

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

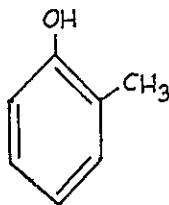
#### 2. 1. Sejarah dan Penggunaan Adsorben

Penggunaan arang untuk membersihkan air sudah dilakukan sejak beberapa abad sebelum Masehi. Masyarakat percaya bahwa arang dapat membersihkan air dengan menghancurkan zat yang berbahaya dan tidak aestetik.<sup>(1)</sup> Baru kemudian pada akhir abad ke-19 Scheel dan Lowitz menemukan kemampuan karbon untuk mengadsorpsi gas dan menghilangkan warna dari larutan.<sup>(2)</sup> Beberapa padatan seperti arang membersihkan gas dan larutan dengan memindahkan pengotor pada fase tersebut ke fase yang lain.<sup>(1)</sup>

Senyawa organik dalam air limbah biasanya resisten terhadap degradasi biologis dan banyak diantaranya yang beracun atau mengganggu (bau, rasa, warna) meskipun dalam konsentrasi rendah. Konsentrasi yang rendah tersebut tidak dapat dihilangkan dengan metode pengolahan biasa. Karbon aktif mempunyai afinitas terhadap senyawa organik dan telah banyak digunakan untuk menghilangkan kontaminan organik dari air limbah.<sup>(2)</sup>

Senyawa fenolik sudah dikenal mempunyai beberapa karakteristik yang merugikan terhadap manusia maupun kehidupan akuatik, seperti daya racun yang cukup tinggi, rasa dan baunya yang tajam, menyebabkan iritasi terhadap kulit dan lain-lain.<sup>(3)</sup> Keberadaan senyawa ini di dalam air dapat berasal dari air limbah industri, seperti: industri plastik, industri tekstil, industri kertas, industri kendaraan

bermotor dan industri yang menggunakan fenol sebagai bahan dasar atau sebagai produk sampingan. <sup>(4)</sup> Orto-Kresol merupakan senyawa fenolik dengan molekul yang relatif kecil dan mudah dianalisa menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. <sup>(5)</sup>



Gambar II.1. MOLEKUL o-KRESOL.

Sumber: Kirk-Othmer, 1967, Encyclopedia of Chemical Technology, Second edition, vol VI, Jhon Wiley and Sons, USA

## 2. 2. Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan suatu bentuk amorf dari karbon yang telah diperlakukan secara khusus untuk menghasilkan permukaan yang sangat luas, yaitu sekitar 300 - 2000 m<sup>2</sup>/g. Permukaan yang luas ini terjadi karena struktur dalam pori telah berkembang. Struktur tersebut memungkinkan karbon aktif untuk mengadsorpsi gas dan zat terlarut atau terdispersi dalam larutan. <sup>(6)</sup> Adsorpsi meliputi penimbunan adsorbat pada permukaan adsorben dan peristiwa ini bisa terjadi pada antar muka antara 2 fase, cair-cair, gas-cair, gas-padat, atau cair-padat. <sup>(1)</sup>

### 2.2.1. Pembuatan Karbon Aktif

Secara komersial karbon aktif dibuat dengan menggunakan bahan mentah yang dapat dikarbonisasi seperti kayu, batu bara, batu bara muda, minyak bumi dan kulit biji-bijian. <sup>(1)</sup>

Adapun cara pembuatannya melalui tahap-tahap berikut:

## KARBONISASI

Karbonisasi merupakan tahap terpenting dalam proses produksi karbon aktif yaitu sebagai langkah awal pembentukan struktur keropos.<sup>(7)</sup> Karbonisasi secara umum dilakukan dengan memanaskan bahan mentah (biasanya tanpa udara) pada temperatur yang cukup tinggi (600°C) untuk mengeringkan dan menguapkan senyawa-senyawa pengotor. Garam-garam dehidrat seperti Kalsium Klorida, Magnesium Klorida dan Seng Klorida biasa digunakan sebagai katalis dalam proses ini.<sup>(2)</sup>

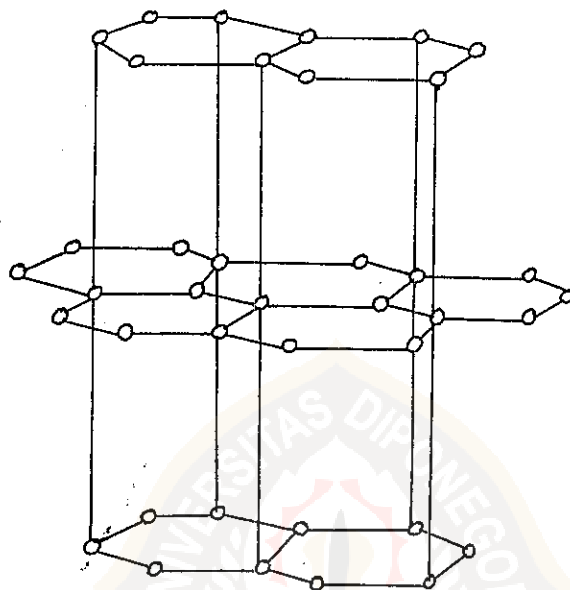
## AKTIVASI

Produk hasil karbonisasi mempunyai struktur keropos (porous structure) yang sedikit berkembang, maka tanpa penambahan aktivasi tidak dapat digunakan sebagai adsorben.<sup>(7)</sup> Untuk meningkatkan luas permukaan, karbon diaktifkan dengan gas pengoksidasi seperti uap air panas, udara atau karbon dioksida, pada temperatur tinggi (900°C).<sup>(2)</sup> Pengolahan dengan gas pengoksidasi menyebabkan kerusakan pada permukaan dan pengembangan struktur keropos dengan memperluas struktur dalam. Variasi dari kondisi pengaktifan karbon menghasilkan struktur dalam pori yang berbeda serta sifat permukaan dan kapasitas adsorpsi yang berbeda pula.<sup>(1)</sup>

### 2. 2. 2. Struktur Molekul Dan Kristal Karbon Aktif

Unit struktur dasar karbon aktif diperkirakan sama dengan struktur grafit murni. Kristal grafit terdiri dari lapisan-lapisan bidang heksagonal berjarak 3,35Å

dengan ikatan van der waals yang lemah. Jarak ikatan karbon-karbon dalam tiap lapisan adalah  $1,415\text{\AA}$ . Tiga dari empat elektron karbon membentuk ikatan kovalen dengan atom-atom yang berdekatan, sedangkan elektron ke empat beresonansi diantara beberapa struktur ikatan valensi.

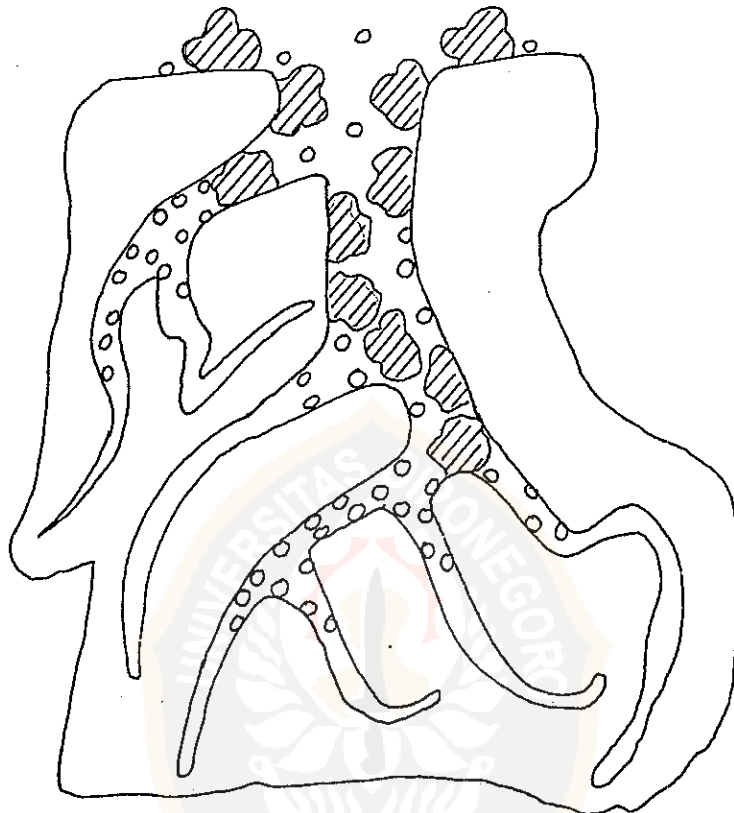


Gambar II.2. SUSUNAN ATOM KARBON DALAM KRISTAL GRAFIT.

Sumber: Cheremisinoff, P. N, 1978, Adsorption Hand Book,  
Ann Arbor Science Publ Inc, Michigan.

Menurut bentuk struktur porinya dapat dibagi menjadi tiga kelas utama, yaitu Makropori, Transisionalpori dan Mikropori. Makropori mempunyai jari-jari efektif lebih besar dari  $500-2000\text{\AA}$ , volumenya antara  $0,2-0,8\text{ ml/g}$  dan luas permukaannya dari  $0,5-2,0\text{ m}^2/\text{g}$ . Harga luas permukaan yang kecil ini menunjukkan bahwa makropori Karbon Aktif tidak cukup berperan dalam adsorpsi kecuali untuk senyawa organik yang mempunyai ukuran molekul besar.

Transisionalpori mempunyai ukuran jari-jari antara 1000 - 2000 Å dan 16Å. Adsorpsi monomolekuler dan polimolekuler terjadi pada permukaan dalam pori ini. Volume transisionalpori relatif kecil yaitu 0,02 - 0,1ml/g dengan luas permukaan 20 - 70 m<sup>2</sup>/g.



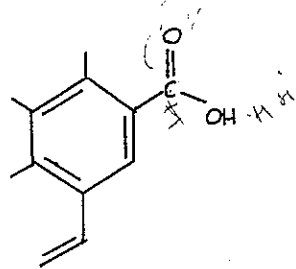
Gambar II.3. STRUKTUR PORI KARBON AKTIF.

Sumber: Chermisinoff. P. N, 1978, Adsorption Hand Book, Ann Arbor Science Publ Inc, Michigan.

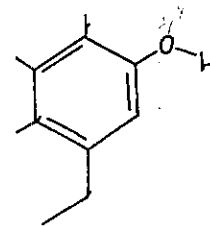
Mikropori mempunyai ukuran jari-jari kurang dari 18 - 120 Å. Volume Mikropori kira-kira 0,15 - 0,5 ml/g dan luas spesifiknya adalah 95% dari total luas permukaan keseluruhan.<sup>(2)</sup>

### 2. 2. 3. Struktur Kimia Karbon Aktif

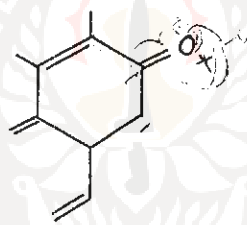
Permukaan pori terdiri dari banyak tipe gugus fungsi yang akan berinteraksi dengan senyawa-senyawa yang ada di dalam larutan. Beberapa gugus fungsi yang terdapat pada permukaan karbon aktif antara lain karboksilat, hidroksifenol dan kuinon tipe karbonil.<sup>(1)</sup>



(1) Gugus Karboksilat



(2) Gugus Hidroksifenol



(3) Gugus Kuinon Tipe Karbonil.

**Gambar 2.4. BEBERAPA GUGUS FUNGSI YANG ADA PADA PERMUKAAN KARBON AKTIF.**

Sumber: Lynam. N. M, 1995, Journal of Chemical Education, vol 72, no 1, January, 80-84

### 2. 3. Adsorpsi Dari Larutan

Suatu molekul pada antar muka atau permukaan mengalami ketidakseimbangan gaya, akibatnya molekul-molekul pada permukaan ini mudah sekali menarik molekul yang lain sehingga keseimbangan gaya akan tercapai. Melekatnya atom atau molekul suatu zat pada permukaan zat lain ini disebut adsorpsi. Zat yang teradsorpsi biasanya terkonsentrasi pada permukaan atau antar muka. Dengan teradsorpsinya molekul lain pada antar muka, maka terjadi pengurangan tegangan permukaan dan adsorpsi akan berlangsung terus sampai energi bebas permukaan mencapai minimum.<sup>(8)</sup>

Ada dua jenis adsorpsi yaitu adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia. Pada adsorpsi fisik molekul-molekul adsorbat akan diikat secara fisik pada molekul-molekul adsorben. Jenis adsorpsi ini adalah multilayer dimana setiap lapisan molekul tersusun diatas lapisan yang telah terbentuk sebelumnya, banyaknya lapisan akan sebanding dengan konsentrasi adsorbat.

Adsorpsi kimia terjadi bila terbentuk senyawa kimia karena reaksi antara molekul adsorbat dengan adsorben. Tidak seperti adsorpsi fisik, tebal lapisan yang terbentuk pada adsorpsi kimia hanya satu lapis molekul dan irreversibel, karena energi dibutuhkan untuk membentuk senyawa kimia baru pada permukaan adsorben dan energi dibutuhkan untuk membalik proses. Kemampuan untuk membalik pada adsorpsi fisik tergantung pada kekuatan gaya tarik antara adsorbat dan adsorben. Jika

gayanya lemah, desorpsi dengan cepat akan terjadi. Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi antara lain:

- a. Karakteristik fisik dan kimiawi adsorben, seperti luas permukaan, ukuran pori dan komposisi kimia.
- b. Karakteristik fisik dan kimiawi adsorbat, seperti, ukuran molekul, polaritas molekul dan komposisi kimia.
- c. Konsentrasi adsorbat dalam fase cair.
- d. Karakteristik fase cair, seperti pH dan temperatur.
- e. Waktu kontak. <sup>(2)</sup>

#### 2. 4. Keseimbangan Adsorpsi

Pada kesetimbangan tidak ada perubahan konsentrasi, adsorbat pada permukaan dan di dalam larutan. Kesetimbangan ini selalu dinyatakan dengan suatu isoterm adsorpsi. Pada dasarnya isoterm menyatakan distribusi kesetimbangan suatu adsorbat antara fase padat dan fase cair pada temperatur konstan. Beberapa isoterm sudah digunakan untuk menggambarkan data adsorpsi diantaranya adalah isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich. <sup>(1)</sup>

##### 2. 4. 1. Isoterm Langmuir

Kebanyakan isoterm adsorpsi untuk zat terlarut pada antar muka padat cair berupa isoterm adsorpsi Langmuir. <sup>(3)</sup> Untuk sistem larutan persamaannya dapat ditulis sebagai:



$$q_e = \frac{Q^0 b C_e}{1 + b C_e} \dots \dots \dots (1)$$

$q_e$  = Gram adsorbat yang diadsorpsi pergram adsorben.

$b$  = Konstanta yang nilainya relatif terhadap energi

$Q^0$  = Berat adsorbat yang diadsorpsi perbagian berat adsorben membentuk suatu lapisan tunggal lengkap pada permukaan.

$C_e$  = Konsentrasi larutan pada kesetimbangan

Persamaan tersebut dapat diubah menjadi:

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{Q^0} + \frac{1}{b Q^0 C_e} \dots \dots \dots (2)$$

plot antara  $\frac{1}{q_e}$  terhadap  $\frac{1}{C_e}$  akan didapat slope  $\frac{1}{b Q^0 C_e}$  dan intersep  $\frac{1}{Q^0}$ . (1,9)

#### 2. 4. 2. Isoterm Freundlich

Isoterm Freundlich sering digunakan sebagai metoda untuk membandingkan jenis bubuk karbon yang akan digunakan dalam pengolahan air. Persamaan Freundlich dinyatakan dengan:

$$q_e = K_F C_e^n \dots \dots \dots (3)$$

$q_e$  = Gram adsorbat yang diadsorpsi pergram adsorben

$K_F$  = Konstanta adsorpsi yang menyatakan kapasitas adsorpsi

$C_e$  = Konsentrasi larutan pada kesetimbangan

$n$  = Konstanta adsorpsi yang menyatakan distribusi permukaan tempat adsorpsi dengan kimia permukaan yang berbeda.

Persamaan tersebut dapat diubah menjadi:

$$\log q_e = \log K_F + n \log C_e \dots\dots\dots(4)$$

Konstanta  $K_F$  dan  $n$  didapat dari analisa regresi dengan plot antara  $\log q_e$  terhadap  $\log C_e$  membentuk intersep  $\log K_F$  dan slope  $n$ .

Banyaknya adsorbat yang diadsorpsi perbagian berat adsorben dihitung dengan persamaan berikut:

$$q_e = \frac{C_o - C_e}{M / v} \dots\dots\dots(5)$$

$C_o$  = Konsentrasi larutan mula-mula

$M$  = Berat adsorben

$v$  = Volume larutan. <sup>(1,2,10)</sup>

