

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan material karbon berbentuk amorf yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas. Karbon aktif juga merupakan suatu padatan berpori yang dihasilkan dari bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi (Gonzalez-Gracia. 2018). Pada karbon aktif terdapat pori-pori (zone) yang berukuran nano hingga mikrometer yang membuat Karbon aktif dapat digunakan sebagai pemurnian air dari limbah (Noer dkk. 2015).

Karbon aktif dapat disintesis dari material tambang seperti batubara antrasit ataupun bituminous, akan tetapi belakangan ini banyak penelitian yang menggunakan bahan baku limbah biomassa (Gonzalez-Gracia. 2018). Bahan bakulimbah biomassa yaitu tumbuh-tumbuhan atau binatang seperti sekam padi, tulang binatang, tempurung kelapa dan kulit biji kopi (Pambayun, dkk. 2013).

Luas permukaan dimensi dan distribusi ukuran pori pada karbon aktif bergantung pada kondisi dari proses karbonisasi dan aktivasi. Ukuran pori telah diklasifikasi menjadi tiga, oleh Internasional Union Of Pure Chemistry (IUPAC). yaitu mikropori(<2 nm), mesopori(2-5 nm), dan makropori(>50 nm). Klasifikasi ukuran pori pada karbon aktif ditunjukkan pada tabel 2.1

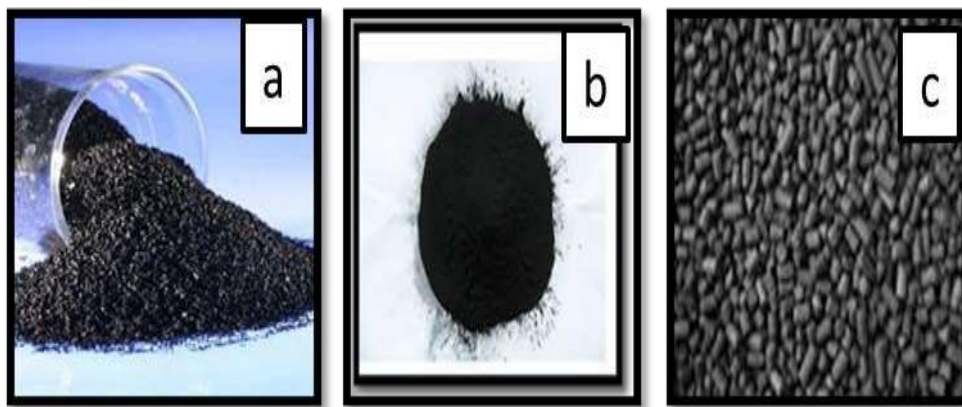
Tabel 2. 1 ukuran pori karbon aktif (Ruthevan, 1984)

| Klasifikasi                                                       | Mikropori(nm) | Mesopori(nm) | Makropori(nm) |
|-------------------------------------------------------------------|---------------|--------------|---------------|
| Diameter (A)                                                      | <20           | 20-50        | >50           |
| Volume pori cm <sup>3</sup> /g                                    | 0,15-0,5      | 0,002-0,1    | 0,2-0,5       |
| Luas permukaan<br>cm <sup>3</sup> /g                              | 100-1000      | 10-1000      | 0,5-2         |
| (Densitas partikel 0,6-0,9 g/cm <sup>3</sup> ; Porositas 0,4-0,6) |               |              |               |

### 2.1.1 Klasifikasi Karbon Aktif

Klasifikasi Karbon aktif terdiri atas 2 jenis yaitu berdasarkan bentuk dan fungsinya, berikut dibawah ini karbon aktif berdasarkan bentuknya :

1. Karbon aktif bentuk granular: berbentuk tidak beraturan dengan ukuran antara 0,2 sampai 5 mm. Jenis karbon aktif ini digunakan pada kedua aplikasi yaitu fasa cair dan gas.
2. Karbon aktif berbentuk serbuk: karbon aktif yang telah dihancurkan sehingga memiliki ukuran lebih kecil dari 0,18 mm. Karbon aktif jenis ini biasanya digunakan pada aplikasi fasa cair dan penyaringan pada gas buang.
3. Karbon aktif bentuk silinder: dibuat melalui proses ekstrud dan berbentuk silinder dengan ukuran 0,8 sampai 5 mm. Karbon aktif berbentuk pellet biasanya digunakan untuk aplikasi pada fasa gas.



Gambar 2 1 Bentuk karbon aktif (a). Granular (b). Serbuk (c). Pellet  
(Ibrahim 2014)

Ada pun klasifikasi karbon aktif berdasarkan fungsinya terdiri atas 2 jenis yaitu:

1. Karbon aktif penyerap gas (gas adsorbent carbon) jenis karbon ini digunakan untuk menyerap kotoran berupa gas. Pori-pori yang terdapat pada karbon jenis ini adalah mikropori yang menyebabkan molekul gas akan mampu melewatinya.
2. Karbon fasa cair karbon jenis ini digunakan untuk menyerap kotoran atau zat yang tidak diinginkan dari cairan atau larutan. Jenis pori-pori dari karbon ini adalah makropori yang memungkinkan molekul besar untuk masuk ke karbon.

### 2.1.2 Tahapan Pembuatan Karbon Aktif

Secara umum proses pembuatan karbon aktif melalui tiga tahap yaitu Dehidrasi, Karbonisasi, Aktivasi. Proses ini bertujuan untuk menciptakan pori-pori pada karbon dengan luas permukaan yang besar dalam penyerapan suatu zat.

1. Dehidrasi adalah penghilangan kadar air dari karbon yang dapat dilakukan dengan cara penjemuran alami atau menggunakan oven.
2. Karbonisasi adalah proses pemanasan pada suhu tertentu dari bahan-bahan organik dengan jumlah oksigen yang terbatas, biasanya dilakukan menggunakan oven ataupun furnace. Tujuan dari proses karbonisasi adalah untuk menghasilkan butiran yang memiliki daya serap dan struktur yang rapi.
3. Aktivasi adalah proses penyempurnaan dari proses karbonisasi yang bertujuan untuk meningkatkan luas permukaan dan daya adsorpsi karbon aktif dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga karbon mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia. Aktivasi fisika adalah proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan nitrogen, sedangkan aktivasi kimia adalah proses pemutusan rantai karbon aktif dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia (Gonzalez-Gracia. 2018).

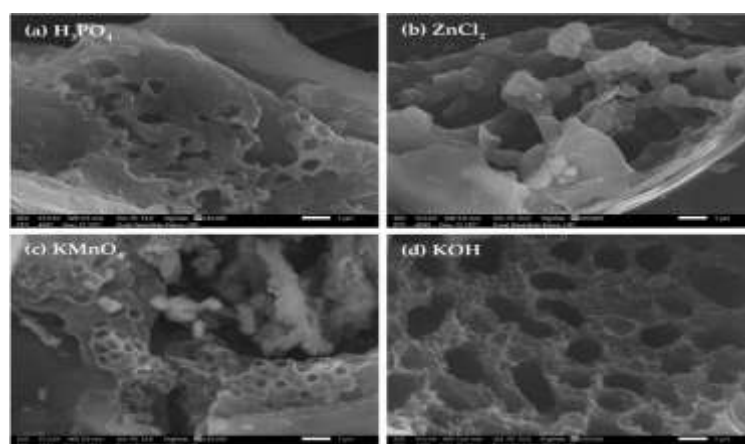
## 2.2 Ampas sagu

Sagu (*Metroxylon Sp*) merupakan tanaman asli Indonesia dengan luas area sekitar 1,128 juta Ha atau 51% dari luas area di dunia, dalam pengolahannya sagu dimanfaatkan sebagai makanan sehingga menghasilkan ampas sagu 75%-83% (Afrianda, dkk. 2017). Ampas sagu merupakan limbah sisa dari perasan pati sagu. Limbah pertanian tersebut sampai saat ini belum dikembangkan secara maksimal karena hanya digunakan sebagai pakan ternak (Kayadoe, dkk. 2020). Padahal setelah melalui pengembangan ampas sagu berpotensi dimanfaatkan menjadi adsorben karena kaya akan kandungan selulosa 36,2%, hemilulosa 15,18%, dan lignin 12,34% (Sangadji, dkk. 2008; Lai, dkk. 2013; Allo, 2019).

### 2.2.1 Perkembangan penelitian karbon aktif

Karbon aktif dari ampas sagu telah dikembangkan sejak tahun 2019 oleh Laboratorium Biomaterial Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Cenderawasih. Pengembangan tersebut terus dimaksimalkan dengan penambahan asam dan basa(aktivator) dalam proses aktivasi sampai ke modifikasi permukaan. Karbon ampas sagu yang diaktivorkan dengan  $\text{ZnCl}_2$ , diketahui dapat membuat karbon aktif yang memiliki struktur amorf, dengan ukuran pori  $2\mu\text{m}$  (Allo dkk, 2019). Adapun karbon aktif yang diaktivasi menggunakan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  dan  $\text{KOH}$ , berdasarkan gugus fungsinya, cukup signifikan secara efektif dalam mengadsorpsi logam berat timbal(Pb) dan kadmium (Cd) (Erari, 2020).

Kemudian penelitian karbon aktif ampas sagu dilanjutkan dengan penambahan aktivator asam dan basa seperti  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{KMnO}_4$  dalam kadar konsentrasi 20-30% (Togibasa dkk, 2021). Penelitian tersebut menghasilkan karbon aktif yang di buat dengan perlakuan asam memperoleh volume mesopori yang lebih tinggi dibandingkan dengan karbon aktif yang diaktifkan dengan asam. Namun, karbon aktif yang diaktifkan dengan aktivator asam memiliki total volume pori dan nitrogen yang teradsorpsi, menghasilkan pengembangan pori yang lebih besar. Berikut ditampilkan gambar sifat pori karbon aktif ampas sagu yang dibuat dengan menggunakan bahan pengaktif kimia (gambar 2.2).



Gambar 2.2 Pemindaian mikroskop elektron (10.000x) karbon aktif dari limbah ampas sagu disiapkan menggunakan (a)  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , (b)  $\text{ZnCl}_2$ , (c)  $\text{KMnO}_4$ , dan  $\text{KOH}$ . (panjang batang =  $1\mu\text{m}$ ) (Togibasa, dkk. 2021)

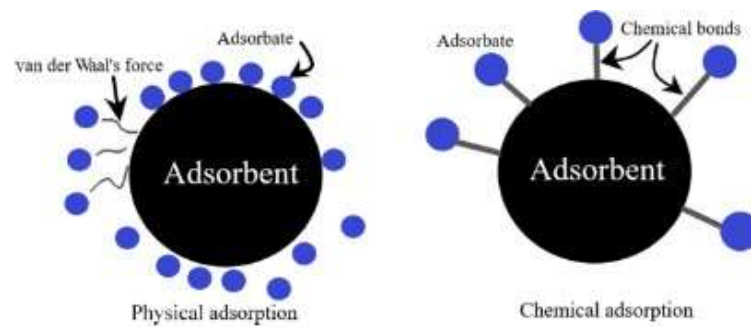
Penelitian juga dikembangkan oleh (Togibasa, dkk. 2023) menggunakan karbon aktif ampas sagu yang nonmodifikasi dengan memodifikasi permukaan menggunakan  $H_2SO_4$ ,  $HN0_3$  dan  $H_2O_2$ . Penelitian Togibasa dkk. (2023) menghasilkan karbon aktif yang dimodifikasi  $H_2SO_4$  memiliki luas permukaan cukup meningkat dengan struktur pori berukuran mesopori yang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben zat pewarna. (Tabel.2.2)

Tabel 2. 2 Perbandingan Karbon Aktif nonmodifikasi dan termodifikasi (Togibasa, dkk. 2023)

| Oxide chemical agents | $V_{Mic}$ ( $cm^3g^{-1}$ ) | $V_{Mes}$ ( $cm^3g^{-1}$ ) | $V_{Total}$ ( $cm^3g^{-1}$ ) | $V_{mes}/V_{mic}$ (%) | Surface area ( $m^2g^{-1}$ ) | Average pore diameter (nm) |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|----------------------------|
| Unmodified            | 0.225                      | 0.076                      | 0.301                        | 33.78                 | 546.6                        | 3.32                       |
| $H_2O_2$              | 0.294                      | 0.101                      | 0.395                        | 34.35                 | 605.2                        | 2.65                       |
| $HN0_3$               | 0.353                      | 0.146                      | 0.499                        | 41.36                 | 730.8                        | 2.77                       |
| $H_2SO_4$             | 0.405                      | 0.180                      | 0.585                        | 44.44                 | 853.6                        | 2.78                       |

### 2.3 Adsorpsi

Adsorpsi secara umum merupakan peristiwa pemisahan bahan dari campuran gas atau cairan, bahan yang harus dipisahkan ditarik oleh permukaan adsorben padat dan diikat oleh gaya-gaya yang bekerja pada permukaan tersebut (Anggriawan, dkk. 2019). Adsorpsi terjadi karena adanya dua komponen penting yaitu adsorbat dan adsorben. Adsorbat adalah zat yang di serap sedangkan adsorben adalah zat yang menyerap atau bertindak sebagai media penyerapan, fenomena adsorpsi di pengaruhi karna adanya gaya tarik menarik antar molekul pada permukaan zat padat. Proses adsorpsi ini akan berlangsung dalam jangka tertentu seketika sistem mengalami kesetimbangan yaitu titik dimana terakumulasi konsentrasi jumlah zat diadsorben dan dikonsentrasi larutan (Kaavessina, 2005). Adsorben yang digunakan antara lain karbon aktif, silika gel, dan zeolit.



Gambar 2 3 Ilustrasi proses adsorpsi fisika dan kimia  
(Moosavi, dkk. 2020)

Secara jenis adsorpsi dibedakan menjadi 2 yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Perbedaan kedua jenis adsorpsi berdasarkan interaksi molekul antara permukaan adsorben dan adsorbat.

### 2.3.1 Adsorpsi fisika

Jenis adsorpsi fisika banyak dimanfaatkan dalam proses adsorpsi awal tanpa adanya bantuan proses kimia, melainkan paparan lapisan gas. Jika dalam kondisi kesetimbangan keadaan suhu dinaikan ataupun diturunkan. Sebagian adsorbat akan terlepas dan membentuk kesetimbangan yang baru. Secara konsep adsorpsi fisika hanya diberi bantuan gas dan tekanan tertentu maka yang terjadi adalah akan terbentuk lapisan multilayer pada adsorben. Ikatan adsorpsi fisika yang terbentuk dapat diputuskan dengan mudah melalui pemanasan pada suhu tinggi (Kralik, 2014).

### 2.3.2 Adsorpsi kimia

Adsorpsi yang terjadi karena adanya bantuan reaksi kimia. Pada adsorpsi kimia hanya terdapat satu lapisan monolayer pada permukaan adsorben. Proses yang terjadi yaitu terbentuk ikatan kimia yang kuat antara molekul gas atau cairan (adsorbat) dengan permukaan adsorben (Kralik, 2014). Akibat adsorpsi kimia yang besar reaksi kimia mengarah ke produk sehingga tidak terjadi reaksi reversibel. Hal ini artinya molekul yang dilepas pada adsorben sangat kecil sehingga reaksi tidak mengalami kesetimbangan. Selain itu, peristiwa adsorpsi membutuhkan energi tinggi untuk memutuskan ikatan kuat antara ikatan adsorben dan adsorbat.

### 2.3.2 Faktor-Faktor yang mempengaruhi Proses adsorpsi

Menurut Syauqih (2011) Secara umum, faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah sebagai berikut:

1. Luas permukaan

Semakin luas permukaan adsorben, maka makin banyak zat yang teradsorpsi.

2. Jenis adsorbat

Peningkatan polarisabilitas adsorbat akan meningkatkan kemampuan adsorpsi molekul yang mempunyai polarisabilitas yang tinggi (polar) memiliki kemampuan tarik menarik terhadap molekul lain dibandingkan molekul (non polar); Peningkatan berat molekul adsorbat dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi. Adsorbat dengan rantai yang bercabang biasanya lebih mudah diadsorpsi dibandingkan rantai yang lurus.

3. Struktur molekul adsorbat

Struktur molekul adsorbat memiliki peran yang penting pada saat molekul masuk ke dalam pori-pori adsorben yang cukup besar memungkinkan molekul dapat teradsorpsi dengan kuat.

4. Konsentrasi Adsorbat

Semakin besar konsentrasi adsorbat dalam larutan maka semakin banyak jumlah substansi yang terkumpul pada permukaan adsorben.

5. Temperatur

Pemanasan atau pengaktifan adsorben akan meningkatkan daya serap adsorben terhadap adsorbat menyebabkan pori-pori adsorben lebih terbuka.

6. PH

PH larutan mempengaruhi kelarutan ion logam, aktivitas gugus fungsi pada biosorben dan kompetisi ion logam dalam proses adsorpsi.

7. Kecepatan pengadukan

Menentukan kecepatan waktu kontak adsorben dan adsorbat. Bila pengadukan terlalu lambat maka proses adsorpsi berlangsung lambat pula, tetapi bila pengadukan terlalu cepat kemungkinan struktur adsorben cepat rusak, sehingga proses adsorpsi kurang optimal.

#### 8. Waktu Kontak

Penentuan waktu kontak yang menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum terjadi pada waktu kesetimbangan.

#### 9. Waktu kesetimbangan

- a. Tipe biomasa (jumlah dan jenis ruang pengikatan),
- b. Ukuran dan fisiologi biomasa (aktif atau tidak aktif),
- c. Ion yang terlibat dalam sistem biosorpsi
- d. Konsentrasi ion logam.

#### 10. Porositas

Porositas adsorben juga mempengaruhi daya adsorpsi dari suatu adsorben. Adsorben dengan porositas yang besar mempunyai kemampuan menyerap yang lebih tinggi dibandingkan dengan adsorben yang memiliki porositas kecil.

### 2.4 Zat warna

Zat warna adalah salah satu bahan yang digunakan pada proses industri baik tekstil, kertas, kosmetik dan plastik (Irawati, dkk. 2018). Pada pewarnaan berdasarkan jenis dibedakan menjadi 2 yaitu alami dan sintetis, namun industri tekstil banyak menggunakan pewarna sintetis karena berkesan murah, tahan lama, mudah di peroleh dan mudah dalam penggunaannya (Naimah, dkk. 2014). Sedangkan berdasarkan struktur kimianya zat warna digolongkan antara lain: zat warna azo, zat warna quinolin, zat warna xanten, dan zat warna trifenilmetana (Sanjaya, dkk. 2018). Penggunaan pewarna ini menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan karena limbah yang dihasilkan sulit terdegradasi. Oleh karena itu, efek bahaya dari pada zat pewarna ini dapat menyebabkan cacat ada janin atau teratogenik, karsinogenik (penyebab kanker), dan mutagenik (mutasi gen) (Hardeli, dkk. 2014). Salah satu pewarna yang dimaksudkan ialah kristal violet. Kristal violet atau gentian violet, juga dikenal sebagai metil violet adalah zat warna sintetis yang berdasarkan struktur kimianya tergolong kedalam trifenilmetana Dengan rumus molekul  $C_{25}H_{30}NC$  dan berat molekul 407,98 (Mittal, dkk, 2010). Zat pewarna ini masih sering digunakan di industri tekstil sebagai pewarna dan metode gram untuk bakteristatistik dalam pembuatan wol, sutra dan kapas (Hardeli, 2014). Zat kristal violet mempunyai sifat anti

bakteri, anti jamur dan pembentukannya sebagai antiseptik. Karena sifatnya tersebut kristal violet merupakan zat yang sangat sulit untuk terurai oleh mikroorganisme di lingkungan yang berpotensi mencemarkan lingkungan (Mittal, dkk, 2010).

## 2.5 Spektrofotometri Uv-Vis



Gambar 2 4 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometri UV-Vis merupakan metode analisis yang memakai Sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet dekat (190-380 nm) dan sinar tampak (380-780 nm) untuk mengukur konsentrasi suatu zat (Mulja dan Suharman, 1995). Metode ini melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisa, sehingga spektrofotometer UV-Vis lebih banyak dipakai untuk analisa kuantitatif dibandingkan kualitatif.

Proses adsorbansi cahaya pada spektrofotometri Ketika cahaya dengan panjang gelombang mengenai suatu zat, maka cahaya dengan panjang gelombang tertentu saja yang akan di serap. Kemudian elektron dari atom akan berpindah(eksitasi), berputar(rotasi), dan bergetar(vibrasi) jika terkena energi. cahaya datang yang mengenai permukaan zat dan setelah melewati zat tidak dapat diukur yang dapat diukur adalah perbandingan cahaya datang dengan cahaya setelah melewati materi.

Cahaya yang diserap sebagai absorbansi (A) sedangkan cahaya yang terhambur diukur sebagai transmiteman(T) dinyatakan dengan hukum Lambert-Beer atau hukum Beer. Berdasarkan hukum Lambert-Beer rumus yang digunakan untuk menghitung banyak cahaya yang dihamburkan ialah: (Hardesty dan attili, 2010).

$$T = \frac{I_t}{I_o} \text{ atau } \%T = \frac{I_t}{I_o} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

Dan absorbansi dinyatakan dengan rumus :

$$A = -\log T = -\log \frac{I_t}{I_o} \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana  $I_o$  = Intesitas cahaya datang

$I_t$  = intensitas cahaya setelah melewati sampel

$$A = a \cdot b \cdot c \text{ atau } A = \epsilon \cdot b \cdot c \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

Rumus yang diturunkan dari hukum Beer dapat dituliskan:

A = Absorbansi

b = ketebalan Larutan(cm)

c =Konsentrasi(M)

$\epsilon$  = tetapan absortivitas molar(Molar = tetapam absortivitas(ppm))