

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sabut Pinang**

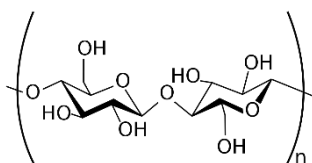
Limbah sabut pinang dihasilkan dari pengolahan buah pinang, buah pinang memiliki biji yang biasanya dimanfaatkan untuk ramuan sirih dan juga banyak digunakan sebagai bahan makanan, bahan baku industri seperti pewarna dan obat-obatan [36]. Sabut pinang memiliki komposisi senyawa kimia antara lain selulosa, hemiselulosa, dan lignin [33]. Resthu, dkk [54] melaporkan serat sabut pinang memiliki nilai kerapatan sebesar 616,82 kg/m<sup>3</sup>, kadar air sebesar 11,62%, daya serap air sebesar 182,87%, pengembangan tebal sebesar 59,65%. Dari beberapa komposisi senyawa kimia tersebut, selulosa memiliki komposisi tertinggi sehingga limbah sabut pinang telah dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan adsorben dalam proses adsorpsi [55].

##### **2.1.1 Karakteristik Sabut Pinang dengan FTIR**

Teknik pengukuran FTIR merupakan salah satu cara baku untuk mengkarakterisasi struktur molekul bahan organik. Dari karakterisasi akan diperoleh spektrum absorpsi yang menggambarkan interaksi antara radiasi medan listrik elektromagnetik (radiasi IR) dengan momen

dipol listrik molekul [56]. Spektrum inframerah untuk elusidasi struktur senyawa organik umumnya antara 4.000-650  $\text{cm}^{-1}$  [57]. Letak puncak serapan dapat dinyatakan dalam satuan frekuensi  $\nu$  ( $\text{detik}^{-1}$  atau hertz), panjang gelombang  $\lambda$  ( $\mu\text{m}$ ), atau bilangan gelombang (wavenumber,  $\text{cm}^{-1}$ ) [57]. FTIR digunakan untuk menentukan gugus fungsi senyawa kimia dengan melihat banyaknya puncak yang dihasilkan pada bilangan gelombang [56].

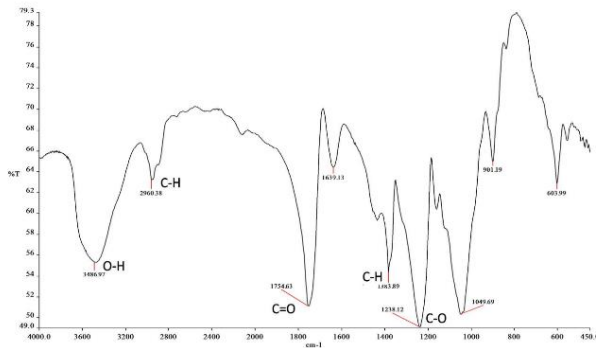
Sabut pinang memiliki kandungan selulosa yang tinggi (63,20 %). Gugus aktif dari selulosa ataupun turunannya dapat berinteraksi secara fisik atau kimia, gugus aktif tersebut antara lain ialah gugus karboksil, hidroksil [58]. Sehingga semakin tinggi kemurnian selulosa yang diperoleh pada adsorben akan semakin baik atau semakin efektif proses adsorpsi menggunakan selulosa tersebut [29].



**Gambar 2.1** Stuktur Selulosa

Nurhayati, dkk [59] melaporkan bahwa gugus fungsi utama pada selulosa murni adalah gugus hidroksil (OH), karena selulosa merupakan rantai panjang dari  $\beta$

glukosa. Menurut Desianna, dkk [28] Gugus fungsi utama selulosa ditunjukkan dengan adanya gugus fungsi O-H, C-H, dan C-O glikosidik pada suatu sampel.



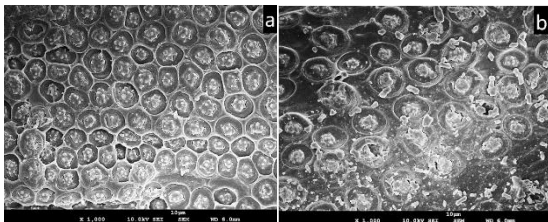
**Gambar 2.2** Spektra FTIR Selulosa Asetat Komersial

Pada **Gambar 2.2** merupakan selulosa asetat komersial yang terdapat beberapa gugus fungsi seperti gugus O-H pada bilangan gelombang 3486,97 cm<sup>-1</sup>, C-H (2960 cm<sup>-1</sup>), gugus karbonil C=O (1755 cm<sup>-1</sup>) dan gugus ester C-O (1235 cm<sup>-1</sup>) dan C-H (1383 cm<sup>-1</sup>) [59].

### 2.1.2 Karakteristik Sabut Pinang dengan SEM

*Scanning Electron Microscopy* (SEM) merupakan sebuah instrumen yang menggunakan berkas elektron pancaran tinggi untuk memindai sebuah objek sehingga menghasilkan citra (image) dari objek itu. Image yang paling sering dihasilkan oleh SEM ada dua jenis, yaitu permukaan sampel dan pemetaan komposisi sampel meliputi tekstur,

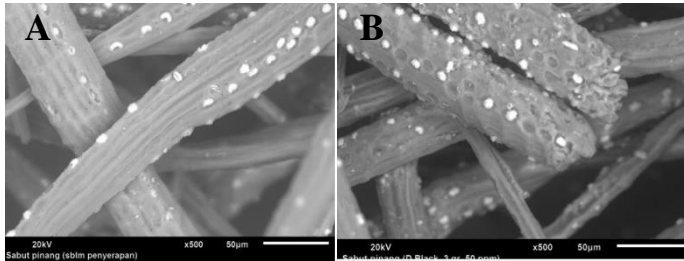
morfologi, bentuk, ukuran dan susunan partikel penyusun material [60]. Tipe-tipe sinyal yang diproduksi oleh SEM dapat berupa *secondary electron* (SE), *back-scattered electron* (BSE), dan sinar X. SEM bekerja dengan cara menembakan elektron yang berasal dari katoda filament kearah sampel. Ketika elektron berinteraksi dengan sampel, elektron kehilangan sejumlah energi sehingga terjadi pemantulan elektron dan emisi elektron. Hasil dari pemantulan dan emisi tersebut kemudian di deteksi dengan detektor tertentu dan diperoleh gambaran berupa morfologi dari suatu sampel [61].



**Gambar 2.3** Gambar SEM (a) Sabut Pinang dicuci dengan Aquades (b) Sabut Pinang teraktivasi NaOH

Pada **Gambar 2.3** merupakan hasil SEM terhadap sabut pinang pada pembesaran (x1000), yang dilakukan oleh Sukla, dkk [23] menunjukkan permukaan sabut pinang terdiri dari pori-pori yang kasar dan tidak rata dengan rongga berbagai dimensi. Setelah di aktivasi dengan NaOH kekasaran permukaan kulit pinang meningkat pesat,

terjadinya pelebaran pori-pori pada permukaan sehingga permukaan lebih terbuka dengan rongga yang lebih besar.



**Gambar 2.4** Gambar SEM (a) Permukaan Sabut Pinang Ukuran 100 mesh Sebelum Penyerapan (B) Setelah Menyerap Zat Warna Direct Black 38

Pada **Gambar 2.4** merupakan hasil SEM terhadap sabut pinang pada pembesaran (x500), yang dilakukan oleh Muhammad, dkk [23] menunjukkan permukaan sabut pinang berbentuk tabung dan terdapat pori-pori yang tidak teratur pada permukaan sabut pinang.

## 2.2 Adsorben Sabut Pinang

Keberadaan selulosa yang tinggi pada sabut pinang membuat sabut pinang banyak dimanfaatkan sebagai adsorben. Beberapa penelitian yang telah dilakukan terhadap sabut pinang sebagai adsorben dapat dilihat pada **Tabel 2.1** berikut:

**Tabel 2.1 Penelitian adsorben dari sabut pinang**

Adsorben	tahun	logam	Aktivasi	Kapasitas (mg/g)	efisiensi	Model isoterm	Model kinetika	referensi
Sabut pinang	2017	Cd	-	1,9558 mg/g	80,13%	Langmuir	-	[35]
Sabut pinang	2017	Cd	-	1,14 mg/g	-	Langmuir	-	[36]
Sabut piang	2021	Pewarna BG	NaOH 0,1M	18,21 mg/g	97%	Langmuir	Pseudo Orde dua	[23]
Sabut pinang	2010	Pb	Reagen Fenton	3,37 mg/g	-	Langmuir	Pseudo Orde dua	[62]
Karbon aktif sabut pinang	2022	Ca & Mg	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1,5 M	2,1196 mg/g dan 0,7540 mg/g	-	-	-	[55]
Karbon aktif sabut pinang	2021	Indigosol Blue 04-B	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> 10%	19,8 mg/g.	98,96%	Freundlich	-	[63]
Karbon aktif sabut pinang	2017	Pb	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	6,57 mg/g	-	BET.	-	[38]
Karbon aktif sabut pinang	2017	Hg	-	11,23 mg/g	-	Freundlich	difusi intra-partikel	[64]
Karbon aktif sabut pinang	2019	Cu	-	66,79 mg/g	-	Langmuir	Pseudo orde dua	[65]
Karbon aktif sabut pinang	2019	Cu	KOH 0,3 M	68,09 mg/g	-	Freundlich	Pseudo orde satu	[37]
Karbon aktif sabut pinang	2016	Flourida (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	-	4,8 mg /g.	75%	Langmuir	-	[66]
Karbon aktif sabut pinang	2019	Fe	-	0,38 mg/g	-	Langmuir dan Dubinin-Radushkevich	Pseudo orde dua	[34]
Karbon aktif sabut pinang	2016	Cd & Pb	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 7,5%		69,58% Dan 97,89%			[67]

### 2.3 Aktivasi Adsorben Sabut Pinang

Aktivasi adsorben merupakan cara untuk mengoptimalkan kapasitas adsorben dalam menjerap zat padat, cair maupun gas. Aktivasi dapat dilakukan secara kimia maupun fisika, aktivasi fisika merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO<sub>2</sub> [68]. Sedangkan aktivasi kimia merupakan pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan penambahan bahan kimia sintetik maupun alami

seperti larutan asam, larutan basa, senyawa organik, agen pengoksidasi dan ekstrak bahan alami [25][68].

Proses aktivasi bertujuan untuk memperbesar pori-pori dengan cara memutus ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul permukaan, menghilangkan pengotor dan mencegah aglomerasi [69]. Pemilihan aktivator tentu akan mempengaruhi kualitas adsorben, pada penelitian ini sabut pinang akan dilakukan aktivasi dengan Ekstrak Daun Nanas dan diaktivasi dengan Natrium Hidroksida (NaOH) yang digunakan sebagai pembanding dalam mengoptimalkan kapasitas dan efisiensi proses adsorpsi [68].

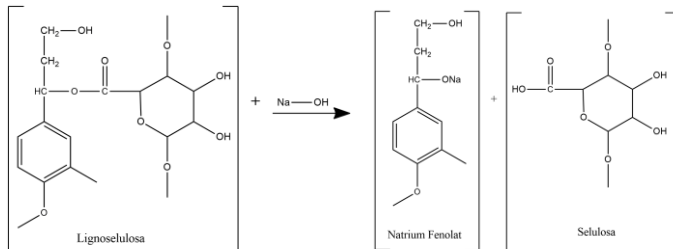
### **2.3.1 NaOH Sebagai Aktivator**

NaOH adalah senyawa ionik berbentuk padatan putih yang tersusun dari kation natrium ( $\text{Na}^+$ ) dan anion Hidroksida ( $\text{OH}^-$ ). NaOH bersifat basa karena reaksinya dalam air akan menghasilkan ion hidroksida dan merupakan bahan kimia yang berbahaya karena sangat korosif terhadap jaringan organik. Namun NaOH pada penelitian sering digunakan sebagai aktivator pada biosorben alami maupun karbon aktif karena dianggap mampu meningkatkan kapasitas adsorpsi dari adsorben [70][71].

Berdasarkan beberapa penelitian penggunaan aktivasi basa NaOH diharapkan mampu membuka situs aktif pada adsorben dan memecah ikatan antara selulosa dan

lignin. Proses ini disebut delignifikasi, delignifikasi adalah proses penghilangan lignin dari bahan yang mengandung lignoselulosa [58]. Menurut penelitian Gani, dkk [72] dan Becti, dkk [73] menjelaskan bahwa keberadaan lignin pada adsorben dapat mengganggu dan menurunkan proses adsorpsi. Hal itu disebabkan karena lignin dapat mengikat senyawa selulosa. Lignin yang mengikat selulosa membentuk lignoselulosa dapat menghalangi proses transfer ion logam yang mengikat sisi aktif dari adsorben.

Mekanisme aktivasi menggunakan NaOH dalam memecah ikatan lignoselulosa dapat dilihat pada **Gambar 2.5**



Sumber : Alfarisi, dkk [74]

### **Gambar 2.5** Reaksi Pemutusan Ikatan Lignoselulosa

Dari **Gambar 2.5** tersebut mendiskripsikan bahwa NaOH dapat merusak lignoselulosa dengan memecahkan ikatan ester antara selulosa dan lignin. Adanya Ion -OH dari aktivasi NaOH dapat memutus ikatan struktur dasar lignin



dan mampu mendegradasi lignin sehingga meningkatkan kadar selulosa [72][73]. sedangkan ion  $\text{Na}^+$  menurut penelitian Nyahu, dkk [24] dan Shofia, dkk [70] akan berikatan dengan lignin membentuk natrium fenolat yang bersifat mudah larut. Proses delignifikasi juga mampu mengurangi kandungan hemiselulosa karena hemiselulosa mudah larut dalam keadaan basa [58].

### **2.3.2 Ekstrak Daun Nanas Sebagai Aktivator**

Aktivasi menggunakan ekstrak bahan alam merupakan aktivasi yang memanfaatkan senyawa metabolit sekunder untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi. selain itu ekstrak bahan alam mudah diperoleh dan tidak bersifat toksik bagi manusia maupun lingkungan [41]. Senyawa matabolit sekunder dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi karena memiliki gugus fungsi seperti karbonil, hidroksil yang mampu mencegah aglomerasi dengan cara mereduksi molekul pada permukaan adsorben sehingga molekul permukaan akan terdispersi secara keseluruhan yang membuat ukuran partikel menjadi lebih kecil dan luas permukaan semakin besar [43]. Aglomerasi merupakan proses bergabungnya partikel-partikel kecil menjadi struktur yang lebih besar melalui mekanisme pengikatan fisis [75]. Menurut kadarisman, dkk [76] aglomerasi dapat disebabkan oleh kelembaban akibat keberadaan  $\text{H}_2\text{O}$  pada permukaan.

Prabhu, dkk [77] 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 penutup dan pereduksi. Selain itu penelitian Arianne, dkk [78] 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 agen koordinasi, pereduksi, penstabil, dan pengendapan [78].

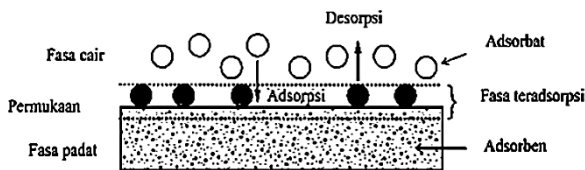
Salah satu tanaman yang banyak mengandung metabolit sekunder ialah daun nanas. Pada ekstrak kasar daun, batang dan buah nanas diketahui memiliki kandungan senyawa metabolit sekunder seperti terpenoid, flavonoid, asam amino, protein, glikosida, pitosterol, karbohidrat, alkaloid dan saponin [79]. Sedangkan pada daun nanas berdasarkan uji fitokimia yang dilakukan oleh Yulin [53] menggunakan ekstrak etanol 95% daun nanas memberikan hasil positif terhadap senyawa alkaloid, fenol, flavonoid, tanin dan steroid. Kemudian Menurut penelitian Eka, dkk [52] yang membandingkan kadar Flavonoid pada daun dan kulit nanas dengan menggunakan pelarut etanol 96% dengan metode maserasi yang diukur menggunakan Uv-Vis

menunjukkan bahwa daun nanas memiliki kadar flavonoid yang tinggi yaitu 35,91 % b/b dibandingkan dengan kulit nanas yaitu 16,13% b/b. Berdasarkan penelitian tersebut daun nanas memiliki metabolit sekunder dengan kadar flavonoid yang tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai aktivator terhadap adsorben. Hal ini sesuai sejalan dengan penelitian marsela, dkk [80] bahwa senyawa seperti alkaloid, saponin, flavonoid, triterpenoid, steroid dan tanin dari ekstrak daun kemangi mampu mensintesis nano partikel perak. gugus fungsi yang dimiliki flavonoid dan tanin seperti gugus hidroksil dan karbonil mampu mengikat logam yang bekerja dengan cara mendonorkan elektron ke ion  $Ag^+$  untuk menghasilkan  $Ag^+$  partikel nano dan sebagai agen stabilisasi untuk mencegah aglomerasi dalam media berair.

## **2.4 Adsorpsi**

Adsorpsi merupakan perpindahan suatu massa seperti zat padat, cair, dan gas di mana padatan (adsorbat) bermigrasi dari air ke permukaan padat (disebut adsorben) dan kemudian terikat karena adsorpsi kimia atau fisik di atas permukaan adsorben [81]. Menurut Kusumaningrum, dkk [82] Proses Adsorpsi dapat terjadi oleh adanya interaksi antara permukaan adsorben yang menimbulkan gaya tarik-menarik antar molekul atau atom sehingga adsorbat dapat tertarik ke permukaan. Menurut Amelia, dkk [83] Metode

adsorpsi bergantung pada kemampuan permukaan adsorben untuk menarik molekul-molekul cair, padat atau gas. Prinsip adsorpsi didasarkan pada interaksi ion logam dengan gugus fungsional yang ada pada permukaan adsorben, melalui interaksi pembentukan kompleks dan biasanya terjadi pada permukaan padatan yang kaya akan gugus fungsional seperti -OH, -NH, -SH dan -COOH [84][65]. Secara umum diyakini bahwa interaksi kimia atau fisik antara adsorbat dan gugus fungsi adsorben berkontribusi secara signifikan terhadap adsorpsi [65].



**Gambar 2.6** Proses dalam Adsorpsi

Adapun Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi [85][86][87] :

1. Proses pengadukan

Kecepatan dalam mengadsorpsi akan membuat adsorben dapat menembus lapisan antar permukaan adsorben karena molekul-molekul adsorbat dan adsorben akan saling bertumbukan. apabila proses pengadukan relatif kecil maka adsorbant sukar menembus lapisan antar permukaan adsorben.

## 2. Karakteristik adsorbat

- a. Kemurnian adsorben, Kemurnian adsorben dapat ditingkatkan melalui proses aktivasi.
- b. Luas permukaan, Makin besar luas permukaan adsorben makin besar pula adsorpsi yang dilakukan.
- c. Temperatur, jumlah adsorbat akan bertambah dengan berkurangnya temperatur.
- d. Tekanan, Jika tekanan diperbesar molekul-molekul adsorbat akan lebih cepat teradsorpsi, akibatnya jumlah adsorbat yang terserap bertambah banyak.

## 3. Waktu Kontak

Peningkatan adsorpsi oleh suatu adsorben dipengaruhi lamanya waktu kontak semakin lama waktu kontak akan membuat jumlah adsorbat yang teradsorpsi pada permukaan adsorben meningkat hingga tercapai titik kesetimbangan.

## 4. Konsentrasi adsorbat

Kenaikan konsentrasi akan mempengaruhi peningkatan adsorpsi sedangkan adanya sisa konsentrasi adsorbat dari proses adsorpsi menyebabkan terjadinya kesetimbangan.

## 2.5 Logam Fe

Besi atau ferrum (Fe) merupakan salah satu logam berat yang digolongkan toksisitas rendah yang paling banyak

diperoleh dari kerak bumi. Pada tabel periodik besi mempunyai simbol Fe dan nomor atom 26 [18]. Besi (Fe) diperoleh dalam bentuk tidak murni sehingga harus melalui reaksi reduksi agar mendapatkan besi (Fe) murni. Logam besi (Fe) pada umumnya yang terdapat dalam air bersifat terlarut sebagai  $\text{Fe}^{2+}$  atau  $\text{Fe}^{3+}$ , kemudian dalam bentuk ikatan dapat berupa  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  atau  $\text{FeSO}_4$ , magnetit ( $\text{Fe}_2\text{O}_4$ ), ( $\text{FeS}_2$ ), ( $\text{FeCO}_3$ ), dan limonit ( $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) tergantung dari unsur lain yang mengikatnya [88].



**Gambar 2.7** Logam Besi

Besi (Fe) mempunyai sifat fisik dan kimia sebagai berikut:

Lambang	: Fe
No. Atom	: 26
Golongan, periode	: 8,4
Penampilan	: Metalik mengkilap keabu-abuan
Massa atom	: 55,854 (2) g/mol

Konfigurasi elektron	: [Ar] 3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup>
Fase	: Padat
Massa jenis	: 7,86 g/cm <sup>3</sup>
Titik lebur	: 1811°K (1538°C, 2800°F)
Titik didih	: 3134°K (2861°C, 5182°F)
Kapasitas kalor	: (25°C) 25,10 J/(mol k)

Logam besi (Fe) masuk kedalam logam esensial yang diperlukan oleh tubuh dalam pembentukan hemoglobin, namun keberadaan logam besi yang melebihi ambang batas dilingkungan bersifat toksik terhadap tumbuhan, hewan dan manusia [89]. kelebihan zat besi dapat menimbulkan dampak negatif seperti gangguan teknis yang menyebabkan korosi pada pipa hingga menimbulkan noda, gangguan fisik menyebabkan air mengalami perubahan warna, rasa dan bau, Jika konsentrasi besi terlarut >1,0 mg/L akan menyebabkan air terasa tidak enak, gangguan kesehatan diantaranya bisa menyebabkan keracunan, dan memberikan efek gastrointestinal seperti perdarahan saluran cerna hingga kematian [16]. Keberadaan logam besi dapat diukur menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) merupakan suatu alat yang digunakan pada metode analisis kuantitatif untuk penentuan unsur-unsur logam dan metaloid yang berdasarkan pada penyerapan absorpsi radiasi oleh atom

bebas, memiliki sensitifitas tinggi, mudah, murah, sederhana, dan cepat [90]. Rentang panjang gelombang yang digunakan adalah 200-300 nm. Cara analisis ini memberikan kadar total dari unsur logam dalam suatu sampel yang tidak bergantung pada bentuk molekul dari logam dalam sampel tersebut [91]. Agung, dkk [92] melakukan analisis kandungan logam berat Cd, Fe dan Pb pada air sungai menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom. Validasi metode pada analisis menunjukkan nilai koefisien korelasi, limit deteksi, limit kuantifikasi, serta akurasi yang baik dan dapat diterima. Nazula [93] melakukan uji presisi kadar Fe pada ASI dengan metode Spektrofotometri Serapan atom. Presisi dilakukan dengan pengukuran 3 kelompok uji yang dilakukan sepuluh kali pengulangan. Hasil penelitian menunjukkan validasi metode penentuan kadar Fe dengan menggunakan SSA memenuhi syarat nilai yang diterima.