senyawa yang struktur kimianya mengandung cincin. Cincin atau lingkaran pada sebagian besar steroid bukanlah lingkaran aromatik. Steroid mempunyai substituen pada atom C 10 dan atom C 13. Berikut struktur steroid dapat ditunjukkan pada Gambar 2.6

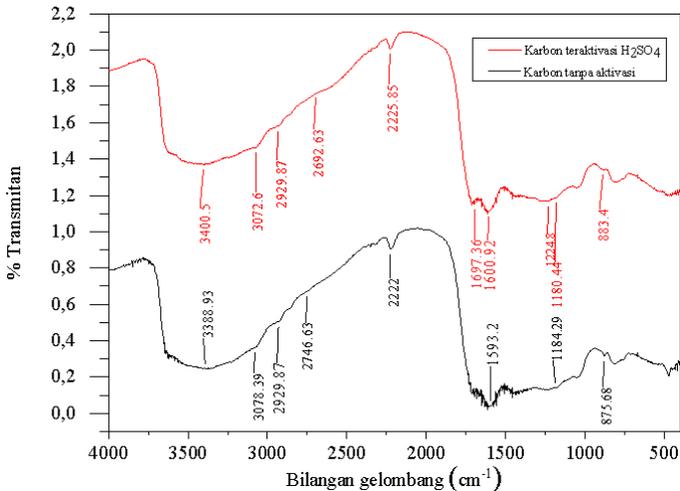


Gambar 2.6 Struktur Steroid

2.6 Karakterisasi Karbon Aktif Sabut Pinang

2.6.1 *Fourier Transformed Infrared (FTIR)*

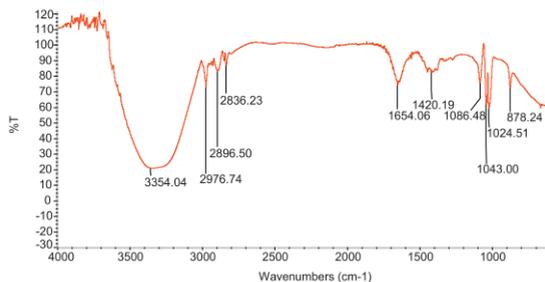
Spektrofotometer FTIR merupakan salah satu instrumen yang memiliki fungsi untuk mengetahui spektrum vibrasi molekul dan untuk memprediksi struktur senyawa kimia. Banyaknya puncak yang menunjukkan adanya gugus fungsi yang ditandai dengan bilangan gelombang adalah penyebab dari spektrum yang kompleks [48]. Berikut ini karakterisasi FTIR pada karbon sabut pinang ditunjukkan Gambar 2.2.



Gambar 2.7 Spektrum FTIR karbon sabut pinang sebelum dan teraktivasi H₂SO₄ (Sumber : Matius Stefanus,2022)

Pada Gambar 2.2 merupakan spektra FTIR karbon aktif sabut pinang pada penelitian dari Matius, dkk [16]

yang melaporkan bahwa sabut pinang setelah dikarbonisasi adanya gugus fungsi O-H terdapat pada bilangan gelombang $3388,93 \text{ cm}^{-1}$, C-O pada bilangan gelombang 1184 cm^{-1} , dan C-H pada bilangan gelombang 875 cm^{-1} . Gugus O-H, C-O dan C-H mengindikasikan bahwa gugus fungsi tersebut berasal dari selulosa, lignin dan hemiselulosa [49]. Sedangkan pada bilangan gelombang 1593 cm^{-1} adanya gugus fungsi C=C, terbentuknya ikatan C=C aromatik pada karbon sabut pinang membuktikan bahwa hasil proses karbonisasi menjadi karbon akan meningkatkan senyawa aromatik yang merupakan penyusun stuktur karbon [50].



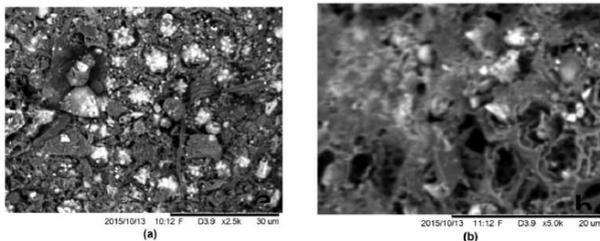
Gambar 2.8 Analisis FTIR Ekstrak Daun Nanas (Elemike,2014)

Pada Gambar 2.3 menunjukkan hasil analisis ekstrak daun nanas terdapat puncak lebar pada bilangan gelombang 3354 cm^{-1} yang menandakan adanya gugus O-

H, dan gugus C-H pada bilangan gelombang 2896 cm^{-1} serta gugus C=O pada bilangan gelombang 1654 cm^{-1} . Gugus C=O yang menandakan adanya kandungan senyawa metabolit flavanoid [51].

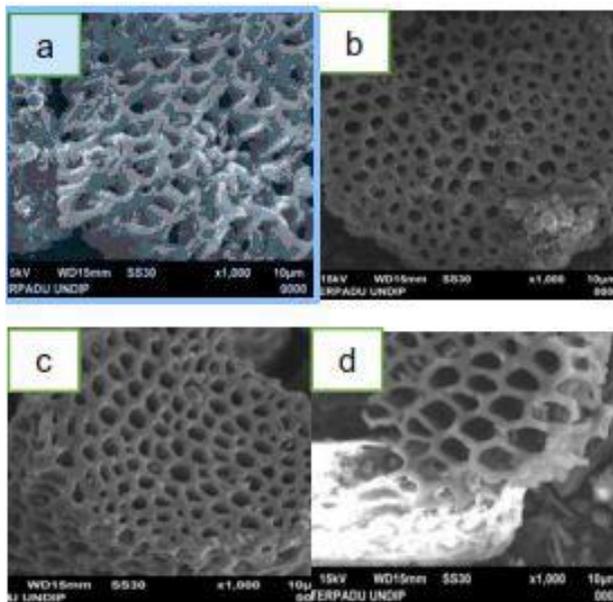
2.6.2 Scanning Electron Mikroskopi (SEM)

Scanning Electron Microscopy (SEM) merupakan salah satu teknik karakterisasi material yang digunakan untuk melihat morfologi permukaan partikel hingga berukuran 1 nm. SEM mampu mengamati batas butir, distribusi, batas fasa, bukti deformasi mekanik dan komposisi kimia pada perbesaran 200.000 kali untuk mengamati ketebalan dari 200 \AA hingga $0,5\text{ }\mu\text{m}$ [52]. Berikut hasil karakterisasi SEM dari karbon sabut pinang yang ditunjukkan pada Gambar 2.3 [53].



Gambar 2.9 (a) karbon sabut pinang dan (b) karbon teraktivasi NaOH (Muslim, 2017)

Berdasarkan Gambar 2.4 saat dilakukan SEM terlihat perbedaan morfologi permukaan dari karbon sabut pinang sebelum dan sesudah diaktivasi. Dari hasil SEM tersebut pada karbon sabut pinang sebelum diaktivasi terlihat adanya zat pengotor yang menutupi permukaan karbon, dibandingkan dengan karbon sabut pinang yang sudah teraktivasi pada permukaan lebih teratur dan gambaran mengenai morfologi permukaan pada partikel karbon lebih spesifik [53].



Gambar 2.10 (a) Uji SEM pada sabut pinang tanpa aktivasi , (b) teraktivasi H_2SO_4 0,5M, (c) 1M, dan (d) 1,5M. (Sumber Sitanggang, 2017)

Pada Gambar 2.5 menunjukkan bahwa pori karbon tanpa aktivasi terlihat masih tertutup oleh pengotor. Sabut pinang teraktivasi H_2SO_4 menunjukkan terdapat perubahan dengan banyaknya pori yang terbuka setelah dilakukan pembesaran $1000\times$ [17]. Ukuran pori pada permukaan karbon aktif sangat berpengaruh dalam proses adsorpsi, dimana semakin banyak pori yang terbuka pada permukaan karbon aktif maka proses adsorpsi akan berjalan dengan baik, dan adsorbat yang terjerap pada adsorben akan semakin banyak[17].

2.7 Atomic Absorption Spektrofotometri (AAS)

2.7.1 Pengertian AAS

Atomic Absorption Spektrofotometri (AAS) merupakan alat yang digunakan dalam metode analitik untuk penentuan unsur logam dan metaloid berdasarkan serapan serapan radiasi oleh atom bebas. *Atomic Absorption Spektrofotometri* (AAS) banyak digunakan dalam berbagai bidang karena selektif, spesifik, biaya analisis yang relatif murah, sensitivitas tinggi, dan waktu analisis sangat cepat serta mudah dikerjakan [54].

2.7.2 Prinsip Kerja AAS

Prinsip dasar AAS mencakup hubungan antara sampel dan radiasi elektromagnetik. AAS terjadi ketika

energi diserap oleh atom yang mengalami transisi elektronik dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi. AAS bekerja dengan cara menguapkan larutan sampel kemudian mengubah logam-logam yang ada di dalamnya menjadi atom-atom bebas, atom menyerap radiasi dari sumber cahaya. Sumber cahaya ini dipancarkan dari lampu katoda yang berisi elemen yang akan diukur. Penyerapan radiasi diukur pada panjang gelombang tertentu tergantung pada jenis logamnya [55]. Salah satu logam berat yang dapat diukur menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom yaitu logam Cu. Berdasarkan penelitian Roza *et all* yang melakukan analisis kandungan logam berat Cu dan Pb pada air sungai menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom [56].