



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI TONGKOL JAGUNG  
SERTA APLIKASINYA UNTUK ADSORPSI Cu, Pb DAN  
AMONIA**

**SKRIPSI**

**ADITYA LIBERTY PRABOWO**

**040506004Y**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA**

**DEPOK**

**JUNI 2009**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI TONGKOL JAGUNG  
SERTA APLIKASINYA UNTUK ADSORPSI Cu, Pb DAN  
AMONIA**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana**

**ADITYA LIBERTY PRABOWO**

**040506004Y**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA**

**DEPOK**

**JUNI 2009**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

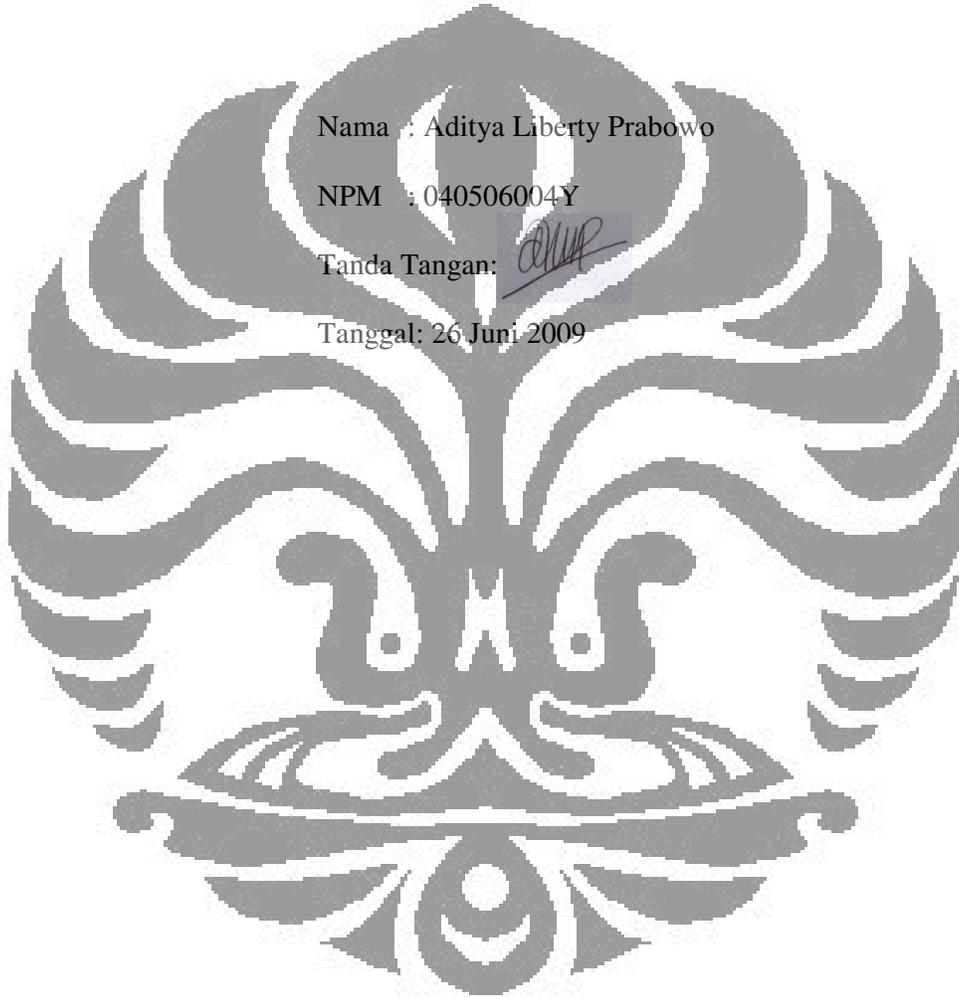
Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan benar.

Nama : Aditya Liberty Prabowo

NPM : 040506004Y

Tanda Tangan: 

Tanggal: 26 Juni 2009



## HALAMAN PENGESAHAN

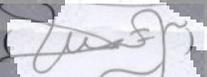
Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Aditya Liberty Prabowo  
NPM : 040506004Y  
Program Studi : Teknik Kimia  
Judul Skripsi : Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung serta  
Aplikasinya untuk Adsorpsi Cu, Pb dan Amonia

Telah berhasil dipertahankan di hadapan dewan penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Yuliusman, M.Eng (  )

Penguji : Dr. Ir. Nelson Saksono, MT (  )

Penguji : Ir. Eva Fathul K, MT (  )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 26 Juni 2009

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala anugerah, rahmat, dan karunia-Nya sehingga makalah skripsi ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya.

Makalah skripsi dengan judul “Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung serta Aplikasinya untuk Adsorpsi Cu, Pb dan Amonia” ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan akademis dalam meraih gelar Sarjana Teknik di Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Widodo Wahyu Purwanto, DEA., selaku ketua Departemen Teknik Kimia FTUI.
2. Ir. Yuliusman, M.Eng selaku dosen pembimbing skripsi.
3. Seluruh dosen Teknik Kimia FT UI yang telah memberikan ilmu dan tauladan yang baik bagi penulis.
4. Ibu tercinta yang selalu memberikan doa, semangat dan kasih sayang, sayang, cinta serta dukungan yang mengalir tanpa henti kepada penulis.
5. Teknisi, staf, dan karyawan di GP : Kang Jajat, Mang Ijal, Mas Heri, Mas Eko dan Mas Taufik yang memberikan dukungan dalam keseharian penulis menyusun skripsi.
6. Rekan kerja satu tim, Arief Rachman atas kerjasama dan bantuannya dalam penyusunan skripsi ini.
7. Teman-teman penulis di GP 2005 yang bercita-cita menjadi peneliti muda terbaik UI : Fahrur Rozi, Pan Ade, Andri, Haikal, Doni, Rusdi, Albana, Sutariono, Dwi Rachmat, dan Maudhi yang telah memberikan dukungan moril dan keceriaan dalam hari-hari penyusunan skripsi.
8. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu-persatu, yang telah memberikan kontribusi hingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Depok , Juni 2009

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR  
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademika Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Aditya Liberty Prabowo  
NPM : 040506004Y  
Program Studi : Teknik Kimia  
Departemen : Teknik Kimia  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ( *Non-exclusive Royalty Free Right* )** atas karya ilmiah yang berjudul :

“Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung serta Aplikasinya untuk Adsorpsi Cu, Pb dan Amonia” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya:

– Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 26 Juni 2009

Yang menyatakan



(Aditya Liberty Prabowo)

## ABSTRAK

Nama : Aditya Liberty Prabowo  
Program Studi : Teknik Kimia  
Judul : Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung serta Aplikasinya untuk Adsorpsi Cu, Pb dan Amonia

Karbon aktif dibuat dari tongkol jagung melalui karbonisasi dilanjutkan aktivasi menggunakan KOH. Karbon aktif tongkol jagung dikarakterisasi menggunakan metode BET, FTIR, adsorpsi metilen biru dan iodium untuk mengetahui luas permukaan, gugus fungsi serta penyerapan molekul besar dan kecil. Karbon aktif tongkol jagung diaplikasikan untuk adsorpsi Cu, Pb dan amonia. Adsorpsi paling optimum saat aplikasi dimiliki : karbon aktif tongkol jagung berukuran 0,06 mm dengan persentase penyisihan 52,99 % pada adsorpsi Cu; karbon aktif tongkol jagung berukuran 0,06 mm dengan persentase penyisihan 49,04 % saat adsorpsi Pb; dan karbon aktif tongkol jagung berukuran 0,5 mm dengan kapasitas adsorpsi 2,08 gr/gr saat adsorpsi uap amonia.

Kata Kunci :

Tongkol jagung, karbon aktif, karbonisasi, aktivasi, karakterisasi, adsorpsi

## ABSTRACT

Name : Aditya Liberty Prabowo  
Study Program : Chemical Engineering  
Title : Manufacture of Activated Carbon from Corn Cobs and Its Application for Adsorption of Cu, Pb and Ammonia.

Activated carbon made from corn cob through carbonization followed by activation using KOH. Corn cob activated carbon through characterization using BET, FTIR, methylene blue and iodine adsorption method in order to obtain surface area, functional group, and adsorption of big and small molecule. Corn cob activated carbon used for applied for Cu, Pb and ammonia adsorption. Optimum adsorption when application was obtained by using : corn cob activated carbon which have a measurement of 0,06 mm with elimination percentage 52,99 % at Cu adsorption; corn cob activated carbon which have a measurement of 0,06 mm with elimination percentage 49,04 % at Pb adsorption; dan corn cob activated carbon which have a measurement of 0,5 mm with adsorption capacity 2,08 gr/gr at ammonia adsorption.

Key words :

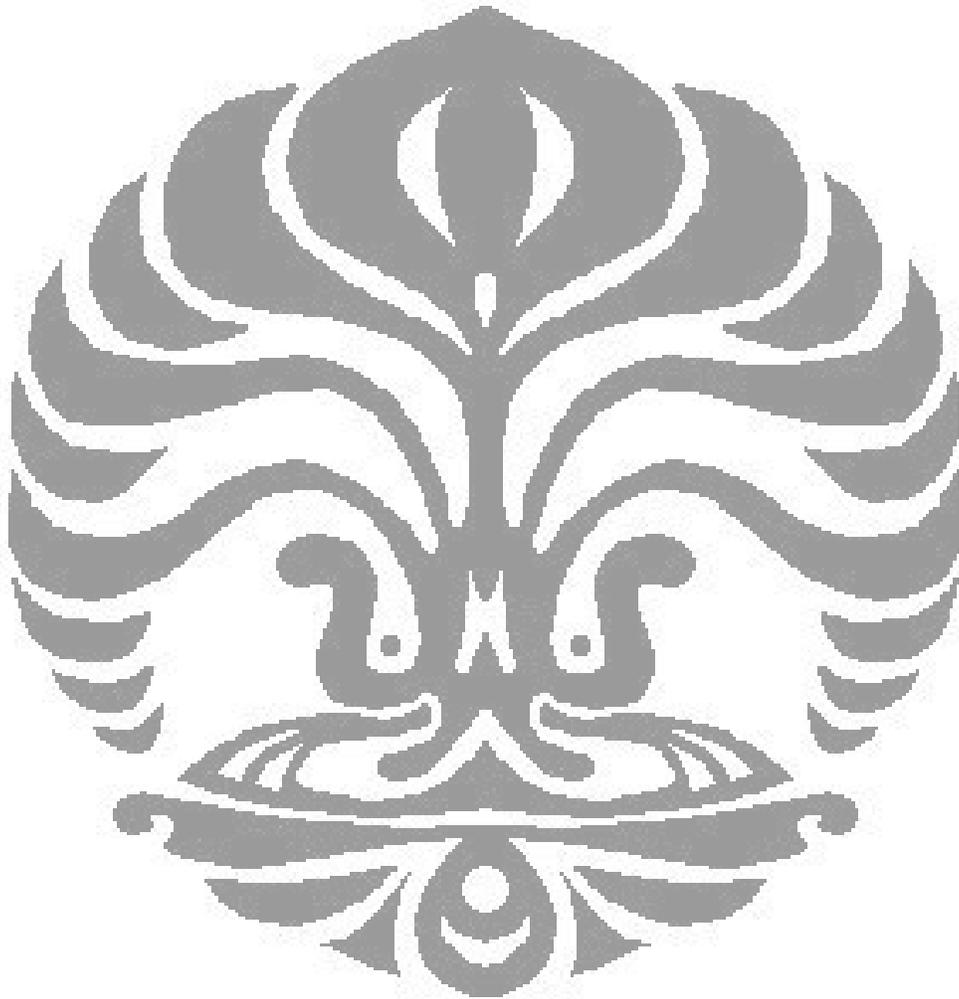
Corn cob, activated carbon, carbonization, activation, characterization, adsorption

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	v
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR PERSAMAAN .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Pembatasan Masalah .....	3
1.5 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Jagung .....	5
2.2 Karbon Aktif .....	6
2.2.1 Fungsi dan Kegunaan Karbon Aktif .....	7
2.2.2 Jenis Karbon Aktif .....	7
2.2.3 Sifat dan Bentuk Fisika Karbon Aktif .....	8
2.2.3.1 Pori Karbon Aktif .....	8
2.2.3.2 Permukaan Karbon Aktif .....	10
2.2.3.3 Struktur Kristal, Molekul dan Pori Karbon Aktif .....	10
2.2.4 Struktur Kimia Karbon Aktif .....	12
2.2.4.1 Gugus Fungsi Asam .....	12
2.2.4.2 Gugus fungsi Basa .....	13
2.2.5 Proses Pembuatan Karbon Aktif .....	14
2.2.5.1 Dehidrasi .....	15
2.2.5.2 Karbonisasi .....	15
2.2.5.3 Aktivasi .....	16
2.3 Adsorpsi .....	18
2.3.1 Jenis-Jenis Adsorpsi .....	18
2.3.1.1 Adsorpsi Fisika .....	19
2.3.1.2 Adsorpsi Kimia .....	19
2.3.1.3 Adsorpsi dengan Pertukaran Ion .....	20
2.3.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi .....	21
2.4 Logam Berat .....	24
2.4.1 Tembaga (Cu) .....	24
2.4.2 Timbal (Pb) .....	26

2.5 Amonia .....	27
2.6 BET.....	28
2.7 Spektrofotometer Serapan Atom (AAS).....	29
2.7.1 Instrumen AAS.....	29
2.7.2 Cara Kerja AAS.....	30
2.8 Spektrofotometer UV-Visible.....	32
2.8.1 Instrumen Spektrofotometer UV-Visible.....	32
2.8.1.1 Fotometer.....	32
2.8.1.2 Spektrofotometer.....	33
2.8.2 Teknik Pengukuran Spektrum Ultraviolet (UV).....	33
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN.....</b>	<b>35</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	36
3.2 Alat dan Bahan.....	37
3.3 Prosedur Penelitian.....	38
3.3.1 Pembuatan Karbon (Karbonisasi).....	38
3.3.2 Aktivasi Kimia.....	38
3.3.3 Preparasi Akhir Karbon Aktif.....	39
3.3.4 Karakterisasi.....	39
3.3.4.1 Adsorpsi Iodium.....	39
3.3.4.2 Adsorpsi Metilen Biru.....	40
3.3.4.3 BET.....	41
3.3.5 Aplikasi.....	43
3.3.5.1 Adsorpsi Cu.....	43
3.3.5.2 Adsorpsi Pb.....	44
3.3.5.3 Adsorpsi Uap Amonia.....	44
3.4 Pengolahan Data.....	45
3.4.1 Adsorpsi Iodium.....	45
3.4.2 Adsorpsi Metilen Biru.....	45
3.4.3 Adsorpsi Cu dan Pb.....	46
3.4.4 Adsorpsi Uap Amonia.....	47
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>48</b>
4.1 Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung.....	48
4.1.1 Dehidrasi.....	48
4.1.2 Karbonisasi.....	48
4.1.3 Aktivasi Kimia.....	49
4.1.4 Persiapan Akhir.....	50
4.2 Karakterisasi Karbon Aktif.....	50
4.2.1 Adsorpsi Iodium.....	50
4.2.2 Adsorpsi Metilen Biru.....	52
4.2.3 Karakterisasi FTIR.....	53
4.2.4 Karakterisasi BET.....	56
4.3 Aplikasi.....	57
4.3.1 Adsorpsi Cu.....	57
4.3.2 Adsorpsi Pb.....	62
4.3.3 Adsorpsi Uap Amonia.....	66

<b>BAB 5 KESIMPULAN.....</b>	<b>68</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>70</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>72</b>



## DAFTAR GAMBAR

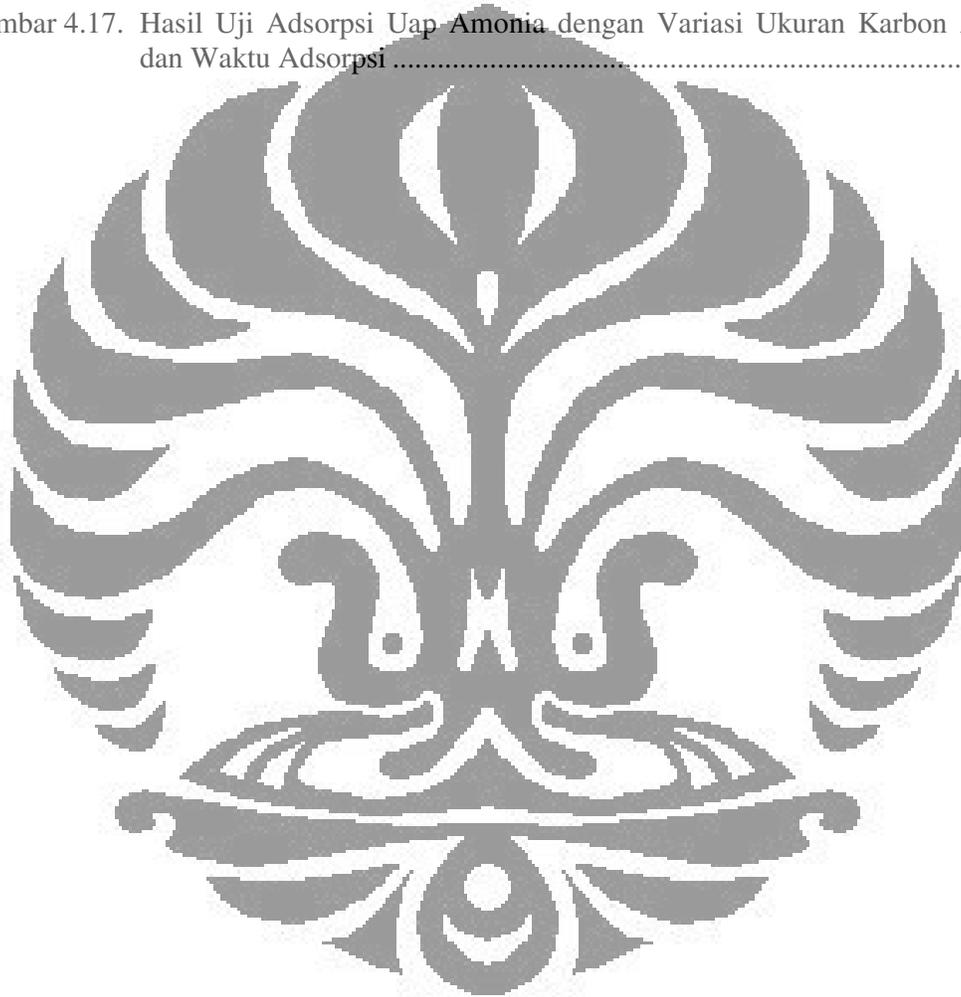
Gambar 2.1.	Pori Karbon Aktif.....	9
Gambar 2.2.	Struktur Grafit dan Turbostatik.....	11
Gambar 2.3.	Struktur Mudah Tergrafitasi dan Sukar Tergrafitasi.....	12
Gambar 2.4.	Gugus Fungsi Asam pada Karbon Aktif.....	13
Gambar 2.5.	Struktur seperti Chromene.....	14
Gambar 2.6.	Struktur seperti Pyrone.....	14
Gambar 3.1.	Diagram Alir Penelitian.....	36
Gambar 4.1.	Hasil Analisa Kemampuan Adsorpsi Karbon Aktif terhadap Iodium dengan menggunakan Karbon Aktif Komersil sebagai Pembanding...51	51
Gambar 4.2.	Hasil Analisa Kemampuan Adsorpsi Karbon Aktif terhadap Metilen Biru dengan menggunakan Karbon Aktif Komersil sebagai Pembanding...52	52
Gambar 4.3.	Hasil Analisa FT-IR Karbon Aktif Tongkol Jagung.....	53
Gambar 4.4.	Hasil Analisa FT-IR Karbon Aktif Komersil.....	54
Gambar 4.5.	Interpretasi Mekanisme Adsorpsi dengan Adanya Ikatan O-H.....	55
Gambar 4.6.	Luas Permukaan Karbon Aktif Tongkol Jagung dan Karbon Aktif Komersil berdasarkan Analisa BET.....	57
Gambar 4.7.	Hasil Uji Adsorpsi Larutan Cu dengan Variasi Ukuran Karbon Aktif.....	57
Gambar 4.8.	Hasil Uji Adsorpsi Larutan Cu dengan Variasi Berat Adsorben.....	59
Gambar 4.9.	Hasil Uji Adsorpsi Larutan Cu dengan Variasi Waktu Kontak.....	60
Gambar 4.10.	Hasil Uji Adsorpsi Larutan Cu dengan Variasi Berat dan Waktu Kontak.....	60
Gambar 4.11.	Kinetika Adsorpsi Ion Cu Menggunakan Karbon Aktif Tongkol Jagung Berukuran 0,06 mm mengacu Persamaan Orde 2 semu.....	61
Gambar 4.12.	Hasil Uji Adsorpsi Larutan Pb dengan Variasi Ukuran Karbon Aktif.....	62
Gambar 4.13.	Hasil Uji Adsorpsi Larutan Pb dengan Variasi Berat Adsorben.....	63

Gambar 4.14. Hasil Uji Adsorpsi Larutan Pb dengan Variasi Waktu Kontak.....64

Gambar 4.15. Hasil Uji Adsorpsi Larutan Pb dengan Variasi Berat dan Waktu Kontak  
.....65

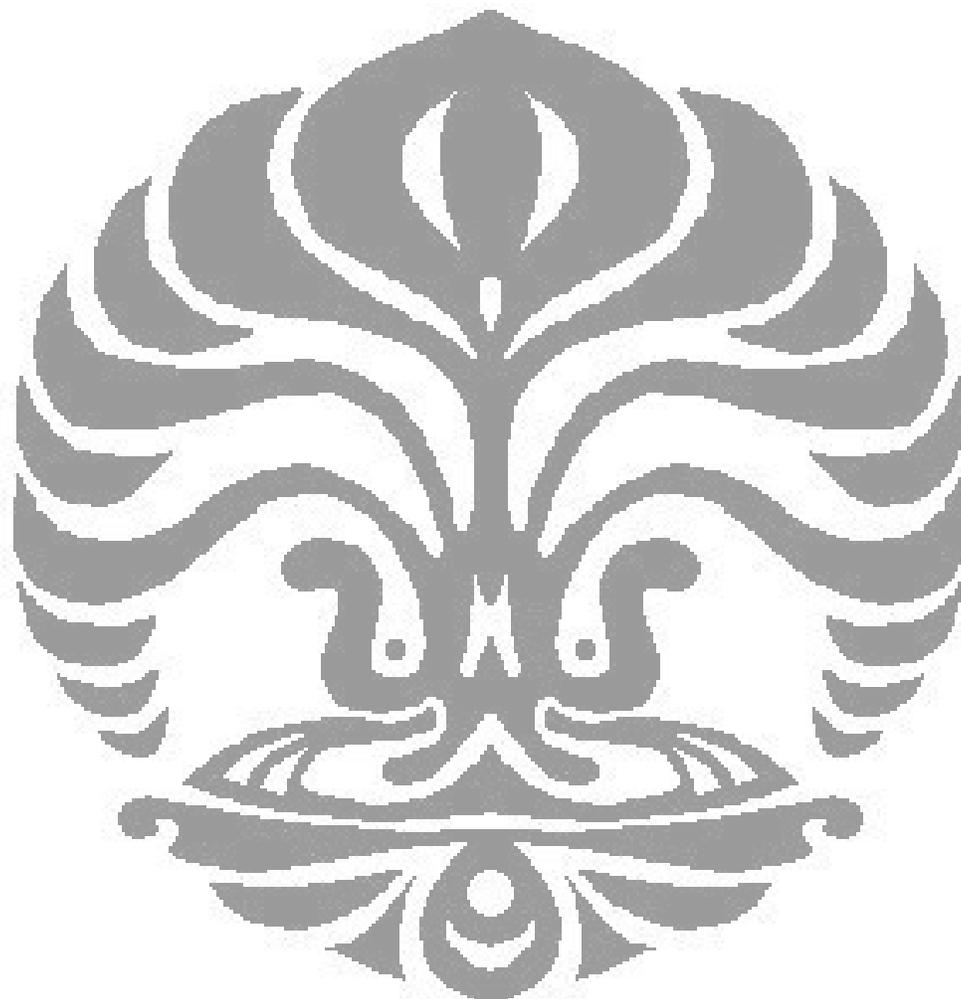
Gambar 4.16. Kinetika Adsorpsi Ion Pb Menggunakan Karbon Aktif Tongkol Jagung  
Berukuran 0,06 mm mengacu Persamaan Orde 2 semu.....66

Gambar 4.17. Hasil Uji Adsorpsi Uap Amonia dengan Variasi Ukuran Karbon Aktif  
dan Waktu Adsorpsi .....67



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Pemakaian Karbon Aktif .....	7
Tabel 2.2.	Tahapan dalam Karbonisasi.....	16
Tabel 2.3.	Tabel Asam-Basa Menurut Prinsip HSAB .....	23

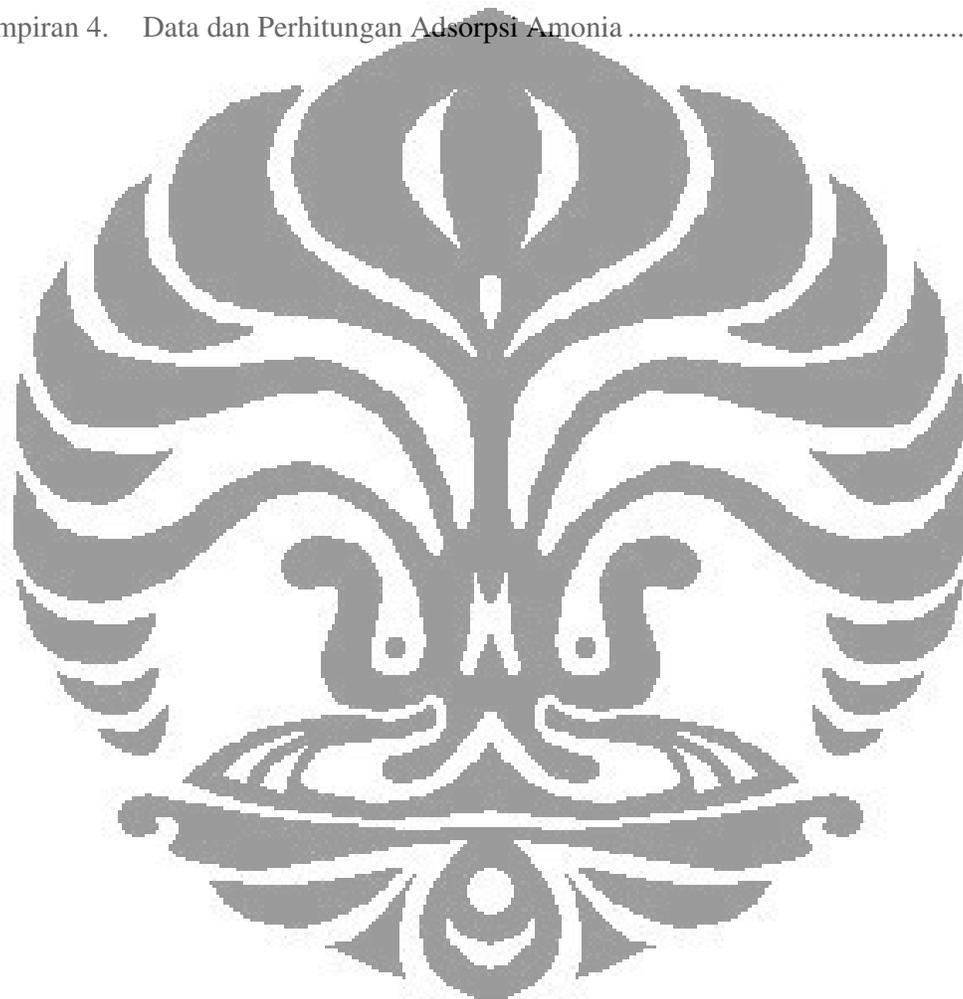


## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1	Pertukaran kation.....	20
Persamaan 2.2	Pertukaran anion.....	21
Persamaan 2.3	Hukum Lambert-Beer.....	33
Persamaan 2.8	Hukum Lambert-Beer.....	33
Persamaan 2.9	Hukum Lambert-Beer.....	34
Persamaan 3.1	Persamaan normalitas.....	40
Persamaan 3.2	Perhitungan konsentrasi larutan metilen biru.....	41
Persamaan 3.3	Perhitungan kapasitas adsorpsi iodium.....	45
Persamaan 3.4	Perhitungan kapasitas adsorpsi metilen biru.....	46
Persamaan 3.5	Perhitungan persentase penyisihan konsentrasi.....	46
Persamaan 3.6	Perhitungan kapasitas adsorpsi logam.....	47
Persamaan 3.7	Persamaan garis linear reaksi orde 2 semu.....	47

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data dan Perhitungan Adsorpsi Iodium.....	72
Lampiran 2. Data dan Perhitungan Adsorpsi Metlen Biru.....	74
Lampiran 3. Data dan Perhitungan Adsorpsi Cu dan Pb .....	76
Lampiran 4. Data dan Perhitungan Adsorpsi Amonia .....	81



# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Pencemaran logam berat dalam bentuk limbah cair merupakan salah satu masalah yang harus dihadapi. Beberapa sumber pencemaran limbah tersebut berasal dari industri pelapisan logam (*electroplating*), baterai, cat, pembuatan barang-barang elektronik maupun kegiatan pertambangan. Logam berat yang terkandung diantaranya adalah Cu dan Pb. Jika berada berlebihan di lingkungan, akan berdampak buruk pada makhluk hidup terutama manusia. Ambang batas konsentrasi Cu terpapar ke lingkungan yang ditetapkan Kementerian Lingkungan Hidup adalah sekitar 0,02 mg/l untuk perairan laut dan air tawar serta 0,01 mg/l untuk air konsumsi. Sedangkan ambang batas dari Pb yang terpapar ke lingkungan adalah 0,03 mg/l untuk perairan laut dan air tawar serta 0,02 mg/l untuk air konsumsi. Bahaya dan toksisitas 2 zat ini antara lain adalah bersifat karsinogenik, mengganggu fase awal pertumbuhan fisik dan mental, kerusakan otak, dan mengganggu keseimbangan kehidupan perairan.

Selain pencemaran logam berat, terdapat pula emisi gas berupa amonia yang dihasilkan dari sisa industri pupuk dan pabrik penghasil amonia itu sendiri. Amonia merupakan senyawa kaustik dan dapat merusak kesehatan. Kontak dengan gas amonia berkonsentrasi tinggi dapat menyebabkan kerusakan paru-paru dan bahkan kematian. Administrasi Keselamatan dan Kesehatan Pekerjaan Amerika Serikat memberikan batas 15 menit bagi kontak dengan amonia dalam gas berkonsentrasi 35 ppm volum atau 8 jam untuk 25 ppm volume.

Beberapa cara penanggulangan pencemaran limbah-limbah tersebut sudah dilakukan, seperti misalnya *reverse osmosis*, resin penukar ion serta biosorpsi menggunakan material biologi seperti dari golongan alga. Namun belum banyak industri kecil dan menengah yang mampu menjalankan teknik ini karena biaya yang mahal baik dalam pengaplikasian maupun pengembangannya. Dengan mempertimbangkan hal-hal tersebut, maka salah satu metode yang secara luas dikedepankan sebagai metode penanganan limbah-limbah tersebut adalah dengan adsorpsi menggunakan karbon aktif.

Karbon aktif merupakan adsorben yang banyak digunakan saat ini karena memiliki daya adsorpsi yang baik serta luas permukaan adsorpsi yang besar untuk tiap gram karbon aktif. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300-3500 m<sup>2</sup>/gr. Daya serap karbon aktif besar, yaitu 25 - 100% terhadap berat karbon aktif (Sembiring, M., dan Sinaga, T. 2003). Karbon aktif secara luas dipakai sebagai adsorben dalam pengolahan limbah cair dan gas. Dengan mengesampingkan kegunaannya yang besar dalam dunia industri, karbon aktif tergolong media adsorpsi yang tidak murah. Upaya pengurangan biaya penggunaan karbon aktif adalah dengan membuatnya dari bahan dasar yang murah dan dengan ketersediaan yang besar. Dalam hal ini sampah pertanian lebih dikedepankan sebagai pilihan bahan dasar yang lebih ekonomis dibanding batu bara atau tempurung kelapa. Pembuatan karbon aktif dari sampah pertanian mampu mengkonversi sisa-sisa dari produk pertanian yang tidak terpakai yang berjumlah hingga jutaan kilogram per tahun menjadi adsorben yang bermanfaat besar. Pada penelitian kali ini, sampah pertanian yang dimanfaatkan adalah sampah tongkol jagung.

Jagung merupakan salah satu komoditas palawija utama di Indonesia. Berdasarkan data dari BPS pada tahun 2007-2008, Indonesia memiliki luas lahan panen jagung sekitar 3 juta hektar dengan produksi sekitar 12 juta ton. Produksi jagung yang besar menyebabkan besarnya jumlah sampah tongkol jagung. Dari sekitar 100 kg jagung yang dipakai untuk proses industri, didapatkan 25 kg sampah tongkol jagung. Selain ketersediaannya yang besar, tongkol jagung juga tergolong material yang murah. Harga pasaran tiap ton tongkol jagung yaitu sekitar Rp.200.000,00 (*Petani Jagung*. n.d.).

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini yaitu pembuatan karbon aktif dari sampah tongkol jagung yang memiliki kinerja yang baik saat uji adsorpsi ion Cu, ion Pb dan uap amonia serta membandingkannya dengan karbon aktif komersil.

### 1.3 Tujuan Penelitian

- Membuat karbon aktif dari sampah tongkol jagung secara aktivasi kimia.
- Memperoleh dan menganalisa nilai kemampuan adsorpsi karbon aktif tongkol jagung saat uji karakterisasi.
- Memperoleh dan menganalisa nilai kemampuan adsorpsi karbon aktif tongkol jagung terhadap ion Cu, ion Pb dan uap amonia.
- Membandingkan nilai daya adsorpsi karbon aktif tongkol jagung dengan karbon aktif komersil baik saat uji karakterisasi maupun aplikasi adsorpsi ion Cu, ion Pb dan uap amonia.

### 1.4 Batasan Masalah

- Karbon aktif tongkol jagung dibuat dengan beberapa variasi ukuran yaitu 0,5 mm; 0,3 mm; dan 0,06 mm.
- Menggunakan KOH sebagai zat pengaktivasi.
- Uji karakterisasi meliputi uji adsorpsi terhadap iodium, adsorpsi terhadap metilen biru, FTIR dan BET autosorb.
- Adsorbat yang digunakan adalah limbah buatan berupa larutan  $\text{CuSO}_4$ , larutan  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  dan uap amonia yang berasal dari amonium hidroksida pekat.
- Proses adsorpsi dilakukan secara *batch* pada suhu kamar.
- Variabel terikat dalam penelitian ini adalah luas permukaan karbon aktif tongkol jagung, ukuran pori karbon aktif tongkol jagung, persentase penyisihan konsentrasi adsorbat dan kapasitas adsorpsi tiap gr karbon aktif tongkol jagung.
- Variabel bebas dalam penelitian ini adalah ukuran karbon aktif tongkol jagung, kuantitas adsorben karbon aktif, dan waktu kontak.
- Perolehan nilai kemampuan adsorpsi karbon aktif tongkol jagung terhadap iodium didapat dengan menggunakan data dari metode titrasi iodometri.
- Perolehan nilai kemampuan adsorpsi karbon aktif tongkol jagung terhadap metilen biru didapat dengan menggunakan data dari absorbansi instrumentasi UV-Visibel.

- Perolehan data keberadaan gugus fungsi pada karbon aktif tongkol jagung didapat dengan menggunakan data dari uji sampel menggunakan instrumentasi FTIR.
- Perolehan nilai luas permukaan dan pori karbon aktif tongkol jagung didapat dengan menggunakan data dari uji BET autosorb.
- Perolehan nilai kemampuan adsorpsi karbon aktif tongkol jagung terhadap adsorbat logam didapat dengan menggunakan data absorbansi instrumentasi AAS (Spektrofotometer Serapan Atom).
- Karbon aktif komersil yang digunakan sebagai pembanding adalah karbon aktif Merek yang memiliki spesifikasi ukuran  $< 0,05$  mm

### **I.5 Sistematika Penulisan**

- **BAB 1 PENDAHULUAN**  
Berisi tentang latar belakang penulisan, perumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, serta sistematika penulisan yang akan digunakan dalam penelitian ini.
- **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**  
Berisi tentang dasar-dasar teori yang menunjang penelitian, seperti teori tentang jagung, karbon aktif, adsorpsi, logam berat, amonia, dll.
- **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**  
Berisi tentang diagram alir penelitian, bahan, dan alat yang digunakan, prosedur penelitian yang dilakukan, serta pengolahan data.
- **BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**  
Berisi tentang pembuatan karbon aktif, karakterisasi karbon aktif, serta aplikasi karbon aktif sebagai media adsorpsi.
- **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**  
Berisi tentang jawaban dari tujuan penelitian, kesimpulan dari hasil penelitian, serta saran untuk penelitian sejenis di masa yang akan datang.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Jagung**

Jagung adalah tanaman berumah satu (monokotil), kedudukan tanaman ini dalam taksonomi terletak pada famili *graminea* dengan nama biologi *Zea Mays* (tanaman jenis padi-padian).

Jagung merupakan salah satu jenis tanaman tropis yang memiliki daya adaptasi tinggi jika dibandingkan tanaman padi-padian lainnya. Hal ini membuat jagung dapat menyebar luas terutama pada lingkungan tropis dengan berbagai jenis variasi sifat-sifat yang dimilikinya.

Jagung dapat tumbuh pada daerah tropis yang memiliki intensitas matahari yang cukup tinggi. Hal ini merupakan salah satu alasan mengapa pertumbuhan dan perkembangan jagung di Indonesia sangat baik, dimana Indonesia memiliki letak geografis yang memungkinkan Indonesia memiliki curah hujan yang cukup dan intensitas sinar matahari yang cukup tinggi.

Limbah atau sampah ialah hasil dari suatu kegiatan yang kurang atau tidak dimanfaatkan. Limbah pertanian lain yang kurang optimal pemanfaatannya dari pertanian jagung adalah tongkol jagungnya. Sebagian besar sampah tongkol jagung hanya dimanfaatkan sebagai pakan ternak. Karena itu perlu diupayakan pemanfaatan yang lebih besar dari sampah tongkol jagung. Pemanfaatan yang optimal dari tongkol jagung ini salah satunya ialah dijadikan bahan dasar pembuatan karbon aktif.

Jagung merupakan salah satu komoditas palawija utama di Indonesia dengan luas lahan panen sekitar 3 juta hektar dengan produksi jagung sekitar 12 juta ton (BPS, 2007). Produksi jagung yang besar akan menyebabkan besarnya jumlah sampah pertanian dari tongkol jagung. Dari sekitar 100 kg bulir jagung yang diproses untuk industri, didapatkan 18 kg sampah tongkol jagung. Tongkol jagung termasuk material yang murah. Harga pasaran tiap ton tongkol jagung yaitu sekitar Rp.200.000,00 (*Petani Jagung*, n.d.). Tongkol jagung dapat diproses menjadi karbon aktif karena mengandung karbon yang berasal dari unsur selulosa, hemiselulosa dan lignin.

## 2.2 Karbon Aktif

Arang atau karbon dalam wujud yang berbeda memegang peranan yang penting pada kehidupan manusia. Zat ini dapat diperoleh dari bahan alami yang mengandung karbon, seperti batubara, tanaman, kayu kering dll. Karbon adalah jenis campuran yang diperoleh dari pembakaran substansi organik atau non organik yang tentunya memiliki kandungan unsur karbon. Berpori atau tidaknya karbon tersebut tergantung dari keadaan dari proses yang digunakan dan proses lanjutan setelah proses pembakaran atau karbonisasi.

Karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang paling sering digunakan pada proses adsorpsi. Hal ini disebabkan karena karbon aktif memiliki kemampuan adsorpsi dan luas permukaan yang besar untuk tiap gram berat karbon aktif. Oleh karena itu maka karbon aktif yang baik haruslah memiliki luas area permukaan yang besar sehingga daya adsorpsinya juga akan besar. Karbon aktif adalah senyawa karbon yang telah ditingkatkan daya adsorpsinya dengan suatu proses yang dinamakan aktivasi.

Aktivasi merupakan suatu proses yang menyebabkan perubahan fisik pada permukaan karbon, melalui proses penghilangan zat hidrogen, gas, air, serta pengotor yang menutupi pori-pori karbon aktif. Aktivasi ini terjadi karena terbentuknya gugus aktif akibat adanya interaksi radikal bebas pada permukaan karbon.

Karbon aktif terdiri dari 87% - 97% karbon dan sisanya berupa hidrogen, oksigen, sulfur, dan nitrogen serta senyawa-senyawa lain yang terbentuk dari proses pembuatannya. Luas permukaan karbon aktif yang telah diteliti umumnya sekitar 200-1500 m<sup>2</sup>/gram, luas porinya sekitar 40 Å<sup>0</sup> sampai 5000 Å<sup>0</sup> (*Activated Carbon*. n.d.). Daya serap karbon aktif yang besar, yaitu 25% - 100% terhadap berat karbon aktif (Sembiring, M., dan Sinaga, T. 2003).

### 2.2.1 Fungsi dan Kegunaan Karbon Aktif

**Tabel 2.1. Aplikasi Karbon Aktif**

Maksud/Tujuan	Pemakaian
Pemurnian gas	Desulfurisasi, menyerap gas beracun dan bau busuk
Pengolahan LNG	Desulfurisasi, penyaringan bahan mentah
Katalisator	Katalisator, pengangkut vinil klorida dan vinil asetat
Industri obat dan minuman	Menyaring dan menghilangkan warna, menyerap bau dan rasa tidak sedap
Air	Menyaring kotoran, filter untuk logam pencemar
Pelarut	Recovery pelarut
Pengolahan pulp	Pemurnian, menghilangkan bau
Pengolahan pupuk	Pemurnian, menghilangkan bau
Pengolahan makanan	Penyerap bau dan warna

(Arang Aktif. n.d.)

### 2.2.2 Jenis Karbon Aktif

Jenis-jenis karbon aktif dapat dibedakan berdasarkan atas fasa zat yang diadsorpsi oleh karbon aktif, yaitu karbon aktif fasa cair dan karbon aktif fasa gas.

#### a. Karbon Aktif Fasa Cair

Bentuk fisiknya berupa bubuk halus dan ringan dengan diameter pori mencapai  $1000 \text{ \AA}$ . Tulang, kayu, batubara lignit, atau dari bahan baku yang mempunyai densitas kecil dan mempunyai struktur yang lemah, serta bahan yang mengandung lignin seperti limbah-limbah hasil pertanian biasanya dibuat untuk karbon aktif fasa cair.

Penggunaan karbon aktif fasa cair pada prinsipnya ada dua yaitu, pertama digunakan untuk menghilangkan warna, bau, rasa atau pengotor yang menyebabkan busa atau kegagalan pembentukan kristal dan larutan dan yang kedua digunakan untuk mengurangi konsentrasi larutan. Contoh aplikasinya adalah penggunaan filter aquarium, industri minyak dan lemak, industri gula, industri kimia dan farmasi, penjernihan air, dan lain-lain.

## b. Karbon Aktif Fasa Gas

Bentuk fisiknya butiran dan keras (granular atau pellet) dengan diameter pori berkisar antara 10-200 Å°. Pemakaiannya biasanya yaitu untuk menanak suatu gas dan suatu campuran gas, misalnya gas buangan industri. Karbon aktif fasa gas dibuat dari batu bara, residu minyak bumi, tulang, batu bata atau bahan baku yang mempunyai bahan baku yang mempunyai struktur keras. Beberapa aplikasinya antara lain pada sistem AC (Air Conditioning), masker gas, sistem reaktor nuklir dan sebagai filter path rokok. Biasanya karbon aktif digunakan untuk menyerap komponen asam tembakau yang berbahaya dan juga dapat dipakai sebagai kolom kromatografi.

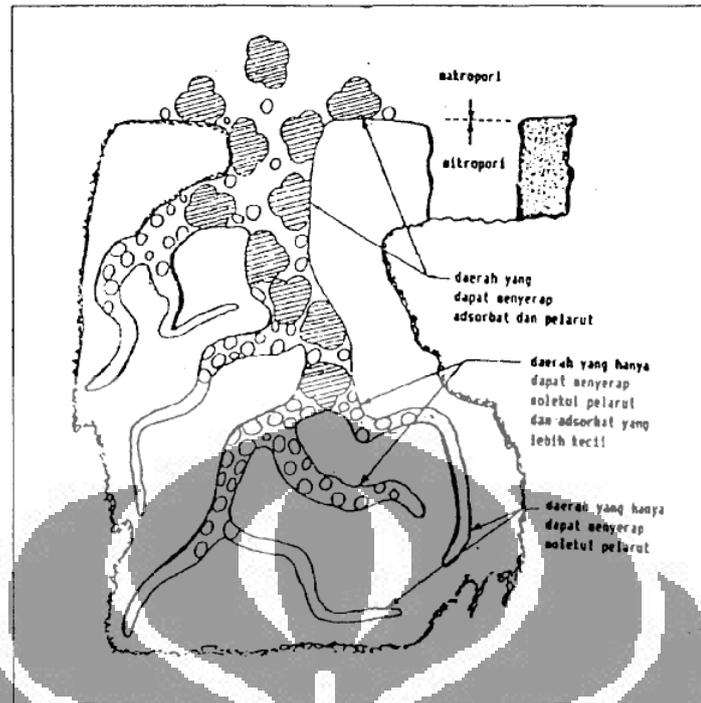
### 2.2.3 Sifat dan Bentuk Fisika Karbon Aktif

Karbon aktif umumnya dibuat dalam bentuk granular dan serbuk. Karbon aktif dalam bentuk serbuk yang halus mempunyai distribusi ukuran partikel 5 – 10 µm. Karbon dalam bentuk granular yang paling umum adalah silinder (0,8 – 1,2 mm).

#### 2.2.3.1 Pori Karbon Aktif

Ukuran pori diklasifikasikan oleh IUPAC sebagai mikropori (pori dengan ukuran diameter < 2 - 4 nm / 20 - 40 Å°), mesopori (ukuran diameter pori 2 - 50 nm / 20 - 500 Å°) dan makropori (ukuran diameter > 50 nm / 500 Å°). Umumnya makropori terletak di bagian luar, kemudian diikuti mesopori dan terakhir mikropori.

Metode yang paling sering digunakan untuk menguji keberadaan pori biasanya dengan melibatkan pemakaian SEM (*Scanning Electron Microscopy*), yaitu alat untuk menganalisa permukaan serta pori karbon aktif (Dollimore, dan Aggrawal. 1996).



**Gambar 2.1. Pori Karbon Aktif**

(Murti, Septi, 2008)

Setiap jenis karbon aktif mempunyai pori dengan ukuran, bentuk, dan jumlah yang berbeda, tergantung pada bahan dasar dan cam pembuatannya.

a. Daerah Makropori

Daerah ini memiliki radius lebih besar atau sama dengan 100 - 200 nm. Volume makropori biasanya berkisar antara 0,2—0,8  $\text{cm}^3/\text{gr}$ . Luas permukaan spesifik makropori tidak melebihi 0,5  $\text{m}^2/\text{gr}$ . Cukup kecil bila dibandingkan dengan permukaan tipe pori lainnya. Oleh karena itu, makropori tidak begitu penting pada proses adsorpsi, hanya sebagai jalur transport partikel adsorbat ke bagian internal karbon.

b. Daerah Mesopori

Daerah ini dikenal juga sebagai pori transisi, yang memiliki radius efektif antara 2 nm hingga 50 nm. Pada umumnya, karbon aktif memiliki volume mesopori antara 0,2 hingga 10  $\text{cm}^3/\text{gr}$ . Luas permukaan spesifik antara 20 hingga 100  $\text{m}^2/\text{gr}$ . Mesopori memberikan kontribusi yang cukup besar pada proses adsorpsi. Merupakan jalur transpor utama bagi adsorbat.

### c. Daerah Mikropori

Mikropori memiliki radius lebih kecil dari 1,5 hingga 2 nm. Kebanyakan karbon aktif volumenya di antara 0,15 hingga 0,5 cm<sup>3</sup>/gr. Mikropori merupakan jenis pori yang dianggap penting karena sebagian besar adsorpsi terjadi di dalamnya.

#### 2.2.3.2 Permukaan Karbon Aktif

Proses adsorpsi sangat dipengaruhi oleh sifat permukaan adsorben maupun adsorbat. Permukaan adsorben cenderung lebih baik mengikat sejenisnya, misalnya untuk permukaan adsorben yang lebih polar lebih banyak menyerap fase terserap yang lebih polar. Demikian pula untuk permukaan yang non polar, cenderung suka pada fase terserap non polar.

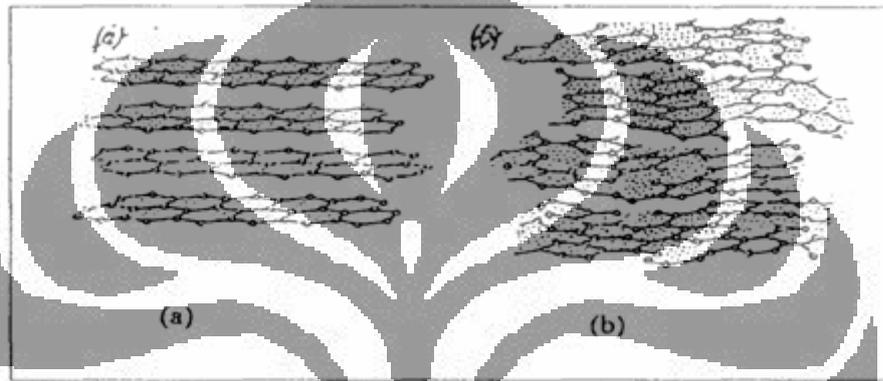
Permukaan karbon aktif bersifat non polar. Akan tetapi kenyataannya dalam praktek, beberapa kompleks karbon oksigen menyebabkan permukaannya sedikit polar. Karena tidak ada metode yang cukup memuaskan untuk menentukan secara kuantitatif karakteristik kepolaran dari suatu permukaan, maka pernyataan di atas yang menyangkut kepolaran tidak dapat dijadikan tolak ukur yang pasti. Di sini juga ditekankan, sifat kimia dari permukaan sangat menentukan terjadinya proses adsorpsi. Karena hal-hal tersebut, maka dapat dikatakan peranan luas permukaan dan struktur pori adsorben jauh lebih besar dalam proses adsorpsi. Menurut konsep "Molecular Screening", molekul atau ion hanya dapat masuk ke dalam pori adsorben, bila diameter dan molekul atau ion lebih kecil dari diameter pori adsorben. Diameter di dalam pori-pori pun tidak seragam. Di dalam partikel karbon aktif, terdapat distribusi ukuran pori. Sehingga pada adsorpsi campuran molekul atau ion dengan diameter yang berbeda-beda, letak penyerapannya di dalam karbon aktif mengikuti distribusi ukuran pori tersebut. Oleh karena itu, kemampuan penyerapan terhadap beberapa molekul atau ion tergantung kepada diameter dan energi adsorpsinya.

#### 2.2.3.3 Struktur Kristal, Molekul, dan Pori Karbon Aktif

Struktur mikrokristalin grafit merupakan unit struktur dasar karbon aktif. Struktur grafit tersusun atas lapisan bidang datar yang terbentuk dari tatanan

atom-atom heksagonal. Dengan sinar X, dapat dibedakan dua tipe struktur karbon aktif :

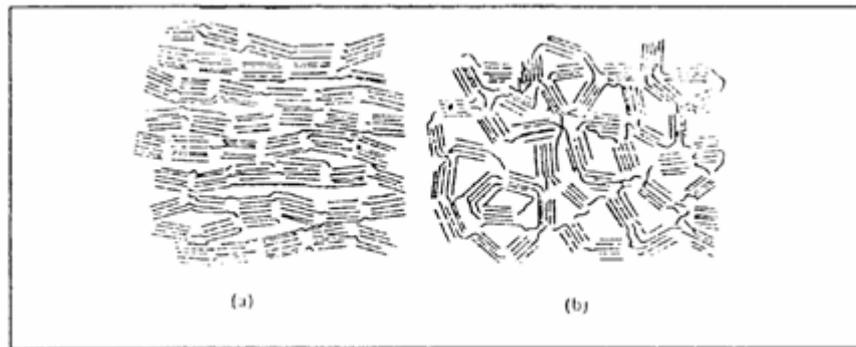
- a. Struktur yang tersusun atas dasar elemen-elemen pembentuk kristal, sama dengan bentuk grafit. Namun strukturnya agak berbeda dengan grafit, yaitu bidang-bidang sejajar yang tidak sempurna orientasinya. Dalam arah sumbu tegak, antara lapisan satu dengan lapisan lainnya terjadi *angular displacement* secara acak dan lapisan-lapisan bertumpukan secara tidak teratur (*irregular*) yang disebut *turbostatik structure*.



**Gambar 2.2. (a) Struktur Grafit dan (b) Struktur Turbostatik**

(Murti, Septi. 2008)

- b. Struktur yang kedua merupakan struktur yang tidak teratur. Dari beberapa penyelidikan sinar X dari beberapa material berkarbon (*coal, coke, karbon aktif, berbahan skrosa dan selulosa*). Pembagian material yang mengandung karbon dibagi dalam 2 kelas, yaitu material tergrafitasi dan non-grafitasi. Pada karbon aktif tergrafitasi, menunjukkan *crosslink* yang lemah antara kristal elementer, oleh karena itu material bersifat *mobile* (orientasi kristal menunjukkan bidang paralel yang sangat tinggi) sehingga porositasnya rendah. Struktur karbon aktif dapat digambarkan lebih tepat sebagai jaringan yang tumpang tindih di antara dataran lapisan karbon, karena jaringan yang *cross link* itu menghambat terbentuknya struktur yang teratur walaupun dipanaskan sampai 3000°C. Hal ini memberikan suatu sifat yang unik, disebut dengan struktur pori internal yang mudah dipenetrasi.



**Gambar 2.3. (a) Struktur Mudah Tergrafitasi, (b) Struktur Sukar Tergrafitasi**

(Murti, Septi, 2008)

#### 2.2.4 Sifat Kimia Karbon Aktif

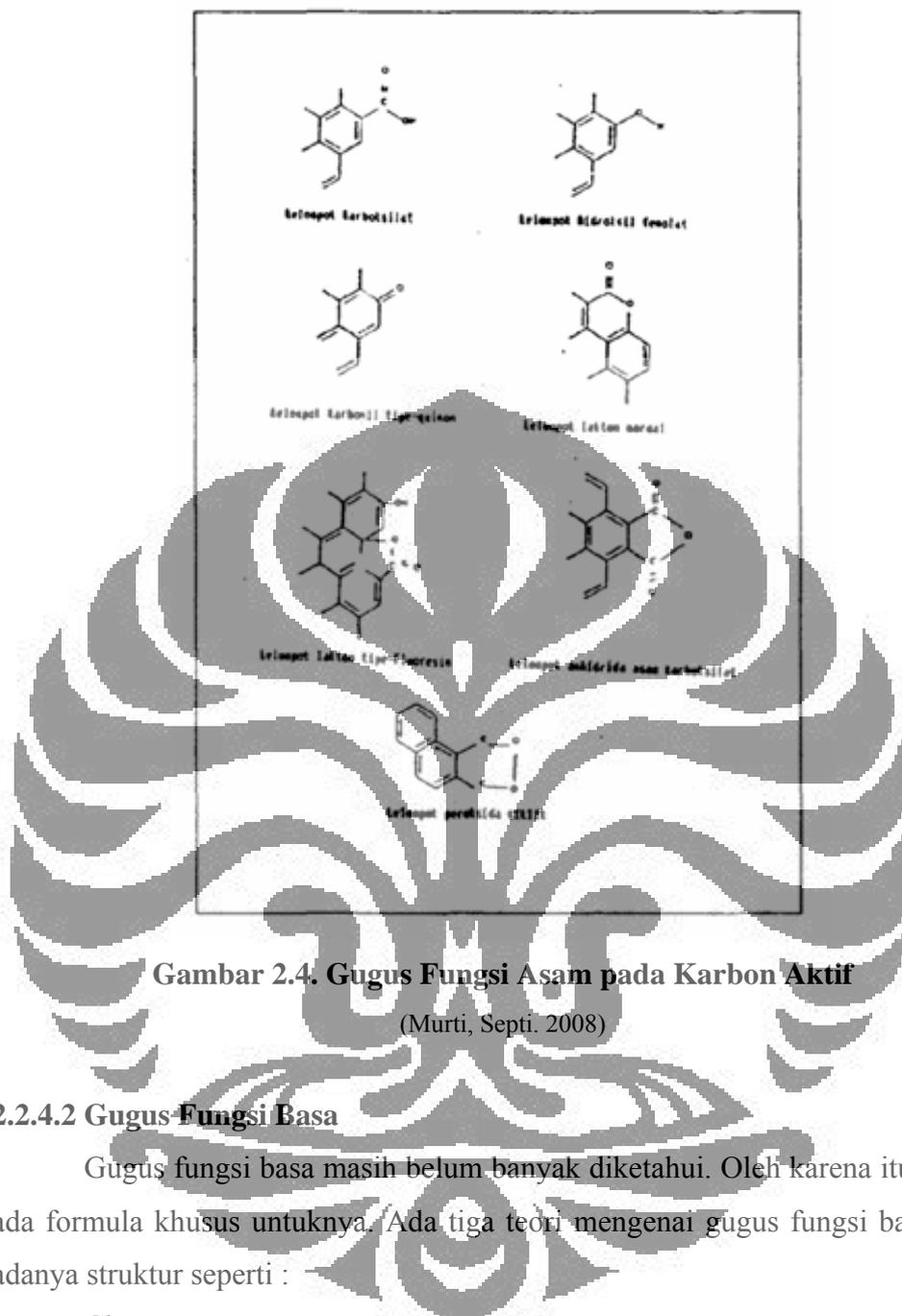
Karbon aktif selain terdiri atas atom C, juga mempunyai gugus fungsi. Gugus fungsi inilah yang menentukan sifat karbon aktif, yang mana terdiri atas dua jenis, yaitu gugus fungsi asam dan gugus fungsi basa.

Gugus fungsi ini terbentuk selama proses aktivasi. Disebabkan oleh adanya interaksi radikal bebas permukaan karbon dengan oksigen dan nitrogen, yang berasal dari atmosfer. Oksidasi pada permukaan karbon aktif membentuk gugus hidroksil, karbonil, dan gugus karboksilat, yang menciptakan karakter amfoterik pada karbon. Gugus fungsi ini menjadikan permukaan karbon aktif lebih reaktif secara kimia sehingga mempengaruhi sifat adsorpsinya.

Gugus-gugus fungsi ini tidak dapat berinteraksi dengan air. Akan tetapi secara umum, permukaan karbonnya lebih bersifat hidrofilik. Dalam adsorpsi, molekul-molekul permukaan gugus oksida memberikan kereaktifan dari karbon aktif untuk aplikasi adsorpsi pada pengolahan suatu larutan.

##### 2.2.4.1 Gugus Fungsi Asam

Gugus fungsi asam yang ada diantaranya adalah gugus karboksilat, hidroksi fenolat, dan lakton normal. Terdapat pada karbon aktif yang pada proses aktivasinya menggunakan oksigen atau menggunakan larutan oksidator berair. Adanya gugus ini akan memberikan suasana polar pada karbon aktif. Sehingga karbon aktif lebih menyukai penyerangan terhadap senyawaan yang polar.



**Gambar 2.4. Gugus Fungsi Asam pada Karbon Aktif**

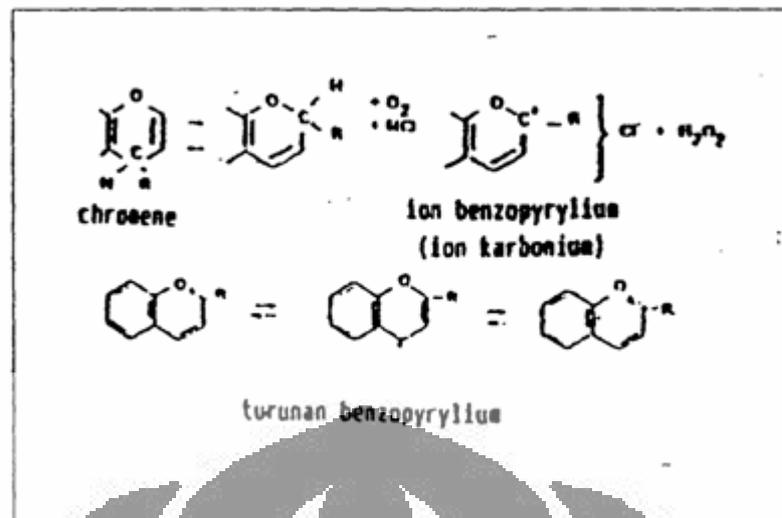
(Murti, Septi. 2008)

#### 2.2.4.2 Gugus Fungsi Basa

Gugus fungsi basa masih belum banyak diketahui. Oleh karena itu., belum ada formula khusus untuknya. Ada tiga teori mengenai gugus fungsi basa, yaitu adanya struktur seperti :

- Chromene

Gugus ini dapat menyerap asam dan menghasilkan hidrogen peroksida dan ion benzopirilium. Dimana ion benzopiriliumnya dapat mengalami hidrida resonansi.



Gambar 2.5. Struktur Seperti Chromene

(Murti, Septi. 2008)

b. Pyrone

Gugus ini memiliki atom O yang umumnya terlokalisasi pada 2 cincin yang berbeda dalam 1 lapisan grafit. Muatan positifnya distabilkan oleh resonansi.



Gambar 2.6. Struktur Seperti Pyrone

(Murti, Septi. 2008)

### 2.2.5 Proses Pembuatan Karbon Aktif

Secara umum, proses pembuatan karbon aktif terdiri dari proses dehidrasi, karbonisasi dan aktivasi (Sembiring, M., dan Sinaga, T. 2003). Pada proses dehidrasi, bahan dikeringkan dengan cara dijemur atau dipanaskan dalam oven. Selanjutnya bahan dipotong sesuai ukuran dan melalui proses karbonisasi tanpa ada kontak dengan udara, terutama oksigen. Proses karbonisasi menguapkan

komponen volatil yang pada akhirnya akan terbentuk karbon dengan hasil sampingan seperti gas hidrogen, gas CO-CO<sub>2</sub>, dll. Proses karbonisasi merupakan tahap awal terbentuknya pori-pori dari karbon. Peningkatan porositas dari karbon aktif berlangsung pada proses aktivasi.

#### 2.2.5.1 Dehidrasi

Proses dehidrasi ini merupakan proses pelepasan air yang terkandung dalam bahan dasar pembuat karbon aktif sehingga proses karbonisasi menjadi lebih sempurna.

#### 2.2.5.2 Karbonisasi

Proses ini merupakan proses pembakaran tidak sempurna dari bahan-bahan organik menggunakan alat pembakaran. Alat pembakaran yang dipakai dapat beragam jenisnya, mulai dari alat konvensional menggunakan drum hingga yang tergolong modern seperti *tube furnace*. Prinsip karbonisasi pada dasarnya sama, yaitu dengan mengupayakan keberadaan oksigen yang minimal atau tidak ada sama sekali agar proses pembakaran menjadi tidak sempurna. Proses pembakaran dengan oksigen yang minimal atau tanpa oksigen akan menghasilkan karbon dalam kadar yang tinggi.

Pada penggunaan *tube furnace*, jumlah oksigen di dalam ruang pembakaran (*tube*) dibatasi dengan cara oksigen didorong keluar oleh aliran gas nitrogen yang inert. Dengan begitu, pada akhirnya akan lebih sedikit pembentukan gas CO dan CO<sub>2</sub> yang merupakan hasil sampingan tidak terpakai di dinding karbon itu sendiri (komponen yang berperan sebagai produk utama dari proses karbonisasi).

Proses karbonisasi dilakukan dengan metode peningkatan suhu secara bertahap meningkat hingga 500°C selama 2 jam atau lebih. Karbonisasi menyebabkan terdekomposisinya bahan dan mengeluarkan pengotor seperti tar, metanol, aseton, gas hidrogen, CH<sub>4</sub> dan unsur non karbon yang lain.

Pada proses karbonisasi, tahapan untuk tiap tingkatan suhunya dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut :

**Tabel 2.2. Tahapan dalam Proses Karbonisasi**

Suhu	Tahap
100-150°C	Penguapan H <sub>2</sub> O
150°C	Mulai terbentuk CO dan CO <sub>2</sub> Sisa H <sub>2</sub> O ikut terbawa
200-300°C	Pembentukan destilat CO dan CO <sub>2</sub> bertambah Mulai terbentuk destilat asam asetat, asam formiat dan metanol Mulai terbentuk karbon Dekomposisi lignin, selulosa, dan hemiselulosa Mulai terbentuk mikropori Reaksi endotermik
300-400°C	Terbentuk gas CH <sub>4</sub> dan hidrogen Pembentukan mikropori berkurang diiringi pembentukan mesopori Reaksi eksotermik
310-500°C	Menghasilkan tar dalam jumlah terbanyak Lignin terurai Mesopori makin banyak, pembentukan karbon makin sempurna
500-600°C	Pemurnian karbon Kadar karbon dapat mencapai 90%

(Activated Carbon. n.d.)

Penambahan temperatur saat karbonisasi akan membuat pembentukan karbon semakin cepat, namun tetap saja diperlukan pembatasan temperatur yaitu tidak melebihi 1000°C. Hal ini disebabkan karena karbonisasi pada kondisi tersebut dapat mengakibatkan banyaknya terbentuk abu sehingga menutupi pori-pori yang berfungsi untuk mengadsorpsi, yang pada akhirnya mengakibatkan daya serap karbon aktif akan menurun (Pohan, H.G., et al. 1985)

### 2.2.5.3 Aktivasi

Setelah proses karbonisasi, luas permukaan dari karbon sudah meningkat seiring terbentuknya beberapa mikropori dan mesopori, tetapi daya adsorpsinya terhitung masih rendah. Hal ini dikarenakan masih terdapatnya residu berupa abu

dan pengotor lainnya yang masih menutupi permukaan pori. Pori-pori tersebut dapat dibersihkan dan ditingkatkan dengan proses aktivasi.

Aktivasi adalah proses peningkatan mutu atau daya adsorpsi karbon dengan cara membuka pori karbon aktif dari residu dan pengotor. Aktivasi sekaligus meningkatkan luas permukaan karbon. Proses ini melepaskan hidrokarbon, abu, tar dan senyawa organik lainnya yang melekat pada permukaan dan pori karbon tersebut.

Terdapat 2 metode aktivasi, yaitu :

a. Aktivasi secara fisika

Pada aktivasi fisika, karbon dipanaskan pada suhu tinggi, yaitu sekitar  $800^{\circ}\text{C} - 1000^{\circ}\text{C}$ . Gas pengoksidasi seperti uap air, oksigen, atau  $\text{CO}_2$  dialirkan melalui alat yang didesain tahan panas dan tertutup ke arah karbon yang akan diaktivasi. Reaksi gas yang mengalir tersebut dengan karbon akan melepaskan hidrogen dan CO sehingga memperluas pori. Komponen dan atau senyawa pengotor lainnya akan hilang dan akhirnya akan memperluas permukaan.

b. Aktivasi secara kimia

Terdapat 2 cara untuk aktivasi secara kimia, yaitu aktivasi basah dan aktivasi kering. Pada aktivasi basah, bahan mentah yang belum menjadi karbon direndam terlebih dahulu dengan bahan kimia sebagai zat pengaktivasi, setelah itu proses karbonisasi dilakukan, dalam hal ini proses karbonisasi dan aktivasi dilakukan bersamaan.

Pada aktivasi kering, bahan awal perlu melalui proses karbonisasi terlebih dahulu, setelah itu dilanjutkan dengan perendaman karbon dengan zat pengaktivasi. Tahap selanjutnya kembali dilakukan pembakaran yang dilangsungkan pada suhu  $400^{\circ}\text{C} - 800^{\circ}\text{C}$  selama kurang lebih  $\frac{1}{2}$  hingga 1 jam. Aktivasi kimia biasanya digunakan untuk bahan dasar yang mengandung selulosa. Produk ini diharapkan akan mengalami degradasi selulosa setelah pelakuan karbonisasi yang dilanjutkan aktivasi kimia.

Larutan kimia yang biasa digunakan sebagai aktivator adalah garam-garam dari logam alkali dan alkali tanah serta beberapa jenis asam/basa. Beberapa diantaranya adalah  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ,

$K_2CO_3$ ,  $CaCl_2$ ,  $MgCl_2$ ,  $ZnCl_2$ ,  $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$ , dll. Bahan kimia yang digunakan dalam aktivasi kimia juga merupakan *dehydrating agent* dan bersifat mengoksidasi karbon. Zat kimia ini merusak permukaan hingga bagian dalam karbon. Rusaknya bagian permukaan dan dalam karbon akan menciptakan rongga atau pori yang berguna dalam proses adsorpsi. Aktivasi kimia juga akan mengurangi pembentukan tar, dan memperbanyak terbentuknya karbon yang telah teraktivasi.

Aktivasi secara kimia dianggap lebih menguntungkan jika dibandingkan proses aktivasi fisika, hal ini disebabkan beberapa faktor, seperti karbonisasi dan aktivasi bisa dilangsungkan sekaligus, temperatur dan waktu yang digunakan relatif lebih rendah dari yang digunakan pada aktivasi fisika.

### 2.3. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan peristiwa terikatnya suatu substansi pada permukaan zat padat. Peristiwa penyerapan substansi ini terjadi disebabkan karena molekul pada permukaan zat padat mempunyai gaya dalam keadaan tidak setimbang yang cenderung tertarik ke arah dalam ( $\text{kohesi} > \text{adhesi}$ ). Ketidaksetimbangan gaya-gaya tersebut menyebabkan zat padat atau zat cair tersebut cenderung menarik zat-zat lain atau gas lainnya yang bersentuhan pada permukaannya. Fenomena konsentrasi zat pada permukaan padatan atau cairan disebut fasa teradsorpsi atau adsorbat, sedangkan zat yang menyerap atau menariknya disebut adsorben.

#### 2.3.1 Jenis-Jenis Adsorpsi

Adsorpsi umumnya dibedakan menjadi penyerapan secara fisika (fisisorpsi), penyerapan secara kimia (kemosorpsi). Pada proses fisisorpsi gaya yang mengikat adsorbat oleh adsorben adalah gaya-gaya van der Waals. Sedangkan pada proses adsorpsi kimia, interaksi adsorbat dengan adsorben melalui pembentukan ikatan kimia (Maron, S.H., & Lando, J. 1974). Adsorpsi secara kimia atau kemosorpsi terjadi diawali dengan adsorpsi fisik, yaitu partikel-partikel adsorbat mendekat ke permukaan adsorben melalui gaya van der Waals atau melalui ikatan hidrogen. Kemudian diikuti oleh adsorpsi kimia yang terjadi

setelah adsorpsi fisika. Dalam adsorpsi kimia partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia yang biasanya berupa ikatan kovalen, dan cenderung mencari tempat yang memaksimalkan bilangan koordinasi dengan substrat (Atkins, 1999).

### 2.3.1.1 Adsorpsi Fisika

Adsorpsi fisika merupakan adsorpsi yang terjadi karena adanya gaya Van Der Waals, yaitu gaya tarik-menarik yang relatif lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Adsorpsi ini terjadi apabila suatu adsorbat dialirkan pada permukaan adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan adsorben yang bersih. Pada adsorpsi fisika, adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke permukaan lainnya, dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat yang satu dapat digantikan oleh adsorbat lainnya.

Adsorpsi fisika adalah suatu peristiwa yang reversibel, sehingga jika kondisi operasinya diubah akan membentuk kesetimbangan yang baru. Peristiwa adsorpsi gas terjadi sangat cepat. Proses adsorpsi disertai dengan pengeluaran panas sesuai dengan prinsip Le Chatelier. Panas yang terjadi atau dikeluarkan pada peristiwa adsorpsi disebut panas adsorpsi. Panas adsorpsi fisika umumnya rendah ( $5 - 10$  kkal/gr mol gas) dan terjadi pada temperatur rendah, yaitu di bawah temperatur didih adsorbat. Hal ini yang menyebabkan kesetimbangan dari proses adsorpsi fisika bersifat reversibel dan berlangsung sangat cepat. Proses adsorpsi fisika terjari tanpa memerlukan energi aktivasi. Ikatan yang terbentuk dalam adsorpsi fisika dapat diputuskan dengan mudah, yaitu dengan cara pemanasan pada temperatur  $150 - 200^{\circ}\text{C}$  selama sekitar 2 jam.

### 2.3.1.2 Adsorpsi Kimia

Adsorpsi kimia terjadi disebabkan oleh adanya reaksi yang membentuk ikatan kimia antara molekul-molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Reaksi tersebut membentuk ikatan kovalen atau ion (ikatan primer). Ikatan tersebut sedemikian kuat, sehingga spesies aslinya tidak dapat ditemukan lagi.

Kuatnya ikatan antara adsorben dan adsorbat, menyebabkan adsorbat tidak mudah terdesorpsi.

Adsorpsi kimia melibatkan gaya-gaya yang lebih besar daripada adsorpsi fisika. Gaya ikat adsorpsi ini bervariasi tergantung pada zat yang bereaksi. Menurut Langmuir, molekul-molekul yang teradsorpsi ditarik ke permukaan oleh gaya-gaya valensi, seperti halnya yang sering terjadi seperti atom-atom dalam molekul. Adsorpsi ini membentuk molekul baru dan prosesnya bersifat ireversibel.

Proses ini umumnya terjadi pada temperatur tinggi (di atas suhu kritis adsorbat). Sehingga panas adsorpsi yang dibebaskan tinggi. Adsorpsi kimiawi membutuhkan gaya yang lebih besar yaitu 10-100 kkal/molekul adsorbat. Energi aktivasi pada adsorpsi kimia berkisar antara 10-60 kkal/gr mol.

Adsorpsi kimia terjadi pada bagian aktif (active site) di permukaan karbon. Efisiensi dari karbon tergantung pada ada tidaknya bagian aktif pada permukaan, dimana adsorpsi kimia tersebut terjadi. Untuk dapat terjadinya desorpsi, dibutuhkan energi lebih tinggi untuk memutuskan ikatan yang terjadi antara adsorbat dan adsorben.

### 2.3.1.3 Adsorpsi dengan Pertukaran Ion

Adsorpsi dengan pertukaran ion dapat terjadi bila ion-ion dapat bertukar tempat dengan ion-ion dan permukaan adsorben. Hal tersebut, dapat terjadi bila ada bagian permukaan adsorben yang dapat terionisasi. Meskipun secara keseluruhan permukaannya tidak bermuatan. Kemudian ion-ion yang bertukar tempat mempunyai muatan yang sama besarnya.

Proses yang terjadi dalam pertukaran ion oleh suatu penukar kation atau anion dapat digambarkan dalam reaksi berikut:

- a. Pertukaran kation :



Keterangan :

R : Penukar kation

L<sub>1</sub> dan L<sub>2</sub> : Ion logam yang dipertukarkan

b. Pertukaran anion :



Keterangan :

RH : Penukar anion

X<sub>1</sub> dan X<sub>2</sub> : Anion-anion yang dipertukarkan

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses pertukaran ion, yaitu muatan ion, jari-jari ion, derajat hidrasi, konsentrasi, dan suhu. Makin besar muatan suatu ion, makin besar pula gaya tarik dari gugus fungsi muatan yang berlawanan pada penukar ion (gaya tarik adsorben terhadap ion tersebut). Akibatnya kemampuan untuk pertukaran ionnya juga semakin besar.

### 2.3.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Daya Adsorpsi

a. Kemurnian Adsorben

Adsorben yang lebih murni dan tanpa adanya kontaminan pengotor secara umum akan memiliki daya adsorpsi yang lebih baik.

b. Luas permukaan dan porositas adsorben

Adsorben dengan porositas yang besar mempunyai kemampuan menyerap yang lebih tinggi dibandingkan dengan adsorben yang memiliki porositas kecil. Semakin besar luas permukaan adsorben, maka semakin besar pula jumlah adsorbat yang dapat diserap. Dengan jumlah pori-pori mikro yang sangat banyak pada karbon aktif, akan menimbulkan gejala kapiler yang menyebabkan adanya daya serap (Maron, S.H., & Lando, J. 1974)

c. Kepolaran

Kekuatan interaksi adsorbat dengan adsorben dipengaruhi oleh sifat dari adsorbat maupun adsorbennya. Gejala yang umum dipakai untuk meramalkan komponen mana yang diadsorpsi lebih kuat adalah kepolaran adsorben dengan adsorbatnya. Apabila adsorbennya bersifat polar, maka komponen yang bersifat polar akan terikat lebih kuat dibandingkan dengan komponen yang kurang polar.

Kekuatan interaksi juga dipengaruhi oleh sifat keras-lemahnya dari adsorbat maupun adsorben. Sifat keras untuk kation dihubungkan dengan istilah *polarizing power cation*, yaitu kemampuan suatu kation untuk mempolarisasi anion dalam suatu ikatan. Kation yang mempunyai *polarizing power cation* besar cenderung bersifat keras. Sifat *polarizing power cation* yang besar dimiliki oleh ion-ion logam dengan ukuran (jari-jari) kecil dan muatan yang besar. Sebaliknya sifat *polarizing power cation* yang rendah dimiliki oleh ion-ion logam dengan ukuran besar namun muatannya kecil, sehingga diklasifikasikan ion lemah. Sedangkan pengertian keras untuk anion dihubungkan dengan istilah polarisabilitas anion yaitu, kemampuan suatu anion untuk mengalami polarisasi akibat medan listrik dari kation. Anion bersifat keras adalah anion berukuran kecil, muatan besar dan elektronegativitas tinggi, sebaliknya anion lemah dimiliki oleh anion dengan ukuran besar, muatan kecil dan elektronegativitas yang rendah. Ion logam keras berikatan kuat dengan anion keras dan ion logam lemah berikatan kuat dengan anion lemah (Atkins, 1990).

Asam-basa Lewis dapat dikelompokkan menurut sifat keras dan lemahnya. Situs aktif pada permukaan padatan dapat dianggap sebagai ligan yang dapat mengikat logam secara selektif. Logam dan ligan dikelompokkan menurut sifat keras dan lemahnya berdasarkan pada polarisabilitas unsur. Prinsip ini umum disebut *Hard and Soft Acid Base* (HSAB). Ligan-ligan dengan atom yang sangat elektronegatif dan berukuran kecil merupakan basa keras, sedangkan ligan-ligan dengan atom yang elektron terluarnya mudah terpolarisasi akibat pengaruh ion dari luar merupakan basa lemah. Sedangkan ion-ion logam yang berukuran kecil namun bermuatan positif besar, elektron terluarnya tidak mudah dipengaruhi oleh ion dari luar, ini dikelompokkan ke dalam asam keras, sedangkan ion-ion logam yang berukuran besar dan bermuatan kecil atau nol, elektron terluarnya mudah dipengaruhi oleh ion lain, dikelompokkan ke dalam asam lemah. Pengelompokan asam-basa menurut prinsip HSAB Pearson dapat dilihat pada Tabel 2.3. Menurut prinsip HSAB, asam keras

akan berinteraksi dengan basa keras untuk membentuk kompleks, begitu juga asam lemah dengan basa lemah. Interaksi asam keras dengan basa keras merupakan interaksi ionik, sedangkan interaksi asam lemah dengan basa lemah, interaksinya lebih bersifat kovalen.

**Tabel 2.3. Asam-Basa Menurut Prinsip HSAB**

Asam			Basa		
Keras	Madya	Lemah	Keras	Madya	Lemah
H <sup>+</sup> , Li <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Al <sup>3+</sup> , Cr <sup>3+</sup> , Co <sup>3+</sup> , Fe <sup>3+</sup> , CH <sub>3</sub> Sn <sup>3+</sup> , Si <sup>4+</sup> , Ti <sup>4+</sup> , RCO <sup>+</sup> , CO <sub>2</sub> , NC <sup>+</sup> , HX (molekul dengan ikatan hidrogen)	Fe <sup>2+</sup> , Co <sup>2+</sup> , Ni <sup>2+</sup> , Pb <sup>2+</sup> , Zn <sup>2+</sup> , Cu <sup>2+</sup> , Sn <sup>2+</sup> , B(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , NO <sup>+</sup> , R <sub>3</sub> C <sup>+</sup> , C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> <sup>+</sup>	Cu <sup>+</sup> , Ag <sup>+</sup> , Au <sup>+</sup> , Ti <sup>+</sup> , Cd <sup>2+</sup> , Hg <sup>+</sup> , CH <sub>3</sub> Hg <sup>+</sup> , Co(CN) <sub>5</sub> <sup>2-</sup> , I <sup>-</sup> , Br <sup>-</sup> , HO <sup>+</sup> , (atom logam) CH <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O, OH <sup>-</sup> , F <sup>-</sup> , CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , Cl <sup>-</sup> , ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , ROH, RO <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>3</sub> , RNH <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , Br <sup>-</sup> , C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N, N <sup>3-</sup> , N <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> S, RSH, RS <sup>-</sup> , I <sup>-</sup> , SCN <sup>-</sup> , R <sub>3</sub> P, R <sub>3</sub> As, (RO) <sub>3</sub> P, CN <sup>-</sup> , RCN, CO, C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> , H <sup>-</sup> , R <sup>-</sup>

(Atkins, 1990)

d. Temperatur

Ketika molekul-molekul adsorbat melekat pada permukaan adsorben, terjadi pembebasan sejumlah energi (panas). Oleh karena itu, adsorpsi adalah peristiwa eksotermis. Sesuai dengan azas Le Chatelier pada proses fisika, dengan berkurangnya temperatur akan menambah jumlah adsorbat yang teradsorpsi, demikian pula sebaliknya. Adsorpsi fisika yang substansial, biasanya terjadi pada temperatur di bawah titik didih adsorbat terutama 50°C.

e. Tekanan

Peningkatan tekanan adsorbat pada adsorpsi fisika, dapat menaikkan jumlah adsorbat yang diadsorpsi. Sebaliknya pada adsorpsi kimia, peningkatan tekanan adsorbat justru mengurangi jumlah yang diadsorpsi.

## 2.4 Logam Berat

Dalam literatur kimia istilah logam berat digunakan untuk menggambarkan logam-logam yang memiliki sifat toksisitas (racun) pada makhluk hidup. Terdapat 80 jenis dari 109 unsur kimia di muka bumi ini yang telah teridentifikasi sebagai jenis logam berat. Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat ini dapat dibagi dalam dua jenis. Jenis pertama adalah logam berat esensial, di mana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Contoh logam berat ini adalah Zn, Cu, Fe, Co, Mn dan lain sebagainya. Sedangkan jenis kedua adalah logam berat tidak esensial atau beracun, di mana keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya atau bahkan dapat bersifat racun, seperti Hg, Cd, Pb, Cr dan lain-lain. Logam berat ini dapat menimbulkan efek bagi manusia. Toksisitas yang dimiliki akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim, sehingga proses metabolisme tubuh terputus. Lebih jauh lagi, logam berat ini akan bertindak sebagai penyebab alergi, mutagen, teratogen atau karsinogen bagi manusia. Jalur masuknya adalah melalui kulit, pernapasan dan pencernaan.

Logam berat jika sudah terserap ke dalam tubuh maka tidak dapat dihancurkan tetapi akan tetap tinggal di dalamnya hingga nantinya dibuang melalui proses ekskresi. Hal serupa juga terjadi apabila suatu lingkungan terutama di perairan telah terkontaminasi (tercemar) logam berat maka proses pembersihannya akan sulit sekali dilakukan. Kontaminasi logam berat ini dapat berasal dari faktor alam seperti kegiatan gunung berapi dan kebakaran hutan atau faktor manusia seperti pembakaran minyak bumi, pertambangan, peleburan, proses industri, kegiatan pertanian, peternakan dan kehutanan, serta limbah buangan termasuk sampah rumah tangga.

### 2.4.1 Tembaga

Tembaga atau Cu (latin : cuprum) memiliki nomor atom 29, dengan 2 isotop Cu yang dianggap paling stabil, yaitu  $^{63}\text{Cu}$  dan  $^{65}\text{Cu}$ . Cu bisa ditemukan secara alami di alam sebagai bentuk mineral seperti sulfid kalkopyrit ( $\text{CuFeS}_2$ ), bornit ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ), kovelit ( $\text{CuS}$ ) dll (*Copper*. n.d.).

Cu adalah logam yang berwarna kemerahan karena strukturnya yang bertumpuk. Logam ini memiliki konduktivitas elektrik yang baik sama seperti emas dan perak karena jika menurut dari tabel periodik, logam ini memiliki 1 orbital elektron s pada bagian terluar orbitalnya.

Satu kristal Cu mengandung beberapa micrometer kristal-kristal kecil. Keberadaan kristal-kristal kecil ini membuat logam ini memiliki nilai *yield stress* yang tinggi dan membuatnya mudah dibentuk. Sedangkan bentuk polikristalnya terdiri dari kombinasi geometri kristal-kristal di dalamnya.

Kebanyakan Cu berada pada fase Cu (II),  $\text{Cu}^{2+}$ , yang berbentuk garam dan larutan berwarna biru kehijauan. Namun adakalanya juga Cu berada pada fase Cu (III) dan Cu (IV), namun keadaan ini akan sangat jarang ditemui. Seperti misalnya pada tembaga (II) karbonat berwarna hijau yang biasa diaplikasikan untuk bahan tambahan konstruksi atap bangunan. Ada juga tembaga (II) sulfat berwarna biru yang biasa dipakai untuk kegiatan laboratorium dan juga dipakai sebagai fungisida. Masih terdapat beberapa macam persenyawaan dari Cu ini, seperti tembaga (I) klorida, tembaga (I) oksida, tembaga (II) asetat, tembaga (II) karbonat, persenyawaan Cu (III) seperti pada kalium heksafluorokuprat ( $\text{K}_3\text{CuF}_6$ ), dan juga persenyawaan Cu (IV), seperti kaesium heksafluorokuprat ( $\text{Cs}_2\text{CuF}_6$ ).

Cu termasuk unsur esensial bagi kehidupan organisme. Namun dalam jumlah berlebih logam tersebut dapat bersifat racun bagi organisme. Unsur Cu sangat dibutuhkan oleh tubuh organisme hidup untuk pertumbuhan dan perkembangan hidupnya. Dalam hal ini logam Cu berperan sebagai *metal cofactor* dalam sistem metabolisme organisme hidup. Logam ini juga biasa dipakai manusia sebagai zat anti bakteri dan anti kuman, konduktor listrik pada pembuatan kabel, dan juga bisa dipakai sebagai *alloy* pada perpaduan logam.

Pada bidang industri, logam Cu banyak dipakai oleh industri elektroplating. Persenyawaan Cu digunakan pada pelapisan logam untuk mencegah korosi karena sulit sekali bereaksi dengan  $\text{H}_2\text{O}$  dan asam dan membuat sifatnya yang sangat lambat sekali mengalami korosi dan membuat produk elektroplating jadi lebih awet. Namun sistem pengolahan limbah logam ini tidaklah selalu baik pada setiap industri elektroplating. Pada industri elektroplating tingkat kecil (rumah tangga) pembuangan limbahnya tidak terkelola

dengan baik sehingga logam ini dapat mencemari lingkungan terutama perairan. Limbah logam Cu juga berasal dari sisa-sisa kegiatan pertambangan yang terbuang ke perairan (sungai atau danau).

Di perairan logam Cu akan masuk secara difusi ke dalam fitoplankton. Melalui rantai makanan, Cu dalam fitoplankton berpindah ke zooplankton, serta dari zooplankton akhirnya ke hewan pada tingkat rantai makanan di atasnya. Dengan adanya proses rantai makanan ini, maka akan terjadi bioakumulasi logam Cu pada perairan. Ambang batas konsentrasi tembaga terpapar ke lingkungan perairan yang ditetapkan Kementerian Lingkungan Hidup adalah sekitar 0,02 mg/l untuk perairan (tempat hidup biota laut dan air tawar) dan 0,01 mg/l untuk air yang dipakai sebagai kebutuhan konsumsi. Jika sampai ke manusia, akan dapat menyebabkan kanker, gangguan pada fase awal pertumbuhan fisik, kerusakan otak, bahkan kemaitan.

#### 2.4.2 Timbal

Timbal atau Pb (latin : plumbum) memiliki nomor atom 82. Pb merupakan unsur yang memiliki nomor atom tertinggi dari semua unsur yang stabil, memiliki waktu paruh paling lama setelah bismuth. Pb memiliki 4 isotop yang tergolong stabil, yaitu  $^{204}\text{Pb}$ ,  $^{206}\text{Pb}$ ,  $^{207}\text{Pb}$ ,  $^{208}\text{Pb}$  dan  $^{202}\text{Pb}$  dengan waktu paruh hampir mencapai 53.000 tahun (*Lead*, n.d). Semua jenis Pb, kecuali isotop  $^{204}\text{Pb}$ , merupakan hasil dari peluruhan radioaktif. Seperti halnya merkuri dan logam berat lainnya, Pb merupakan logam yang bersifat *neurotoxin* (racun pada sistem saraf) dan bersifat akumulatif karena sifatnya yang stabil dan waktu paruh yang panjang.

Kadar Pb yang secara alami dapat ditemukan dalam bebatuan sekitar 13 mg/kg. Khusus Pb yang tercampur dengan batu fosfat dan terdapat didalam batu pasir (*sand stone*) kadarnya lebih besar yaitu 100 mg/kg. Pb yang terdapat di tanah berkadar sekitar 5 - 25 mg/kg dan di air bawah tanah (*ground water*) berkisar antara 1- 60  $\mu\text{g/liter}$ . Secara alami Pb juga ditemukan di air permukaan. Kadar Pb pada air telaga dan air sungai adalah sebesar 1 -10  $\mu\text{g/liter}$ . Logam Pb juga tidak banyak muncul secara alami di alam. Pb biasanya terdapat berpaduan dengan bijih logam bersama Zn, Ag dan Cu. Persenyawaan mineral yang paling

besar kandungan Pb-nya adalah galena (PbS) yang mengandung 86,6 % Pb. Persenyawaan mineral lainnya antara lain adalah  $\text{PbCO}_3$  dan  $\text{PbSO}_4$

Pada kegiatan pertambangan, bijih besi diolah dengan beberapa cara untuk mengolahnya untuk mendapat unsur yang diinginkan (biasanya seperti Ag). Beberapa cara diantaranya seperti pelelehan, fluotasi, dan reduksi. Kegiatan ini tentunya akan membuat unsur Pb kurang terpakai dan mungkin terbuang ke perairan, yang dapat menyebabkan pencemaran.

Timbal merupakan logam yang memiliki tingkat duktilitas cukup tinggi, memiliki konduktivitas elektrik yang buruk dan merupakan logam yang sangat anti korosi. Karena anti korosi, maka logam ini sering dipakai sebagai pelapis logam lain pada industri elektroplating. Meskipun pada industri skala menengah ke atas sudah mulai berkurang pemakaian dari Pb, namun pada industri elektroplating skala bawah masih sering memakai unsur dan persenyawaan Pb sebagai pelapis logam.

Timbal merupakan salah satu jenis logam berat yang berbahaya bagi lingkungan, jika timbal yang terbuang ke lingkungan telah melampaui nilai ambang yang ditentukan (0,03 mg/l untuk perairan (tempat hidup biota laut dan air tawar) dan 0,02 mg/l untuk air konsumsi). Timbal dapat meracuni lingkungan dan mempunyai dampak pada seluruh sistem di dalam tubuh manusia. Pada anak-anak, timbal dapat menurunkan tingkat kecerdasan, pertumbuhan fisik, pendengaran, dan menyebabkan anemia hipokromik mikrositik, gangguan pemusatan perhatian serta gangguan tingkah laku. Paparan yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan otak yang berat dan kematian. Anak-anak kecil rentan terhadap keracunan timbal karena mereka menyerap jauh lebih banyak timbal dari lingkungannya daripada orang dewasa.

## 2.5 Amonia

Amonia adalah senyawa kimia dengan rumus  $\text{NH}_3$ . Biasanya senyawa ini diperoleh berupa gas dengan bau tajam yang khas. Walaupun amonia memiliki sumbangan penting bagi keberadaan nutrisi di bumi, amonia sendiri adalah senyawa kaustik dan dapat merusak kesehatan.

Administrasi Keselamatan dan Kesehatan Pekerjaan Amerika Serikat memberikan batas 15 menit bagi kontak dengan amonia dalam gas berkonsentrasi 35 ppm volum atau 8 jam untuk 25 ppm volum. Kontak dengan gas amonia berkonsentrasi tinggi, dapat menyebabkan kerusakan paru-paru dan bahkan kematian. Sekalipun amonia di AS diatur sebagai gas tak mudah terbakar, amonia masih digolongkan sebagai bahan beracun jika terhirup.

Amonia yang digunakan secara komersial dinamakan amonia anhidrat. Istilah ini menunjukkan tidak adanya air pada bahan tersebut. Karena amonia mendidih di suhu  $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$ , cairan amonia harus disimpan dalam tekanan tinggi atau temperatur amat rendah. Walaupun begitu, kalor penguapannya amat tinggi. Sebingga dapat ditangani dengan tabung reaksi biasa di dalam sungkup asap. "Amonia rumah" atau amonium hidroksida adalah larutan  $\text{NH}_3$  dalam air.

## 2.6 BET

Metode BET adalah salah satu metode dan adsorpsi isotermal, yang dipakai untuk menghitung adsorpsi fisika gas multilayer. Metode BET didasarkan pada penentuan volume molekul yang teradsorpsi ( $V_m$ ) secara fisika, setebal satu lapis molekul monolayer pada permukaan katalis (Maron, S.H., & Lando, J. 1974).

Persamaan BET pada dasarnya memiliki asumsi yang sama dengan persamaan yang dibuat oleh Langmuir. Akan tetapi dipakai untuk adsorpsi multilayer. Diasumsikan bahwa molekul dapat diadsorpsi lebih dan satu lapisan tipis pada permukaan adsorben. Setiap spesies yang diadsorpsi pada lapisan pertama, diasumsikan sebagai bagian dari adsorpsi untuk spesies pada lapisan kedua. Spesies dalam lapisan kedua, juga merupakan bagian adsorpsi untuk lapisan ketiga dan juga lapisan keempat.

Adsorpsi isotermal BET menjelaskan bahwa adsorpsi pada salah satu sisi tidak mempengaruhi sisi lainnya. Adsorpsi BET sesuai untuk eksperimen pada trayek tekanan terbatas.

Dengan mengetahui luas penampang atom atau molekul gas adsorbat dan jumlah molekul gas adsorbat yang dibutuhkan untuk menutupi permukaan zat

padat setebal satu lapisan (monolayer), maka luas permukaan zat padat atau adsorben dapat ditentukan.

Asumsi yang dipergunakan adalah:

- Energi adsorpsi adalah seragam pada permukaan.
- Sejumlah lapisan dan molekul fasa terserap terbentuk pada permukaan.
- Panas adsorpsi pada lapisan pertama konstan. Panas adsorpsi path lapisan lain juga konstan tetapi sama dengan panas kondensasi dan adsorbat.

Brunauer, Emmet, dan Teller mengasumsikan bahwa laju reaksi pada bagian permukaan sama dengan laju desorpsi dan monolayer. Sehingga persamaan BET merupakan pengembangan dari persamaan Langmuir.

Mereka lebih jauh mengasumsikan bahwa laju adsorpsi pada lapisan pertama sama dengan laju desorpsi dan lapisan kedua dan seterusnya. Entalpi adsorpsi pada lapisan kedua dan lapisan-lapisan yang lebih tinggi sama dengan entalpi kondensasi dan adsorpsi gas. Dimana entalpinya berbeda dan entalpi path lapisan pertama.

## 2.7 Spektrofotometer Serapan Atom (AAS)

Metode AAS merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis zat pada konsentrasi rendah. Metode ini berprinsip pada kemampuan absorpsi cahaya (energi pancaran radiasi dari atom yang tereksitasi) oleh atom. Atom-atom dapat mengabsorpsi cahaya pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Kita dapat memilih panjang gelombang yang dapat menghasilkan spektrum yang tajam dengan intensitas maksimum. Ini yang dikenal dengan garis resonansi, dimana spektrum atomik untuk masing-masing unsur terdiri atas garis-garis resonansi dan garis-garis lain yang dapat berupa spektrum yang berasosiasi dengan tingkat energi molekul, biasanya berupa pita-pita lebar ataupun garis yang tidak berasal dari eksitasi tingkat dasar yang disebabkan proses atomisasinya.

### 2.7.1 Instrumen AAS

Setiap alat AAS terdiri atas tiga komponen, yaitu unit atomisasi, sumber radiasi, sistem pengukur fotometrik. Sumber radiasi yang digunakan harus stabil

pancarannya, sedikit interferensinya, dan memiliki spektrum garis lebih sempit daripada garis absorpsi. Hollow Cathode Lamp (HCL) yang memiliki kriteria tersebut. HCL terdiri dari tabung yang berisi gas (Ne/Ar) pada tekanan rendah sebagai anode, dan katode yang terbuat dari logam analit. Untuk unit atomisasi, dimana unsur metalik pada larutan sampel diubah menjadi uap, temperatur harus benar-benar terkendali dengan sangat hati-hati agar proses atomisasinya sempurna dan tidak terjadi ionisasi. Sedangkan pada pengukur fotometrik, yang diukur adalah absorbansi dari logam pada larutan analit akan intensitas radiasi. Pengukuran ini yang akan menentukan konsentrasi logam pada larutan analit. Pada rangkaian instrumentasi analisis AAS ini juga terdapat monokromator dan detektor. Dimana monokromator berfungsi untuk mengisolasi suatu garis dengan panjang gelombang yang diinginkan dari semua energi cahaya yang memasukinya. Segi yang penting sekali adalah suatu unsur dispersif (prisma atau kisi difraksi) dan suatu sistem celah. Sedangkan detektor berfungsi untuk mengubah energi radiasi menjadi energi listrik yang dapat memberikan suatu isyarat listrik yang berhubungan dengan daya radiasi yang diabsorpsi oleh permukaan yang peka.

### 2.7.2 Cara Kerja AAS

#### ➤ Sumber Cahaya

Sebagaimana telah disebutkan diatas, sumber cahaya yang digunakan adalah Hollow Cathode Lamp (HCL). Pada analisis AAS, pada HCL diberikan suatu tegangan pada arus tertentu. Dengan pemberian tegangan ini, atom gas pada anode terionkan dan dialirkan dengan cepat ke katode, pada katode akan terjadi tabrakan intramolekul yang mengakibatkan logam pada katode memijar. Atom-atom logam katode akan terlepas atau menguap (sputtering) dengan percikan. Atom tersebut akan tereksitasi kemudian mengemisikan radiasi pada panjang gelombang tertentu.

#### ➤ Flame Atomizer

Terjadi proses atomisasi yaitu pemecahan ikatan senyawa yang kemudian membentuk atom individual. Dimana prosesnya menggunakan

nebulizer yang dihubungkan dengan larutan analit dengan pipa kapiler. Bahan bakar dan gas oksidator dimasukkan dalam kamar pencampur kemudian dilewatkan melalui baffle menuju ke pembakaran. Nyala akan dihasilkan dan sampel akan dihisap masuk ke kamar pencampur sebagai aerosol, yaitu suatu kabut yang terdiri dari tetesan yang sangat halus. Ketika butiran ini maju melewati nyala, pelarutnya menguap, dan dihasilkan bintik-bintik halus dari materi berupa partikel. Zat padat itu kemudian berdisosiasi, sekurangnya sebagian, untuk menghasilkan atom-atom logam individu. Logam individu ini akan mengabsorpsi spektrum garis yang dipancarkan oleh HCL sesuai panjang gelombang yang dapat diserapnya.

➤ Monokromator

Pada monokromator ini, garis resonansi (spektrum garis dari HCL yang dapat diserap oleh atom) dipisahkan dari garis lainnya dengan mengatur panjang gelombang pada monokromator sesuai dengan panjang gelombang yang dapat diabsorpsi oleh atom individu. Kemudian garis resonansi yang telah dipisahkan tadi diteruskan ke detektor.

➤ Detektor

Pada detektor ini, diproduksi sinyal elektrik yang sebanding dengan intensitas dari spektrum garis yang telah dipisahkan pada monokromator. Kemudian sinyal tersebut ditransfer menuju output yang menunjukkan nilai dari absorbansi. Nilai absorbansi ini merupakan jumlah intensitas radiasi yang dapat diabsorpsi oleh atom individu. Nilai absorbansi dimana  $A = P_0/P$  ( $P_0$  adalah daya cahaya yang masuk;  $P$  adalah daya cahaya yang diteruskan melalui sampel) yang terbaca pada output devices nilainya akan sebanding dengan konsentrasi logam dalam sampel. Penggunaan atomisasi nyala memungkinkan menjalankan spektrofotometer secara tak-otomatis. Nilai  $P_0$  diperoleh dari larutan standar atau suatu blanko analitis yang diumpankan ke dalam nyala; kemudian sampel dimasukkan dan diperoleh pembacaan pengukuran yang berpadanan dengan  $P$ .

Penentuan konsentrasi suatu logam dalam larutan sampel dengan metode analisis AAS ini menggunakan suatu kurva kalibrasi. Dimana kurva tersebut merupakan kurva absorbansi yang diukur dari larutan standar dengan pada berbagai konsentrasi yang diketahui. Sebagaimana diketahui bahwa  $A = KC$ . Dimana A: absorbansi; C: konsentrasi; K; konstanta proporsionalitas. Dari data absorbansi dan konsentrasi yang diperoleh dari percobaan terhadap larutan standar, kita plot grafik dimana  $y = mx + b$ . dimana y:absorbansi; x:konsentrasi; dan m:slope kurva (K). dari kurva kalibrasi tersebut kita mendapatkan nilai K. Setelah itu barulah kita melakukan pengukuran absorbansi terhadap larutan sampel sehingga diperoleh nilai A yang kemudian kita masukkan kembali ke dalam persamaan  $A = KC$ , dengan nilai K yang diperoleh dari slope kurva kalibrasi.

## 2.8 Spektrofotometer UV-Visible

UV-Visible spectroscopy merupakan suatu jenis spektroskopi yang menggunakan cahaya tampak serta sinar ultraviolet sebagai sumber cahaya radiasi. Pengabsorbsian cahaya ini menyebabkan materi menjadi berwarna. Jenis spektroskopi ini merupakan tipe spektroskopi molekular yang paling banyak digunakan untuk analisis kualitatif dan kuantitatif. Jenis spektroskopi ini banyak digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi pada molekul (kualitatif) dan pengujian kadar logam (kuantitatif).

### 2.8.1 Instrumen Spektroskopi UV-Vis

#### 2.8.1.1 Fotometer

Fotometer terdiri atas :

- a. Sumber cahaya yang memancarkan radiasi cahaya tampak dan sinar UV. Sumber cahaya ini dapat berupa lampu tungsenn atau lampu merkury. Filter cahaya ini digunakan agar cahaya yang ditransmisikan berupa cahaya komplementer.
- c. Sel sampel digunakan sebagai wadah untuk meletakkan sampel yang akan dianalisa.
- d. Fotosel

### 2.8.1.2 Spektrofotometer

Spektrofotometer pada Spektroskopi sinar tampak dan sinar UV terdiri atas :

- Sumber cahaya yang umumnya berupa lampu Tungsten-halogen (menghasilkan cahaya tampak), lampu Deuterium (menghasilkan sinar dengan range panjang gelombang sinar UV), serta lampu xenon yang menghasilkan cahaya dengan panjang gelombang pada daerah cahaya tampak dan sinar UV.
- Kisi Pendifraksi yaitu suatu peralatan berupa suatu elemen yang transparan yang digunakan untuk memisahkan cahaya menjadi komponen panjang gelombangnya dan mentransmisikan panjang gelombang tertentu dari cahaya itu ke larutan referensi yang telah dipelajari dan ke larutan sampel.
- Detector digunakan sebagai pendeteksi spektra yang dihasilkan. Detektor yang digunakan dapat berupa : Phototubes, Photomultipliertubes, Silicon Photodiodes, dan Photovoltaic Cell.

### 2.8.2 Teknik Pengukuran Spektrum Ultraviolet (UV)

Penyiapan cuplikan untuk pengukuran spektrum ultraviolet (UV). Cuplikan untuk pengukuran spektrum absorpsi ultraviolet dapat berupa gas, cairan murni/larutan dan padatan transparan, .

Untuk keperluan elusidasi struktur pengukuran spektrum absorpsi ultraviolet dilakukan dalam bentuk larutan dengan cara melarutkan cuplikan dalam pelarut yang sesuai dengan konsentrasi 50 mg dalam 100 ml larutan. Spektrum ultraviolet dapat dibuat dengan cara mengukur absorbansi pada daerah panjang gelombang dari 200 nm-350 nm. Spektrum yang terjadi ditentukan panjang gelombang maksimumnya dan absorptivitas molar maksimum dengan menggunakan hukum Lambert Beer, yaitu

$$A = \epsilon \cdot b \cdot C \dots \dots \dots (2.3)$$

$$A = -\log \%T \text{ ----- } \%t = I_t/I_0 \times 100 \% \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan :

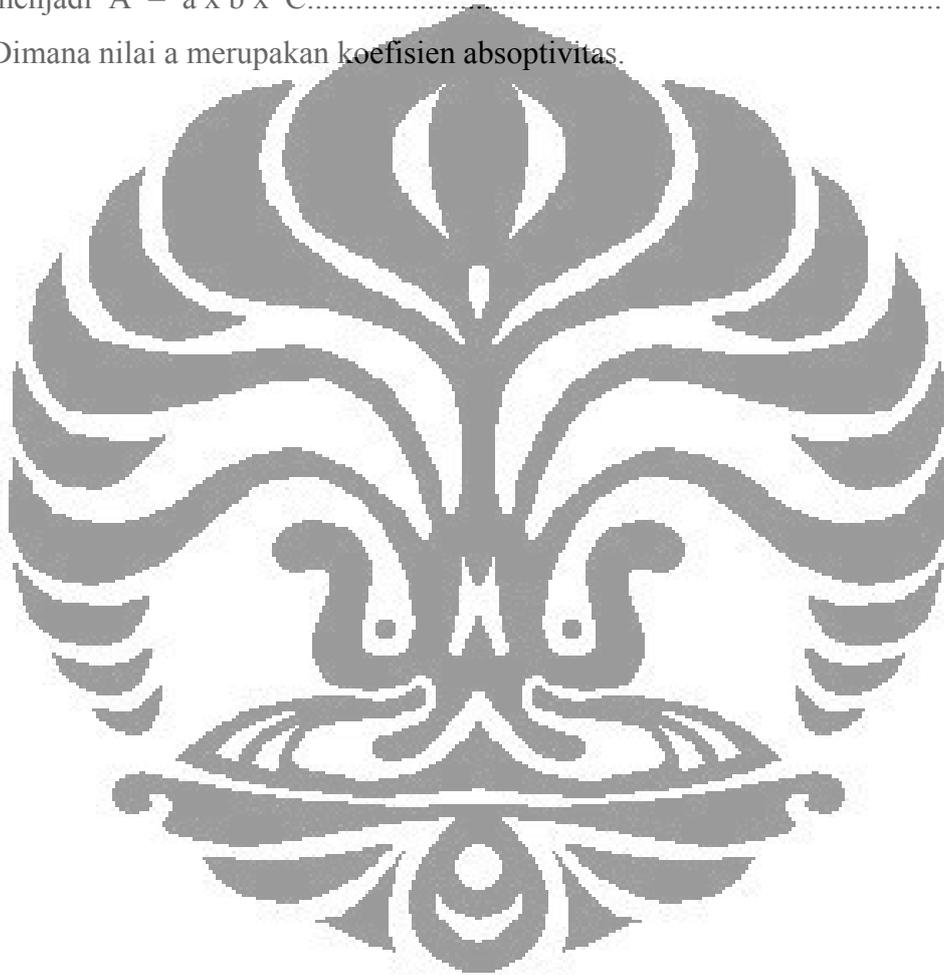
A : Absorbansi;

$\epsilon$  : Absorptivitas molar;

- b : Tebal sel;  
C : Konsentrasi dalam molar  
T : Persen transmittan  
It : Intensitas sinar yang diteruskan dan  
I<sub>0</sub> : Intensitas sinar mula-mula.

Jika massa molekul senyawa belum diketahui maka persamaan Lamber Beer menjadi  $A = a \times b \times C$ .....(2.5)

Dimana nilai a merupakan koefisien absorptivitas.



### BAB 3 METODE PENELITIAN

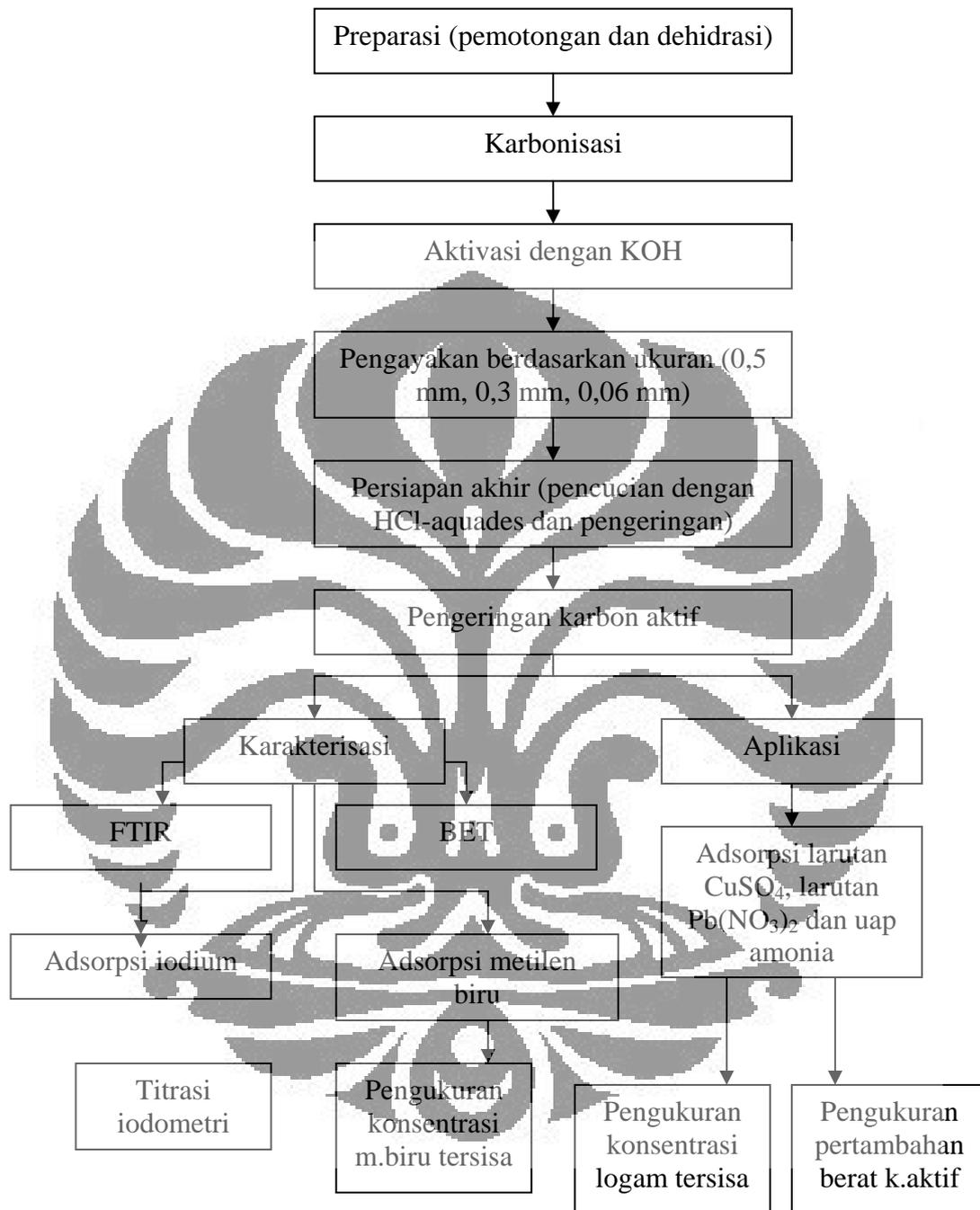
Dalam bab ini akan dibahas diagram alir proses penelitian, peralatan, bahan yang digunakan, variabel penelitian, dan prosedur penelitian yang secara keseluruhan akan dilakukan dalam skala laboratorium.

Proses penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada diagram alir penelitian di bawah ini. Penelitian dimulai dengan proses pengeringan sampah tongkol jagung sampai bobot konstan, kemudian dilakukan proses karbonisasi menggunakan *tube furnace*. Setelah itu, dilakukan proses aktivasi secara kimia menggunakan KOH. Karbon aktif tongkol jagung yang telah terbentuk akan dikarakterisasi. Tahap karakterisasi adalah sebagai berikut :

- Adsorpsi iodium dan metilen biru.
- Uji sampel menggunakan instrumentasi FTIR.
- Uji sampel menggunakan instrumentasi BET isotermaal

Tahap selanjutnya adalah pengaplikasian karbon aktif sebagai adsorben untuk proses adsorpsi limbah buatan dari larutan  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  dan uap amonia.

### 3.1 Diagram Alir Penelitian



**Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian**

### 3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- *Tube Furnace*
- *Muffle Furnace*
- Bata tahan api
- Wadah *Stainless steel*
- Pipet ukur dan pipet tetes
- Labu ukur
- Erlenmeyer
- Gelas ukur
- Buret
- Tabung sentrifuge
- Sentrifuge
- Beaker *glass*
- Corong
- Pengaduk
- Tabung reaksi
- Penyaring mekanik ukuran 0,5 mm, 0,3 mm dan 0,06 mm
- Cawan porselen
- Oven
- Pengaduk magnetik
- Statif
- *Ball valve*
- Kertas saring
- Kertas pH
- Aluminium foil
- Plastik pengeratr
- Pemanas elektrik
- Instrumentasi Spektrofotometer Serapan Atom (AAS)
- Instrumentasi Spektrofotometer Sinar Tampak (UV/Vis)
- Instrumentasi Autosorb BET
- Instrumentasi FTIR

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

- Tongkol jagung
- KOH
- Aquades
- HCl
- I<sub>2</sub>
- KI
- Larutan kanji
- Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.5H<sub>2</sub>O
- Metilen biru
- Larutan buffer KHPO<sub>4</sub>
- Larutan NaHPO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O
- Larutan CuSO<sub>4</sub>, larutan Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, dan larutan amonium hidroksida pekat

### 3.3 Prosedur Penelitian

#### 3.3.1 Karbonisasi

Tongkol jagung di potong kecil- kecil dan dikeringkan dengan oven pada suhu ± 100 °C sampai bobot konstan, kemudian, ditempatkan dalam wadah yang terbuat dari bata tahan api. Tahap selanjutnya adalah mengarangkannya dalam furnace yang dialirkan gas nitrogen untuk meminimalisasi jumlah oksigen, pada suhu 500 °C selama ± 2 jam sampai terbentuk karbon, yang ditandai dengan tidak terbentuknya asap. Suhu furnace diturunkan perlahan sampai 100-150 °C. Karbon tongkol jagung tersebut dimasukkan ke dalam desikator.

#### 3.3.2 Aktivasi Kimia

Karbon yang telah terbentuk dicampur dengan zat pnegaktivasi, yaitu KOH. Perbandingan yang digunakan adalah perbandingan berat 1:1 (1 gram karbon dengan 1 gr KOH padat). Campuran tersebut dilarutkan dalam air dan dididihkan pada suhu 110°C sambil diaduk sampai terbentuk pasta. Setelah terbentuk pasta, dipindahkan ke dalam wadah *stainless steel*. Campuran karbon dan zat pengaktivasi yang berada di wadah lalu dimasukkan ke dalam *muffle furnace* untuk proses pemanasan pada suhu 700-800 °C selama sekitar ½ jam.

### 3.3.3 Persiapan Akhir Karbon Aktif

Karbon yang telah teraktivasi didinginkan dalam desikator. Setelah dingin, dicuci dengan HCl konsentrasi rendah. Pencucian dilanjutkan dengan menggunakan aquades sampai air hasil cucian mendekati pH netral. Karbon aktif selanjutnya dikeringkan dalam oven dengan suhu  $\pm 110$  °C hingga didapat bobot yang konstan. Karbon aktif yang telah kering kemudian diayak dengan penyaring ukuran 0,5 mm, 0,3 mm, dan 0,06 mm. Karbon aktif tongkol jagung disimpan dalam desikator dan selanjutnya siap digunakan.

### 3.3.4 Karakterisasi

#### 3.3.4.1 Adsorpsi Iodium

a. Pembuatan larutan kanji 1 %

Menambahkan 10 mL aquades ke dalam 1 gram kanji dan diaduk hingga tercampur dengan baik. Kemudian ditambahkan aquades yang telah dipanaskan sampai 100 mL, diaduk dan dididihkan beberapa menit. Larutan disiapkan segera sebelum digunakan.

b. Pembuatan larutan natrium tiosulfat 0,1 N

24,82 gram  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  dilarutkan ke dalam 1 liter aquades. Larutan yang dibuat disimpan dalam wadah tertutup dan terhindar dari sinar matahari.

c. Pembuatan larutan iodium 0,1 N

KI sebanyak 25 gram dilarutkan ke dalam 30 mL aquades ke dalam labu ukur 1000 mL. Setelah itu, ditambahkan 12,7 gram  $\text{I}_2$  ke dalam larutan tadi dan dikocok sampai semua  $\text{I}_2$  larut. Setelah itu, diencerkan sampai tanda batas. Larutan disiapkan segera sebelum digunakan. Larutan  $\text{I}_2$  ini disimpan di tempat yang sejuk dan gelap. Larutan iod ini hanya dapat digunakan selama 10 hari.

➤ Standarisasi larutan iodium :

Mengambil larutan iodium sebanyak 25 ml lalu dititrasikan dengan larutan tiosulfat 0,1 N sampai warna kuning dari larutan telah samar. Setelah itu dengan pemakaian 1 ml larutan kanji 1% sebagai

indikator, titrasi dilanjutkan sampai warna biru hilang dari larutan. Kemudian dicatat volume  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  yang terpakai.

$$V_1N_1 = V_2N_2 \dots \dots \dots (3.1)$$

Keterangan :

$V_1$  : Volume  $\text{I}_2$

$V_2$  : Volume  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

$N_1$  : Normalitas  $\text{I}_2$

$N_2$  : Normalitas  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

d. Adsorpsi iodium.

Karbon aktif ditimbang berat awalnya dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Erlenmeyer berisi karbon aktif tersebut kemudian dimasukkan 25 ml larutan  $\text{I}_2$  0,1 N. Selanjutnya labu berisi larutan dan karbon aktif tersebut diaduk dengan pengaduk magnetik selama kurang lebih 1 jam dalam suhu kamar. Setelah itu, larutan yang telah tercampur merata dipindahkan ke tabung *sentrifuge*. Larutan lalu disentrifuge sampai karbon aktif turun dan cairan terlihat bening (sekitar 5 menit). Cairan bening pada bagian atas tabung *sentrifuge* diambil dengan pipet sebanyak 10 ml dan selanjutnya dititrasi oleh  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1 N sampai warna kuning dari larutan telah samar. Setelah itu dengan pemakaian 1 ml larutan kanji 1% sebagai indikator, titrasi dilanjutkan sampai warna biru hilang dari larutan. Kemudian dicatat volume  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  yang terpakai.

### 3.3.4.2 Adsorpsi Metilen Biru

a. Pembuatan larutan buffer fosfat

Pembuatan larutan bufer fosfat (pH 7,4), dilakukan dengan cara mencampur larutan  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (9,072 g/l) dan larutan  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  (23,868 g/l) dengan perbandingan 2 5.

b. Pembuatan larutan metilen biru 0,4 %

Larutan metilen biru 0,4 % dibuat dengan melarutkan sejumlah metilen biru (terlebih dahulu ditentukan kadar air metilen biru). Metilen biru yang diperlukan ditentukan dengan rumus :

$$S = S_1 \cdot \frac{100}{100 - E} \cdot V \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan :

- S : Jumlah metilen biru yang diperlukan (g)  
 S<sub>1</sub> : Kadar metilen biru yang diinginkan (%) yaitu 0,12 %  
 E : Kadar air  
 V : Volume yang diinginkan (mL)

Metilen biru dipanaskan terlebih dahulu dalam oven pada suhu ± 100 °C selama 1 jam untuk menghilangkan kadar air. Kemudian menimbang metilen biru sebanyak hasil perhitungan. Lalu, dilarutkan dalam larutan buffer sebanyak volume yang diinginkan.

c. Adsorpsi metilen biru

Karbon ditimbang sebagai berat awal lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Lalu ditambahkan 50 mL larutan metilen biru 0,4 % (400 ppm). Campuran diaduk dengan magnetik stirrer selama 1 jam. Kemudian larutan disentrifuge selama 10 menit untuk memisahkan metilen biru dan karbon aktif. Filtrat sebanyak 5-10 ml diambil sebagai sampel untuk diukur konsentrasinya menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

d. Pembuatan kurva kalibrasi larutan metilen biru menggunakan instrumentasi Spektrofotometer UV-Vis. Kurva kalibrasi terbentuk dari data konsentrasi vs absorbansi.

e. Filtrat hasil saringan pada langkah sebelumnya diukur konsentrasi metilen biru yang tersisa dengan menggunakan instrumentasi Spektrofotometer UV-Vis. Pengukuran konsentrasi tersisa ini dihitung berdasarkan kurva kalibrasi yang telah dibuat. Kadar metilen biru yang teradsorpsi oleh karbon aktif adalah konsentrasi metilen biru awal dikurangi dengan konsentrasi metilen biru sisa.

### 3.3.4.3 BET

Karbon aktif yang akan diperiksa luas permukaannya harus benar-benar bersih dari uap air maupun zat-zat lain yang mudah menguap (volatile matter) yang melekat di permukaan karbon aktif.

Proses analisa terbagi dalam dua tahap, yaitu *degassing* dan analisis.

a. Proses *degassing*

Proses ini bertujuan untuk membersihkan karbon aktif yang akan diperiksa luas permukaannya dari uap air dan zat-zat lain yang mudah menguap sehingga pengukuran luas permukaan karbon aktif lebih akurat.

Proses *degassing* ini berlangsung pada suhu 150 °C dan tekanan vakum selama 16 jam, juga dialiri gas nitrogen. Setelah itu karbon aktif dianalisis untuk mengetahui luas permukaan, volume pori dan ukuran pori.

Prosedur yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Menimbang karbon aktif seberat kurang lebih 0,4 gram.
- Memasang gas helium UHP pada tekanan 34,475 kPa.
- Memasang *power cable*.
- Memasang *cold trap tube*.
- Mengisi nitrogen cair pada *dewar flask*.
- Menghidupkan *circuit beaker (vacuum dan electronic)*.
- Memasang *heating mantel* dan memasukkan *sample cell* dengan *ferrule* dan *o-ring* yang sesuai.
- Mengatur temperatur 200 °C.
- Menutup semua *valve* termasuk *fine vacuum adjust*.
- Membuka *helium valve* selama lima detik dan menutupnya kembali.
- Membuka *station valve* yang diinginkan.
- Mengatur *fine vacuum adjust* perlahan-lahan. Bila tekanannya mulai berkurang, maka *fine vacuum adjust* dapat diputar lebih besar.
- Membuka *coarse valve*.

Untuk memindahkan karbon dan karbon aktif dan unit degasser ke unit analyzer autosorb, dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- Semua *station valve* dan *vacuum* ditutup.
- Membuka *station valve*, dimana karbon aktif akan dipindahkan, sedangkan yang lainnya dalam keadaan tertutup.

- Membuka *helium valve* selama lima detik dan kemudian ditutup kembali.
- Menutup *station valve* dan memindahkan *heating mantel*.
- Karbon aktif siap dipindahkan ke unit *analyzer autosorb*.

#### b. Analisis

Proses analisis berlangsung secara otomatis oleh komputer sebagai berikut:

- Memasang komputer, gas helium, dan nitrogen (tekanan 70 kPa).
- Menghidupkan *vacuum pump*.
- Menghidupkan komputer dan *electronic breaker*.
- Menggunakan manual mode untuk menguji fungsi *valve-valve* pada unit *autosorb*.
- Memasukkan data pada *acquisition data* seperti berat sampel, waktu tes, kebocoran, jenis adsorbat, dan sebagainya.
- Run (pengambilan data secara otomatis oleh komputer).

### 3.3.5 Aplikasi

#### 3.3.5.1 Adsorpsi Cu

Limbah sebagai adsorbat yang diuji pada penelitian ini adalah larutan yang mengandung ion Cu. Larutan dibuat dari senyawa  $\text{CuSO}_4$ .

- a. Karbon aktif hasil penelitian ditimbang dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Kemudian, ditambahkan larutan  $\text{CuSO}_4$  sebanyak 100 mL dengan kadar Cu 1000 ppm. Selanjutnya, diaduk dengan pengaduk magnetik sesuai variabel waktu kontak yang diinginkan.
- b. Larutan disentrifuge selama menit untuk mengendapkan karbon aktif.
- c. Limbah atau filtrat diambil sekitar 5-10 ml sebagai sampel.
- d. Pembuatan kurva kalibrasi dari larutan yang mengandung Cu menggunakan instrumentasi AAS. Kurva kalibrasi terbentuk dari data konsentrasi vs absorbansi.
- e. Filtrat hasil saringan pada langkah sebelumnya diukur konsentrasi Cu yang tersisa dengan menggunakan instrumentasi AAS. Pengukuran konsentrasi

tersisa ini dihitung berdasarkan kurva kalibrasi yang telah dibuat. Kadar Cu yang teradsorpsi oleh karbon aktif adalah konsentrasi Cu awal dikurangi dengan konsentrasi Cu sisa.

### 3.3.5.2 Adsorpsi Pb

Limbah sebagai adsorbat yang diuji pada penelitian ini adalah larutan yang mengandung ion Pb. Larutan dibuat dari senyawa  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ .

- Karbon aktif hasil penelitian ditimbang dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Kemudian, ditambahkan larutan  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  sebanyak 100 mL dengan kadar Pb 1000 ppm. Selanjutnya, diaduk dengan pengaduk magnetik.
- Kemudian larutan disentrifuge selama 10 menit untuk mengendapkan karbon aktif.
- Limbah atau filtrat diambil sekitar 5-10 ml sebagai sampel.
- Pembuatan kurva kalibrasi dari larutan yang mengandung Pb. Kurva kalibrasi terbentuk dari data konsentrasi vs absorbansi.
- Filtrat hasil saringan pada langkah sebelumnya diukur konsentrasi Pb yang tersisa dengan menggunakan instrumentasi AAS. Panjang gelombang yang digunakan untuk analisa kandungan Pb ini adalah 324,7 nm. Pengukuran konsentrasi tersisa ini dihitung berdasarkan kurva kalibrasi yang telah dibuat. Kadar Pb yang teradsorpsi oleh karbon aktif adalah konsentrasi Pb awal dikurangi dengan konsentrasi Pb sisa.

### 3.3.5.3 Adsorpsi Uap Amonia

- Menimbang berat awal karbon aktif dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer berkepala 2. Kepala bagian atas dari erlenmeyer ditutup rapat dengan *aluminium foil*, plastik pengelat dan lilin sintetik.
- Menyiapkan  $\text{NH}_4\text{OH}$  pekat di dalam erlenmeyer berkepala 2. Kepala bagian atas dari erlenmeyer ditutup rapat dengan *aluminium foil*, plastik dan lilin sintetik.
- Menghubungkan kedua erlenmeyer tersebut dengan selang dengan masing-masing selang terhubung ke kepala bagian samping dari

erlenmeyer. Untuk memastikan tidak adanya kebocoran, maka setiap perhubungan selang dan erlenmeyer juga dilapisi oleh *aluminium foil*, plastik dan lilin sintetik.

- d. Pemanasan  $\text{NH}_4\text{OH}$  pekat dalam erlenmeyer pada suhu 30-40 °C sehingga terbentuk uap amonia yang akan mengalir ke dalam erlenmeyer berisi karbon aktif.
- e. Menimbang berat akhir karbon aktif tiap selang waktu tertentu..

### 3.4 Pengolahan Data

#### 3.4.1 Adsorpsi Iodium

Pada karbon aktif tongkol jagung yang dilakukan karakterisasi dengan metode adsorpsi iodium, diperoleh data volume rata-rata  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (mL) yang diperlukan pada titrasi iodometri. Sehingga, dapat diketahui kemampuan adsorpsi karbon aktif terhadap iodium tersebut. Dari hasil titrasi iodometri tersebut dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Iod yang diadsorpsi :

$$q = \frac{[(V_1 \cdot N_1) - (V_2 \cdot N_2)] \cdot 126,9 \cdot 2,5}{W} \dots (3.3)$$

Keterangan :

q : Iod yang diadsorpsi tiap gram karbon aktif (mg/gr)

V1 : Larutan iod yang digunakan (mL)

N1 : Normalitas larutan iod (N)

V2 : Larutan natrium tiosulfat yang diperlukan (mL)

N2 : Normalitas larutan natrium tiosulfat (N)

126,9 : Bobot setara  $\text{I}_2$

W : Berat karbon aktif yang digunakan (g)

2,5 : Perbandingan larutan iod yang digunakan dengan yang dititrasi (25 mL / 10 mL)

#### 3.4.2 Adsorpsi Metilen Biru

Pada karakteristik daya serap terhadap metilen biru mi, diperoleh data konsentrasi (ppm) dan absorbansi dan standar metilen biru. Kurva kalibrasi ini

dipakai sebagai kalibrasi instrumen spektrofotometer UV/Vis, yaitu konsentrasi (ppm) sebagai x dan absorbansi sebagai sumbu y. Sehingga, diperoleh persamaan linier.

Dengan hasil dari pengukuran dengan spektrofotometri UV-Vis tersebut dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Daya serap metilen biru :

$$q = \frac{[(400 \text{ ppm} \cdot 0,1 \text{ liter}) - (C \cdot 0,05 \text{ liter}) \cdot fp]}{W} \dots \dots \dots (3.4)$$

Keterangan :

- q : Metilen biru yang diadsorpsi tiap gram karbon aktif (mg/gr)  
 400 ppm : Konsentrasi awal  
 0,1 liter : Volume awal larutan  
 C : Konsentrasi metilen biru terbaca (ppm)  
 0,05 liter : Volume larutan metilen biru yang diadsorpsi  
 fp : Faktor pengenceran  
 W : Berat karbon aktif yang digunakan

### 3.4.3 Adsorpsi Cu dan Pb

Pada aplikasi daya serap terhadap limbah buatan  $\text{CuSO}_4$  dan  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  ini, diperoleh data konsentrasi (ppm) dan absorbansi dan standar limbah buatan  $\text{CuSO}_4$  dan  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ . Kurva kalibrasi ini sebagai kalibrasi instrumen spektrofotometri AAS yaitu konsentrasi (ppm) sebagai sumbu x dan absorbansi sebagai sumbu y. Sehingga diperoleh persamaan linear. Dari hasil pengukuran dengan spektrofotometer AAS tersebut, didapat konsentrasi larutan yang tersisa. Berdasarkan konsentrasi sisa yang terhitung, dapat dilakukan perhitungan persentase penyisihan konsentrasi larutan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Penyisihan} = \frac{(C_0 - C_1)}{C_0} \cdot 100\% \dots \dots \dots (3.5)$$

Keterangan :

- $C_0$  : Konsentrasi awal logam dalam larutan (ppm)  
 $C_1$  : Konsentrasi akhir logam dalam larutan setelah adsorpsi (ppm)

Penghitungan kapasitas adsorpsi logam tiap gram karbon aktif dihitung menggunakan persamaan :

$$q = [(C_0.V) - (C_1.V)] \frac{1}{W} \dots\dots\dots(3.6)$$

Keterangan :

- q : Logam yang diadsorpsi tiap gram karbon aktif (mg/gr)
- C<sub>0</sub> : Konsentrasi awal logam dalam larutan (ppm)
- C<sub>1</sub> : Konsentrasi akhir logam dalam larutan setelah adsorpsi (ppm)
- V : Volume larutan yang diadsorpsi
- W : Berat karbon aktif yang digunakan

Pembuatan model kinetika adsorpsi dengan model orde 2 semu dapat digunakan sebagai gambaran bahwa mekanisme adsorpsi terjadi secara kemosorpsi.

- Pembuatan kurva dengan variabel waktu sebagai sumbu-x dan variabel waktu/kapasitas adsorpsi sebagai sumbu-y.
- Membuat persamaan garis linear yang menggambarkan persamaan :

$$\frac{t}{q} = \frac{1}{K.qe^2} + \frac{1}{qe} t \dots\dots\dots(3.7)$$

- Pencocokan nilai koefisien korelasi R<sup>2</sup>, jika bernilai mendekati 1 maka hal tersebut mengindikasikan adsorpsi terjadi secara kemosorpsi.
- Penghitungan qe atau kapasitas adsorpsi logam tiap gram karbon aktif saat keadaan ekuilibria atau kesetimbangan (mg/gr) dengan menggunakan nilai dari persamaan garis dengan mensubstitusikannya ke dalam persamaan (3.7)

#### 3.4.4 Adsorpsi Uap Amonia

Pada tahap ini dihitung besar nilai uap amonia yang dapat diadsorpsi oleh karbon aktif dengan menghitung selisih berat akhir dan berat awal karbon aktif setelah mengadsorpsi uap amonia pada tiap interval waktu yang telah ditentukan.

## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah karbon aktif berbahan dasar sampah tongkol jagung memiliki kemampuan adsorpsi yang baik jika dibandingkan dengan karbon aktif komersil aktif.

#### **4.1 Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung**

##### **4.1.1 Dehidrasi**

Proses dehidrasi merupakan proses penghilangan kandungan air dalam tongkol jagung. Dehidrasi dilakukan dengan memanaskan tongkol jagung yang telah dipotong kecil-kecil di dalam oven yang dioperasikan pada suhu 105 °C hingga diperoleh bobot konstan dari tongkol jagung tersebut. Proses dehidrasi ini bertujuan agar saat karbonisasi, kandungan air pada tongkol jagung sudah habis, sehingga proses pembentukan karbon menjadi lebih sempurna.

##### **4.1.2 Karbonisasi**

Proses karbonisasi merupakan proses pembentukan karbon melalui pembakaran yang dilakukan dalam kondisi jumlah oksigen yang terbatas atau tanpa oksigen. Pembakaran yang terjadi adalah pembakaran yang tidak sempurna untuk memperoleh karbon dengan kemurnian yang tinggi.

Pembakaran dilakukan menggunakan *tube furnace* pada suhu 500 °C selama 2 jam. Suhu ini merupakan suhu optimal untuk memperoleh kadar karbon yang tinggi (Dollimore, dan Aggrawal, 1996). Pada proses karbonisasi, dialirkan gas nitrogen ke dalam *tube furnace* agar gas nitrogen dapat mendorong keluar oksigen yang terdapat dalam *tube* sebagai tempat pembakaran utama. Keberadaan gas nitrogen yang inert akan membuat proses pembakaran menjadi tidak sempurna sehingga kadar karbon yang dihasilkan dari pembakaran tongkol jagung menjadi tinggi.

Karbonisasi mempengaruhi daya adsorpsi karbon aktif yang dibuat. Hal ini disebabkan dekomposisi termal dari bahan baku tongkol jagung akan menghilangkan senyawa-senyawa volatil seperti CH<sub>4</sub>, yang akan menyebabkan pori-pori karbon aktif akan terbentuk (Murti, Septi. 2008).

Dari proses karbonisasi menggunakan *tube furnace* dihasilkan rasio pembentukan arang terhadap tongkol jagung yang cukup tinggi. Dari tiap 5 gram tongkol jagung yang dikarbonisasi akan dihasilkan arang seberat 1 gram.

#### 4.1.3 Aktivasi Kimia

Proses setelah karbonisasi adalah aktivasi kimia. Proses aktivasi bertujuan agar karbon aktif memiliki ukuran pori dan luas permukaan yang lebih besar. Pada penelitian ini, aktivasi yang digunakan adalah aktivasi secara kimia. Karbon yang dihasilkan dari proses karbonisasi dicampur dengan zat kimia sebagai zat pengaktifannya. Proses aktivasi kimia digunakan karena proses aktivasi kimia membutuhkan temperatur operasi yang lebih rendah dan waktu yang lebih singkat dibanding aktivasi secara fisika, seperti aktivasi menggunakan kukus.

Zat pengaktifasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah KOH. KOH mampu merusak permukaan karbon aktif dan dengan masuknya unsur-unsur mineral di antara pelat-pelat heksagon dari kristalit pada karbon aktif dapat membuka pori pada permukaan karbon aktif yang mula-mula masih tertutup serta memperbesar pori yang ada pada karbon aktif. Proses ini dapat menambah luas permukaan karbon aktif dan memperbesar kemampuan karbon aktif untuk adsorpsi kimia (National Organic Standards Board Technical Advisory Panel Review, 2002. *Activated Carbon Processing*. Amerika).

Proses aktivasi kimia dilakukan pada suhu 800 °C selama 30 menit menggunakan *muffle furnace*. Pada kondisi ini, karbon aktif yang dihasilkan memiliki rasio yang baik terhadap karbon (Dollimore, dan Aggrawal, 1996). Rasio pembentukan karbon aktif ini diharapkan tidak terlalu rendah, karena diharapkan tidak banyak karbon terdekomposisi menjadi abu dan karbon aktif yang dapat dihasilkan juga banyak. Dari proses aktivasi ini, berat karbon aktif yang dihasilkan kurang lebih 90 % dari berat awal karbon, atau didapat 9 gr karbon aktif tiap 10 gr karbon yang diaktivasi.

Pemakaian zat pengaktifasi mengakibatkan pengotoran pada karbon aktif yang dihasilkan. Oleh karena itu, karbon aktif yang dihasilkan akan dicuci dengan HCl dan aquades hingga mencapai pH netral untuk membersihkan karbon aktif dari pengotornya, terutama zat pengaktifasi yang dipakai.

#### 4.1.4 Persiapan Akhir

Tahap akhir dari pembuatan karbon aktif ini adalah pengeringan lagi karbon aktif dengan oven. Setelah pengeringan, karbon aktif ditumbuk dan disaring sesuai variasi ukuran yang diinginkan dan disimpan dalam desikator agar karbon aktif bersih dari uap air yang dapat mengurangi kemampuan adsorpsi karbon aktif.

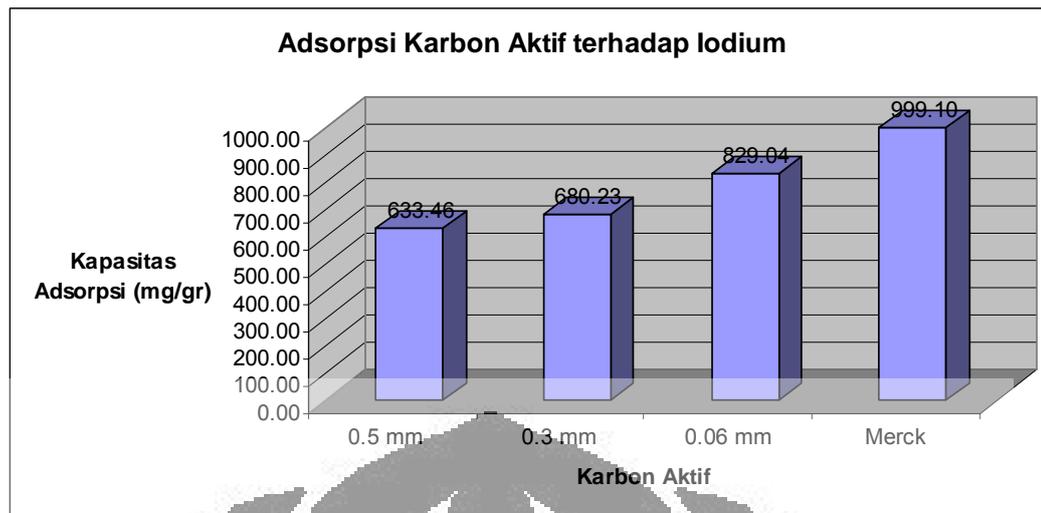
### 4.2 Karakterisasi Karbon Aktif

#### 4.2.1 Adsorpsi Iodium

Uji adsorpsi iodium merupakan parameter untuk mengetahui kemampuan karbon aktif dalam menyerap molekul-molekul dengan ukuran kecil. Besarnya nilai adsorpsi karbon aktif terhadap iodium memberikan petunjuk terhadap besarnya ukuran pori dari karbon aktif yang dapat dimasuki oleh molekul yang ukurannya tidak lebih dari 20-40 Å. Selain itu, uji adsorpsi iodium juga dijadikan parameter kemampuan adsorpsi karbon aktif dalam menyerap zat dalam fasa cair (*Activated Carbon*. n.d.).

Uji adsorpsi iodium ini dilakukan dengan metode titrasi iodometri. Secara umum kemampuan adsorpsi karbon aktif terhadap iodium adalah 500-1200 mg/gr, yaitu tiap gr karbon aktif mampu menyerap iodium sebesar 500-1200 mg (*Activated Carbon*. n.d.).

Hasil analisis kemampuan adsorpsi karbon aktif terhadap iodium dapat dilihat pada Gambar 4.1. Berat karbon aktif masing-masing adalah 0,75 gr. Waktu kontak yang digunakan adalah 1 jam.



**Gambar 4.1. Hasil Uji Kemampuan Adsorpsi Iodium oleh Karbon Aktif Tongkol Jagung dan Karbon Aktif Komersil dengan Berat 0,75 gram dan Waktu Kontak 1 Jam**

Dari Gambar 4.1. dapat dilihat kapasitas adsorpsi karbon aktif dari tongkol jagung terhadap molekul iodium, yaitu antara 633,46 mg/gr hingga 829,04 mg/gr. Kemampuan adsorpsi terhadap iodium yang terendah oleh karbon aktif tongkol jagung adalah karbon aktif tongkol jagung berukuran 0,5 mm, sedangkan kemampuan adsorpsi terhadap iodium yang tertinggi oleh karbon aktif tongkol jagung adalah yang berukuran 0,06 mm. Karbon aktif yang memiliki kemampuan adsorpsi terbesar terhadap iodium adalah karbon aktif komersil Merck, yaitu 999,10 mg/gr.

Kemampuan adsorpsi karbon aktif tongkol jagung terhadap iodium termasuk baik meskipun tidak sebaik karbon aktif Merck. Hal ini bisa disebabkan beberapa faktor, seperti kondisi operasi saat karbonisasi dan aktivasi yang kurang sesuai. Waktu yang berlebih saat karbonisasi dan aktivasi menimbulkan banyak terbentuknya abu yang mengandung mineral seperti kalium, natrium dan kalsium yang menutupi mikropori sehingga iodium tidak teradsorpsi dengan baik di keseluruhan permukaan karbon aktif. Meskipun diperkirakan banyak mikropori yang tertutup abu yang mengakibatkan kurang besarnya nilai adsorpsi karbon aktif tongkol jagung terhadap molekul iodium, dapat dikatakan ikatan hidrogen dan karbon pada polimer selulosa, hemiselulosa dan lignin sudah terlepas dengan sempurna. Hal ini dapat terlihat adsorpsi terhadap iodium yang sudah masuk

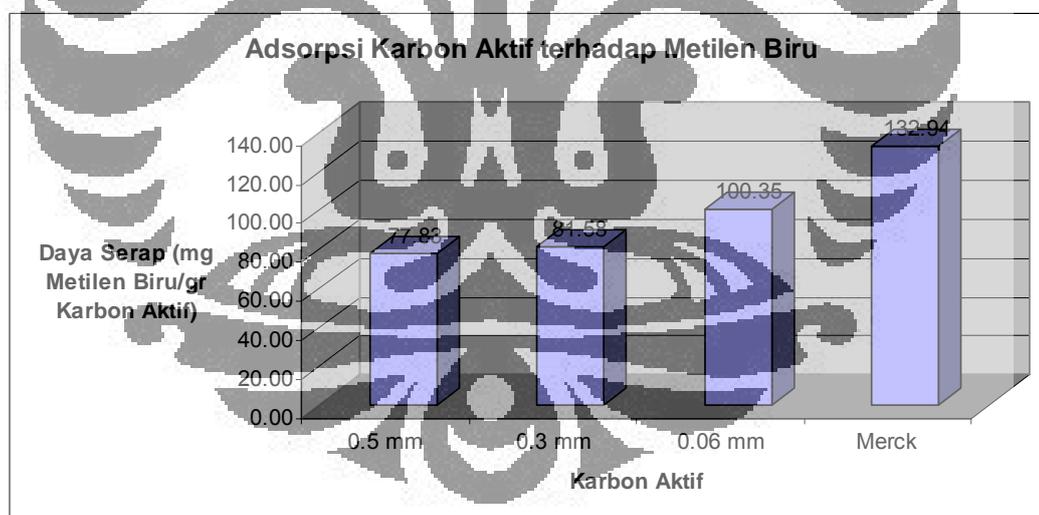
dalam rentang yang juga berarti karbon aktif tongkol jagung cukup memadai untuk mengadsorpsi iodium

#### 4.2.2 Adsorpsi Metilen Biru

Uji metilen biru merupakan parameter untuk melihat kemampuan karbon aktif untuk menyerap molekul dengan ukuran sedang dan besar. Besarnya ukuran pori dari karbon aktif yang dapat dimasuki oleh metilen biru adalah 20-500 °A. Hal ini sekaligus menandakan adanya mesopori dan makropori (*Activated Carbon*. n.d.). Selain itu, uji adsorpsi metilen biru juga dijadikan parameter kemampuan adsorpsi karbon aktif dalam menyerap zat warna dalam fasa cair.

Uji adsorpsi metilen biru ini dilakukan dengan metode adsorpsi secara *batch*. Kemampuan adsorpsi karbon aktif terhadap metilen biru secara umum adalah 110-280 mg/gr (*Activated Carbon*. n.d.).

Hasil analisa kemampuan adsorpsi karbon aktif terhadap metilen biru terlihat pada Gambar 4.2. Berat karbon aktif yang digunakan masing-masing 0,15 gram. Waktu kontak yang digunakan adalah 1 jam.



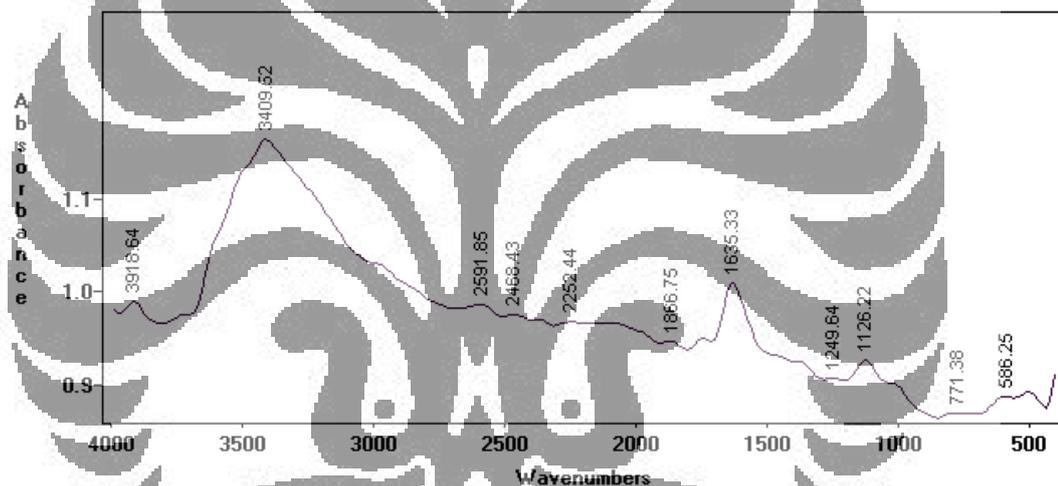
**Gambar 4.2. Hasil Uji Kemampuan Adsorpsi Iodium oleh Karbon Aktif Tongkol Jagung dan Karbon Aktif Komersil dengan Berat 0,15 gram pada Waktu Kontak 1 Jam**

Dari Gambar 4.2. dapat terlihat kemampuan adsorpsi karbon aktif dari tongkol jagung berkisar antara 77.83 mg/gr hingga 100.35 mg/gr. Kemampuan adsorpsi terhadap metilen biru yang terendah oleh karbon aktif tongkol jagung adalah karbon aktif tongkol jagung berukuran 0.5 mm, sedangkan kemampuan

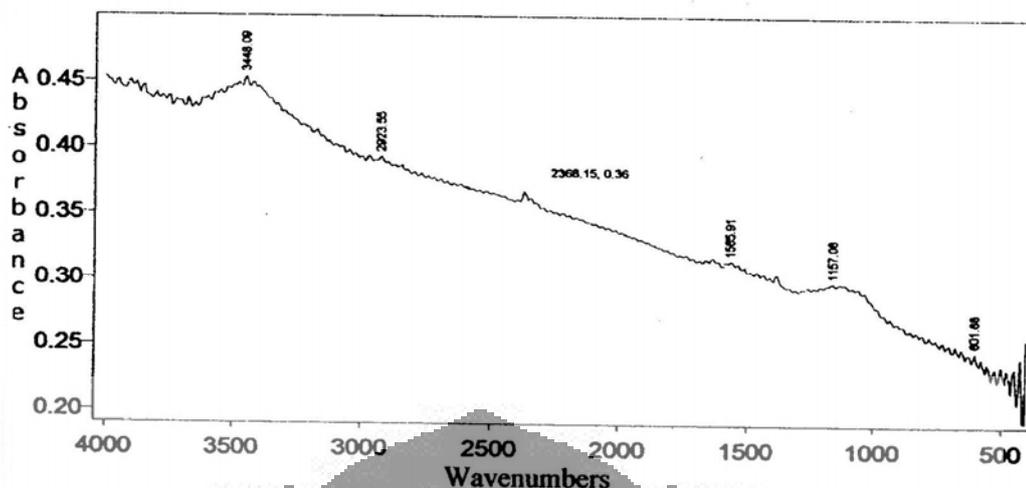
adsorpsi terhadap metilen biru yang tertinggi dari karbon aktif tongkol jagung adalah yang berukuran 0,06 mm. Karbon aktif yang memiliki kemampuan adsorpsi terbesar terhadap metilen biru adalah karbon aktif komersil Merck, yaitu 132,94 mg/gr.

Karbon aktif dari tongkol jagung dapat dikategorikan memiliki kemampuan adsorpsi yang baik terhadap metilen biru, namun tidak sebaik karbon aktif komersil. Hal ini mengindikasikan volume makropori yang terdapat pada karbon aktif tongkol jagung yang berperan besar dalam adsorpsi molekul besar tidak sebesar karbon aktif Komersil.

#### 4.2.3 Karakterisasi FTIR



Gambar 4.3. Hasil Analisa FT-IR Karbon Aktif Tongkol Jagung

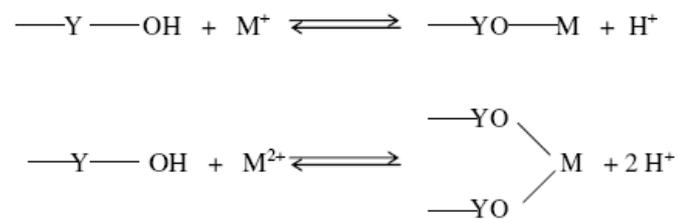


**Gambar 4.4. Hasil Analisa FT-IR Karbon Aktif Komersil**

Analisa menggunakan instrumentasi FTIR ini dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi dan ikatan yang terdapat pada karbon aktif yang dipakai sebagai adsorben. Dari gambar tersebut terlihat bahwa pada karbon aktif tongkol jagung terdapat beberapa rentang gelombang dengan absorbansi yang tinggi dan juga rendah. Seperti adanya absorbansi yang tinggi pada gelombang 3000-3500  $\text{cm}^{-1}$ .

Menurut tabel korelasi serapan IR, pada Gambar 4.3. rentang gelombang 3000-3500  $\text{cm}^{-1}$  menandakan adanya gugus amina dengan ikatan N-H. Rentang gelombang tersebut juga dapat diinterpretasikan dengan adanya ikatan O-H. Gugus fungsi ini menunjukkan adanya ikatan hidrogen. Seperti halnya rentang gelombang 3000-3500  $\text{cm}^{-1}$ , gugus amina juga ditunjukkan oleh puncak absorbansi pada rentang 1635  $\text{cm}^{-1}$ . Rentang gelombang 1600-1700  $\text{cm}^{-1}$  juga menunjukkan adanya ikatan C-O.

Dari hasil analisa FTIR tersebut, jika interpretasi adanya ikatan hidrogen merupakan hal yang tepat, maka dapat diasumsikan jika karbon aktif tongkol jagung memiliki daya adsorpsi yang memadai terkait terdapatnya gugus karboksilik yang berpengaruh dalam proses adsorpsi logam berat. Selain itu, adanya deteksi ikatan O-H mengindikasikan karbon aktif memiliki kemampuan adsorpsi terhadap logam dengan mekanisme berikut :

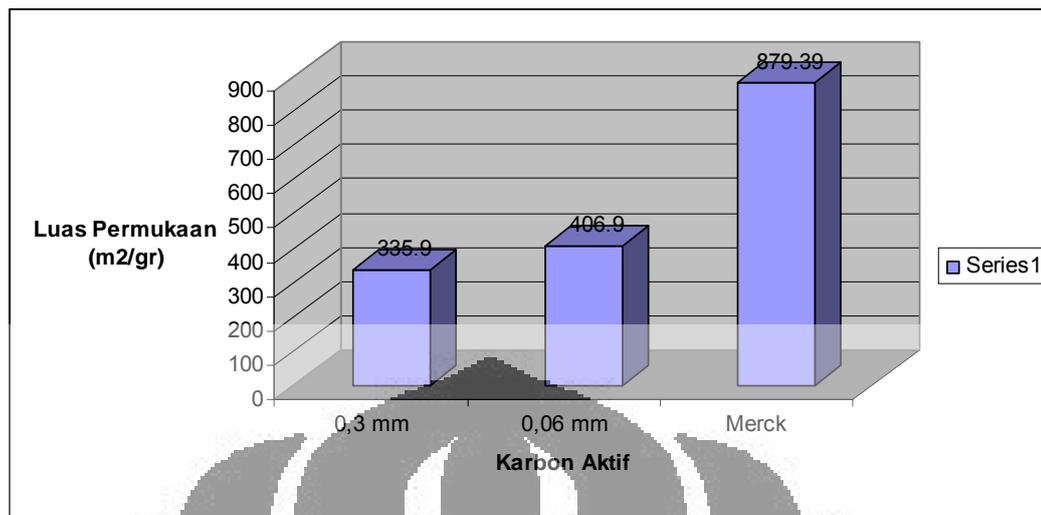


**Gambar 4.5. Interpretasi Mekanisme Adsorpsi dengan Adanya Ikatan O-H**

$\text{M}^+$  dan  $\text{M}^{2+}$  adalah ion logam, -OH adalah gugus hidroksil dan Y adalah matriks tempat gugus -OH terikat. Interaksi antara gugus -OH dengan ion logam juga memungkinkan melalui mekanisme pembentukan kompleks koordinasi karena atom oksigen (O) pada gugus -OH mempunyai pasangan elektron bebas, sedangkan ion logam mempunyai orbital d kosong. Pasangan elektron bebas tersebut akan menempati orbital kosong yang dimiliki oleh ion logam, sehingga terbentuk suatu senyawa atau ion kompleks.

Pada gambar 4.4. tidak terlihat ada gugus fungsi yang terlalu dominan dibanding yang lain, hal ini mengindikasikan karbon aktif komersil terdekomposisi dengan baik saat pembuatannya sehingga permukaannya memiliki berbagai gugus fungsi. Terlihat ketika suatu rentang gelombang yang menunjukkan suatu ikatan atau gugus fungsi telah terbaca oleh instrumentasi, telah terbaca lagi suatu puncak baru dari suatu rentang gelombang dari gugus yang lain.

#### 4.2.4 Karakterisasi BET



**Gambar 4.6. Luas Permukaan Karbon Aktif Tongkol Jagung dan Karbon Aktif Komersil berdasarkan Analisa BET**

Dari Gambar 4.6. dapat dilihat luas permukaan karbon aktif tongkol jagung berukuran 0,3 mm dan 0,06 mm serta karbon aktif komersil. Dari gambar tersebut jelas terlihat perbedaan cukup mencolok antara karbon aktif tongkol jagung dan karbon aktif komersil. Luas permukaan merupakan salah satu faktor penting dalam proses adsorpsi. Semakin besar luas permukaan maka kemampuan adsorpsi suatu adsorben akan semakin baik.

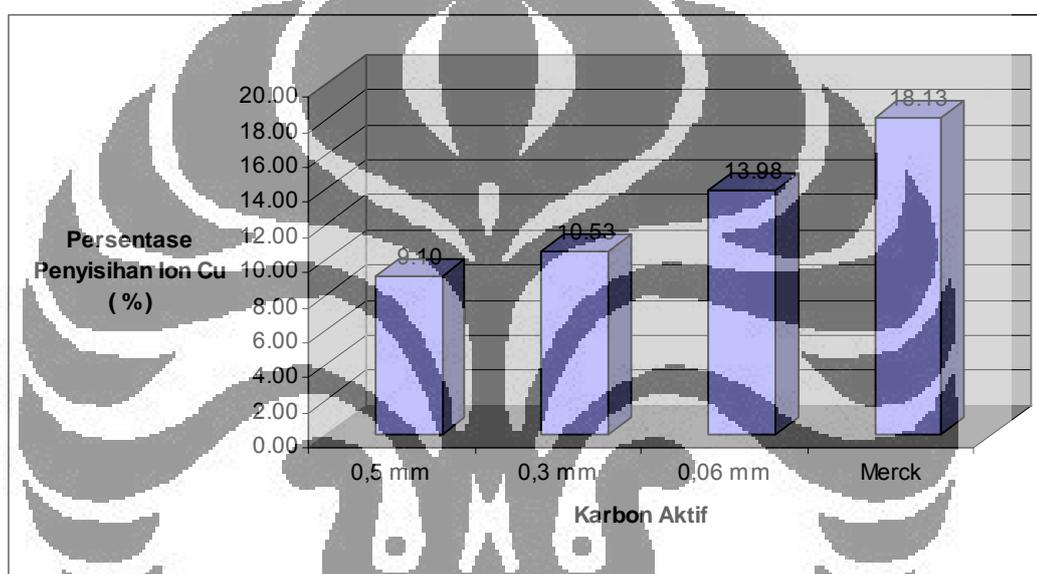
Pengaruh luas permukaan dapat dilihat pada sub-bab adsorpsi logam dan uap amonia ataupun pada saat tahap karakterisasi adsorpsi iodum dan adsorpsi metilen biru. Pada hasil dari sub-bab tersebut, secara umum karbon aktif komersil memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik dari karbon aktif tongkol jagung karena memiliki luas permukaan yang lebih besar dari karbon aktif tongkol jagung. Luas permukaan karbon aktif tongkol jagung yang termasuk kecil jika dibandingkan karbon aktif komersil dapat disebabkan penggunaan waktu saat karbonisasi dan aktivasi yang terlalu lama. Hal ini menyebabkan karbon aktif yang terbentuk berubah menjadi abu yang malah menutupi pori dan mengurangi luas permukaan karbon aktif.

### 4.3. Aplikasi

#### 4.3.1 Adsorpsi Cu

##### a. Pengaruh Ukuran Adsorben terhadap Persentase Penyisihan konsentrasi Adsorbat

Hasil uji adsorpsi karbon aktif tongkol jagung dan karbon aktif Merck terhadap Cu dalam suatu larutan dengan penggunaan variasi ukuran karbon aktif tongkol jagung dapat dilihat pada Gambar 4.7. Berat karbon aktif yang dipakai masing-masing 0,1 gr. Larutan Cu yang digunakan berkonsentrasi 1000 ppm, volume 0,1 liter. Adsorpsi ini dilakukan dengan waktu kontak 4 jam.



**Gambar 4.7. Hasil Uji Adsorpsi Larutan Cu 1000 ppm oleh Karbon Aktif dengan Penggunaan Variasi Ukuran Karbon Aktif tongkol Jagung pada Waktu Kontak 4 jam**

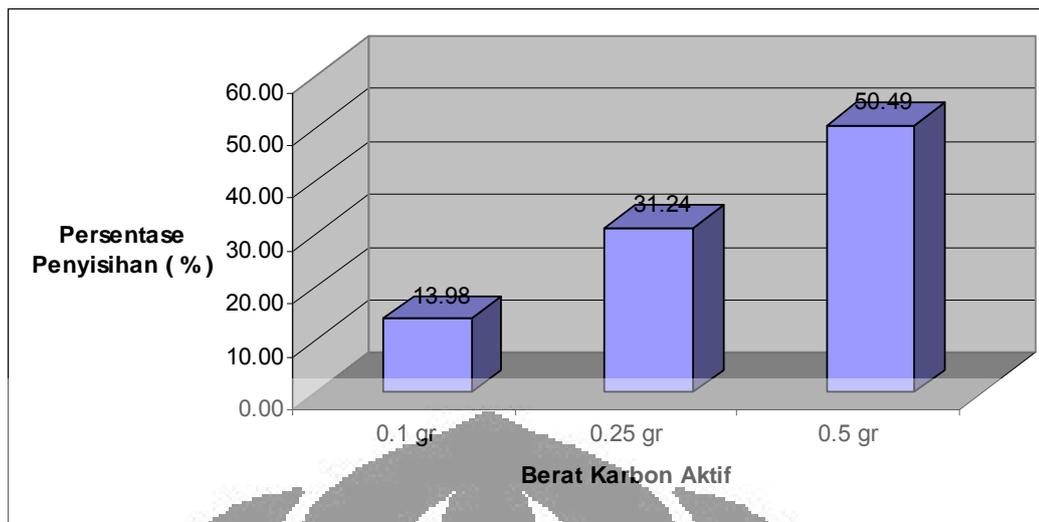
Dari Gambar 4.7. dapat dilihat kemampuan adsorpsi karbon aktif tongkol jagung dan karbon aktif Merck terhadap Cu yang digambarkan dengan persentase penyisihan konsentrasi Cu dari suatu larutan. Kemampuan adsorpsi terhadap Cu yang terendah dari karbon aktif tongkol jagung adalah karbon aktif tongkol jagung adalah ukuran 0.3 mm, dengan persentase penyisihan 9,10 %. Sedangkan kemampuan adsorpsi terhadap Cu yang tertinggi dari karbon aktif tongkol jagung adalah yang berukuran 0,06 mm, dengan persentase penyisihan 13,98 %.. Karbon aktif yang memiliki kemampuan adsorpsi terbesar terhadap ion Cu adalah karbon aktif komersil Merck, dengan persentase penyisihan 18,13 %.

Menurut literatur, semakin kecil ukuran suatu adsorben, maka kemampuan adsorpsinya terhadap suatu larutan akan semakin besar. Hal ini dapat terlihat pada gambar yang menunjukkan adsorpsi terbesar karbon aktif tongkol jagung didapat pada ukuran 0,06 mm. Hal ini terjadi karena adsorpsi kimia yang terjadi membutuhkan situs aktif yang besar sebagai media adsorpsi. Situs aktif yang besar didapat dengan memperkecil ukuran adsorben karbon aktif tongkol jagung. Semakin kecil ukuran karbon aktif tiap gramnya, maka semakin besar pula situs aktif yang dimiliki tiap gramnya.

Daya serap terhadap Cu ini termasuk baik meskipun tidak sebaik karbon aktif Merck. Hal ini sesuai dengan yang terjadi pada karakterisasi karbon aktif untuk uji adsorpsi iodium yang bisa dijadikan parameter kemampuan adsorpsi molekul berukuran kecil. Molekul Cu akan condong teradsorpsi melalui mikropori, oleh karena itu faktor penyebab kemampuan adsorpsi karbon aktif dari tongkol jagung terhadap Cu tidak sebaik karbon aktif komersil sama seperti faktor penyebab kurang optimalnya daya serap karbon aktif tongkol jagung terhadap iodium. Pengotor yang mengandung mineral seperti kalium, natrium dan kalsium yang menutupi mikropori sehingga iodium tidak teradsorpsi dengan baik di keseluruhan permukaan karbon aktif.

#### **b. Pengaruh Dosis Adsorben terhadap Persentase Penyisihan Konsentrasi Adsorbat**

Hasil uji adsorpsi karbon aktif tongkol jagung terhadap Cu dalam suatu larutan dengan menggunakan variasi berat adsorben karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 4.8. Karbon aktif yang dipakai sebagai adsorben adalah karbon aktif tongkol jagung berukuran 0,06 mm. Larutan yang dipakai adalah larutan Cu 1000 ppm, volume 0,1 liter.

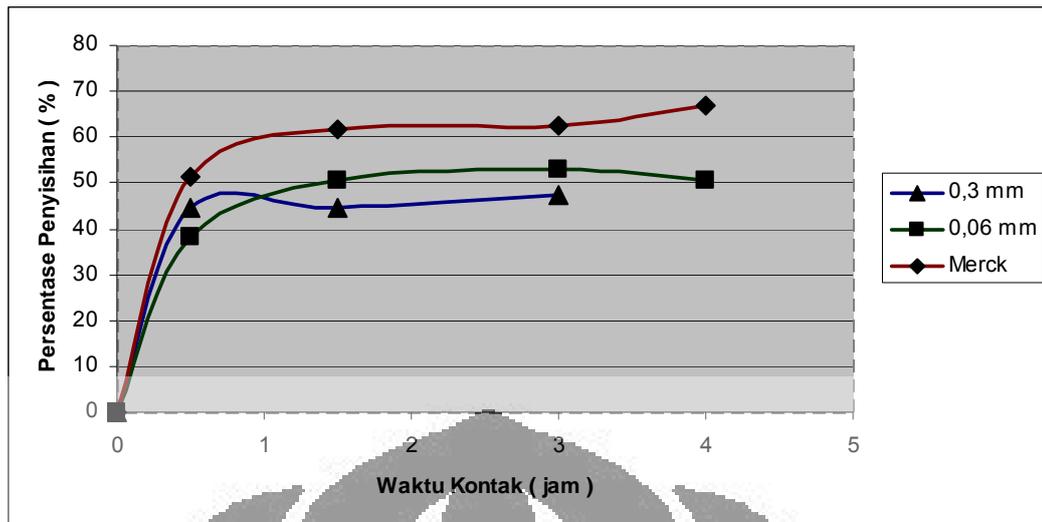


**Gambar 4.8. Hasil Uji Adsorpsi Larutan Cu 1000 ppm oleh Karbon Aktif Tongkol Jagung dengan Penggunaan Variasi Berat Adsorben Karbon Aktif pada Waktu Kontak 4 Jam**

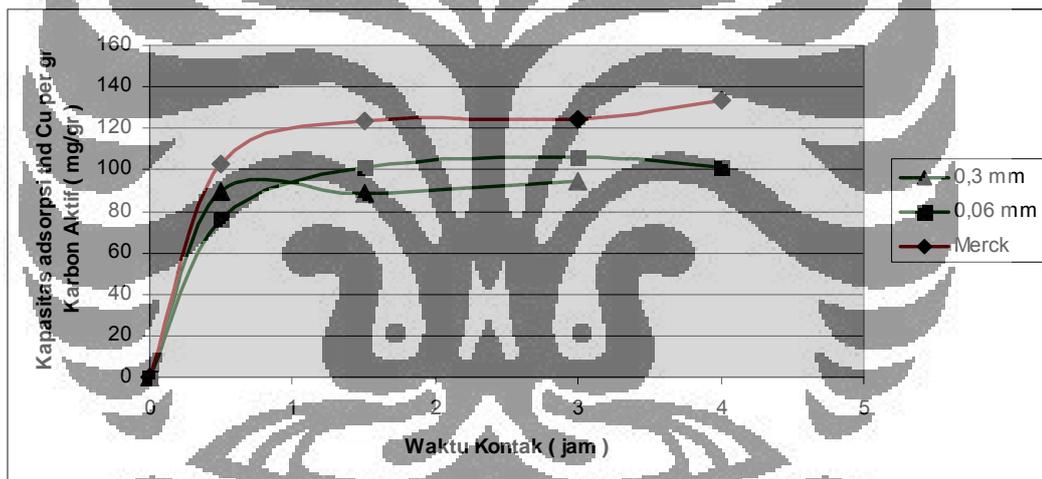
Gambar 4.8. menggambarkan pengaruh dosis adsorbent pada besarnya persentase penyisihan konsentrasi ion Cu dari suatu larutan. Dari grafik terlihat, semakin besar jumlah adsorben yang dipakai maka persentase penyisihan konsentrasi juga akan semakin besar. Hal ini menjelaskan bahwa makin banyak adsorbat yang teradsorpsi seiring dengan semakin banyaknya media untuk adsorpsi. Dari grafik dapat terlihat penambahan berat karbon hingga 2 kali lipat akan memberikan efek yang signifikan terhadap persentase penyisihan hingga hampir 3 kali lipat.

**c. Pengaruh Waktu Kontak terhadap Persentase Penyisihan Konsentrasi Adsorbat dan Kapasitas Adsorpsi per gram Adsorben tiap Interval Waktu**

Hasil uji adsorpsi karbon aktif tongkol jagung dan karbon aktif Merck terhadap Cu dalam suatu larutan dengan menggunakan variasi waktu kontak adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 4.9. dan 4.10. Karbon aktif yang dipakai sebagai adsorben adalah karbon aktif tongkol jagung berukuran 0,3 mm; 0,06 mm dan karbon aktif Merck. Berat masing-masing karbon aktif adalah 0,5 gram. Larutan yang dipakai adalah larutan Cu 1000 ppm, volume 0,1 liter.



**Gambar 4.9. Persentase Penyisihan Konsentrasi Larutan Cu 1000 ppm oleh Karbon Aktif Tongkol Jagung 0,3 mm; 0,06 mm dan Karbon Aktif Komersil dengan Penggunaan Variasi Waktu Kontak Adsorpsi**



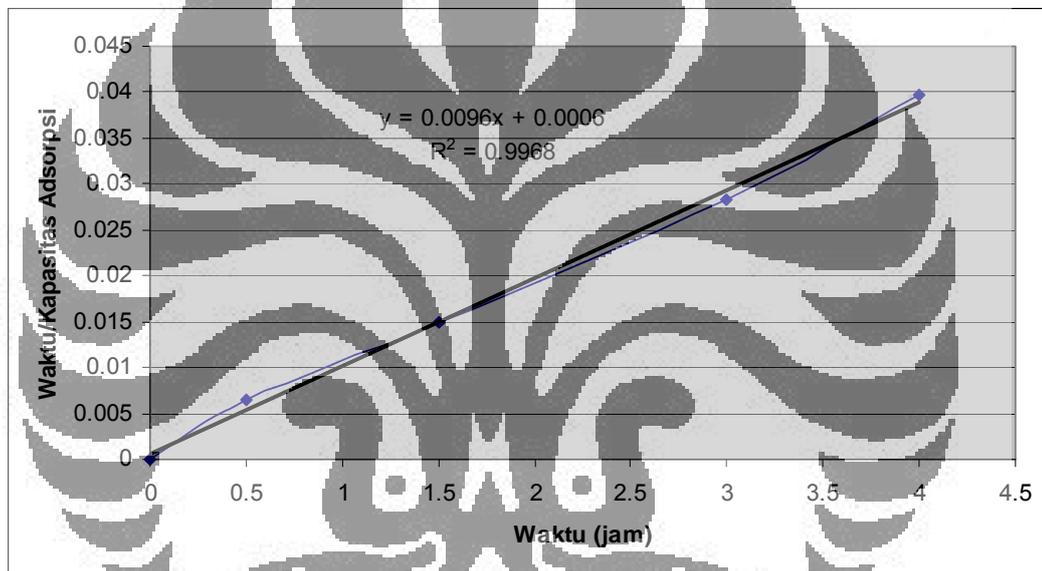
**Gambar 4.10. Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif Tongkol Jagung 0,3 mm; 0,06 mm dan Karbon Aktif Komersil terhadap Cu dengan Penggunaan Variasi Waktu Kontak Adsorpsi**

Gambar 4.9. dan 4.10. tersebut menunjukkan pengaruh lamanya waktu kontak adsorpsi terhadap banyaknya adsorbat yang dapat teradsorpsi oleh karbon aktif. Dari grafik dapat dilihat pola yang menanjak pada awal waktu adsorpsi dan pola yang relatif datar pada akhir waktu adsorpsi. Waktu kontak yang lama akan memberikan nilai besar adsorpsi yang relatif tetap, hal ini menunjukkan terbentuk ikatan yang kuat antara adsorbat dan adsorben, sehingga ikatan yang terbentuk merupakan ikatan yang kuat dan tidak mudah terputus.

#### d. Kinetika Adsorpsi

Untuk menginterpretasikan mekanisme adsorpsi ion Cu menggunakan karbon aktif, maka diperlukan model persamaan. Model persamaan yang dipakai adalah reaksi orde 2 semu, yang mengindikasikan adsorpsi terjadi secara kemisorpsi atau adsorpsi dengan adanya ikatan kimia.

Dengan menggunakan data-data yang tersedia, dibuat plot data waktu vs waktu/kapasitas adsorpsi. Data yang dipakai adalah data dari karbon aktif tongkol jagung berukuran 0,06 mm karena berdasarkan data daya serap yang telah terhitung sebelumnya, daya serap terbaik didapat oleh karbon aktif tongkol jagung berukuran 0,06 mm.



**Gambar 4.11. Kinetika Adsorpsi Cu oleh Karbon Aktif tongkol Jagung Ukuran 0,06 mm Mengacu Persamaan Model Orde 2 Semu**

Dari plot data pada Gambar 4.11. tersebut didapat variabel koefisien korelasi  $R^2$  yang menunjukkan aplikabilitas dari model orde 2 semu ini. Dari grafik dapat dilihat nilai  $R^2$  mendekati 1. Maka dapat dikatakan data adsorpsi yang didapat cocok dengan persamaan model orde 2 semu, yang berarti mengindikasikan adsorpsi ion Cu oleh karbon aktif terjadi secara kemisorpsi. Melalui plot data tersebut juga didapat persamaan garis yang terdapat mewakili persamaan :

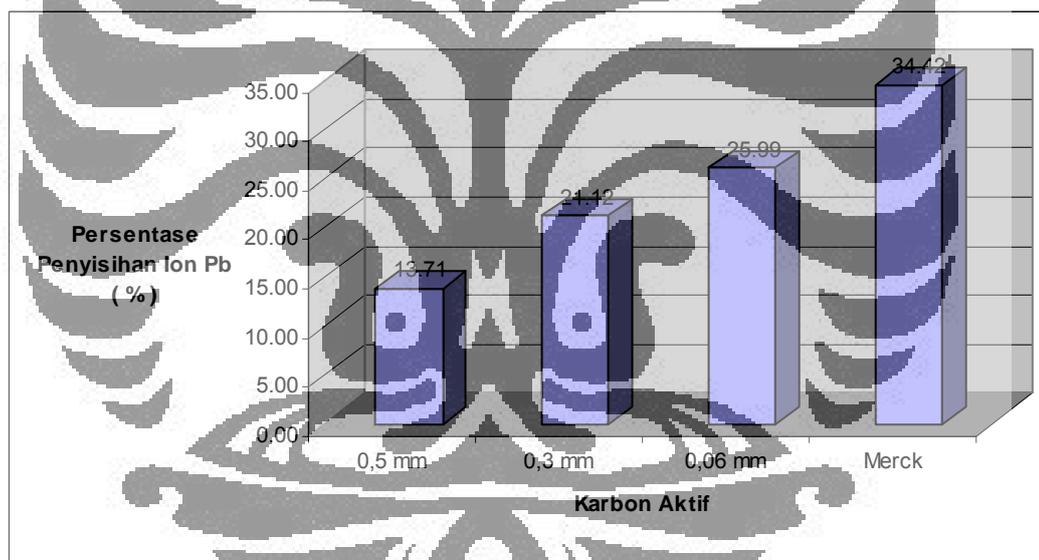
$$\frac{t}{q} = \frac{1}{K.qe^2} + \frac{1}{qe}.t$$

Persamaan tersebut secara tidak langsung dapat menghitung  $q_e$  atau kapasitas adsorpsi karbon aktif terhadap Cu tiap gramnya pada saat terjadi ekuilibria atau kesetimbangan. Dari perhitungan menggunakan persamaan di atas, didapat  $q_e$  sebesar 104,49 mg/gr.

### 4.3.2 Adsorpsi Pb

#### a. Pengaruh Ukuran Adsorben terhadap Persentase Penyisihan Konsentrasi Adsorbat

Hasil uji adsorpsi karbon aktif tongkol jagung dan karbon aktif Merck terhadap Pb dalam suatu larutan dengan penggunaan variasi ukuran karbon aktif tongkol jagung dapat dilihat pada Gambar 4.12. Berat karbon aktif yang dipakai masing-masing 0,1 gr. Larutan Pb yang digunakan berkonsentrasi 1000 ppm, volume 0,1 liter. Adsorpsi ini dilakukan dengan waktu kontak 4 jam.



**Gambar 4.12. Hasil Uji Adsorpsi Larutan Pb 1000 ppm oleh Karbon Aktif dengan Penggunaan Variasi Ukuran Karbon Aktif tongkol Jagung pada Waktu Kontak 4 jam**

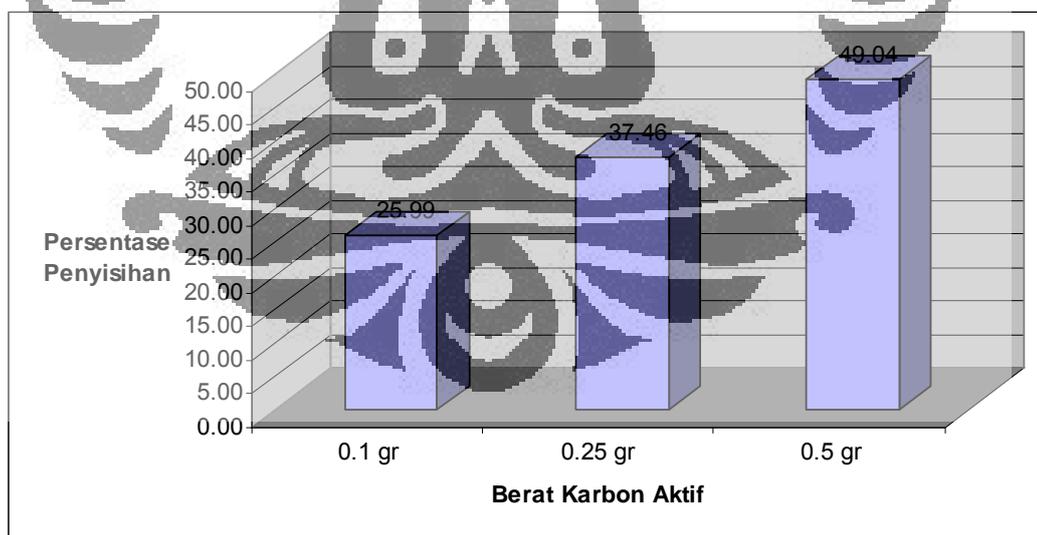
Dari Gambar 4.12. dapat dilihat kemampuan adsorpsi karbon aktif tongkol jagung dan karbon aktif Merck terhadap ion Pb yang digambarkan dengan persentase penyisihan ion Pb dari suatu larutan. Kemampuan adsorpsi terhadap ion Pb yang terendah dari karbon aktif tongkol jagung adalah yang berukuran 0,5 mm, dengan persentase penyisihan 13,71 %, sedangkan kemampuan adsorpsi terhadap Pb yang tertinggi dari karbon aktif tongkol jagung adalah yang

berukuran 0,3 mm, dengan persentase penyisihan 25,99 %.. Karbon aktif yang memiliki kemampuan adsorpsi terbesar terhadap ion Pb adalah karbon aktif komersil Merck, dengan persentase penyisihan 34,42 %.

Menurut literatur, semakin kecil ukuran suatu adsorben, maka kemampuan adsorpsinya dalam suatu larutan akan semakin besar. Hal ini dapat terlihat pada gambar yang menunjukkan adsorpsi terbesar karbon aktif tongkol jagung didapat pada ukuran 0,06 mm. Hal ini terjadi karena adsorpsi kimia yang terjadi membutuhkan situs aktif yang besar sebagai media adsorpsi. Situs aktif yang besar didapat dengan memperkecil ukuran adsorben karbon aktif tongkol jagung. Semakin kecil ukuran karbon aktif tiap gramnya, maka semakin besar pula situs aktif yang dimiliki tiap gramnya.

#### b. Pengaruh Dosis Adsorben terhadap Persentase Penyisihan Konsentrasi Adsorbat

Hasil uji adsorpsi karbon aktif tongkol jagung terhadap Pb dalam suatu larutan dengan menggunakan variasi berat adsorben karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 4.13. Karbon aktif yang dipakai sebagai adsorben adalah karbon aktif tongkol jagung berukuran 0.06 mm. Larutan yang dipakai adalah larutan Pb 1000 ppm, volume 0,1 liter.



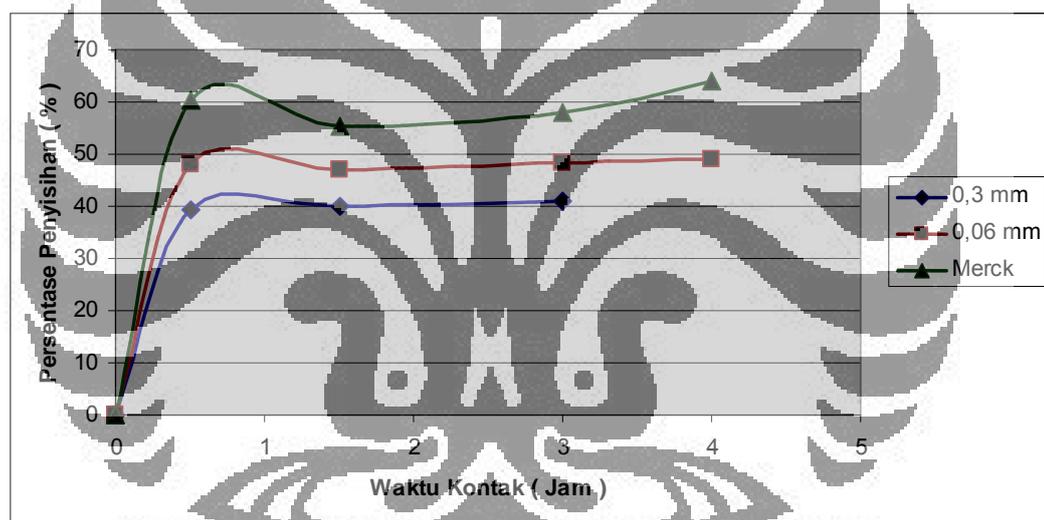
**Gambar 4.13. Hasil Uji Adsorpsi Larutan Pb 1000 ppm oleh Karbon Aktif Tongkol Jagung dengan Penggunaan Variasi Berat Adsorben Karbon Aktif pada Waktu Kontak 4 Jam**

Gambar 4.13. tersebut menggambarkan pengaruh dosis adsorbent pada besarnya persentase penyisihan konsentrasi ion Pb dari suatu larutan. Dari grafik

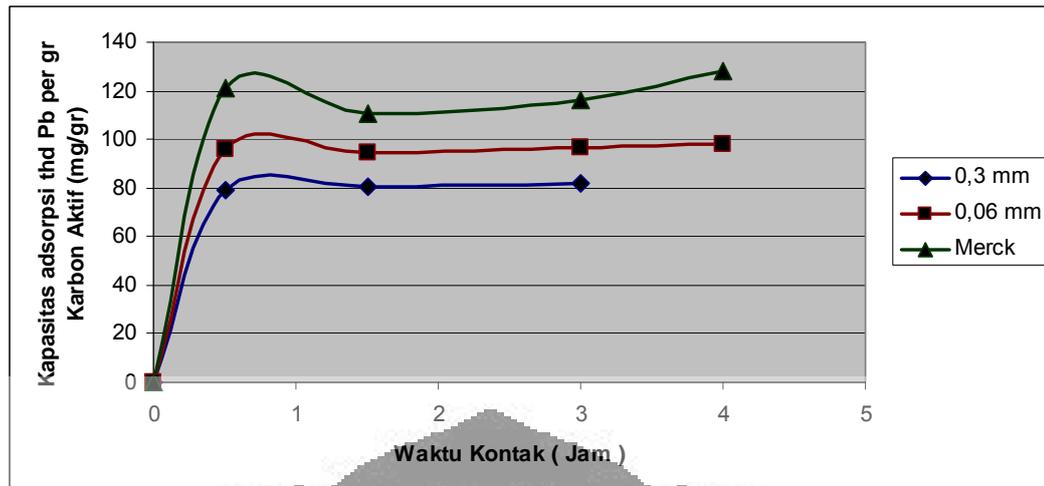
terlihat, semakin besar jumlah adsorben yang dipakai maka persentase penyisihan konsentrasi juga akan semakin besar. Hal ini menjelaskan bahwa makin banyak adsorbat yang teradsorpsi seiring dengan semakin banyaknya media untuk adsorpsi.

### c. Pengaruh Waktu Kontak terhadap Persentase Penyisihan Konsentrasi Adsorbat dan Kapasitas Adsorpsi Tiap gram Adsorben

Hasil uji adsorpsi karbon aktif tongkol jagung dan karbon aktif Merck terhadap Pb dalam suatu larutan dengan menggunakan variasi waktu kontak adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 4.14. dan 4.15. Karbon aktif yang dipakai sebagai adsorben adalah karbon aktif tongkol jagung berukuran 0,3 mm; 0,06 mm dan karbon aktif Merck. Berat masing-masing karbon aktif adalah 0,5 gram. Larutan yang dipakai adalah larutan Cu 1000 ppm, volume 0,1 liter.



**Gambar 4.14. Persentase Penyisihan Konsentrasi Larutan Pb 1000 ppm oleh Karbon Aktif Tongkol Jagung 0,3 mm; 0,06 mm dan Karbon Aktif Komersil dengan Penggunaan Variasi Waktu Kontak Adsorpsi**



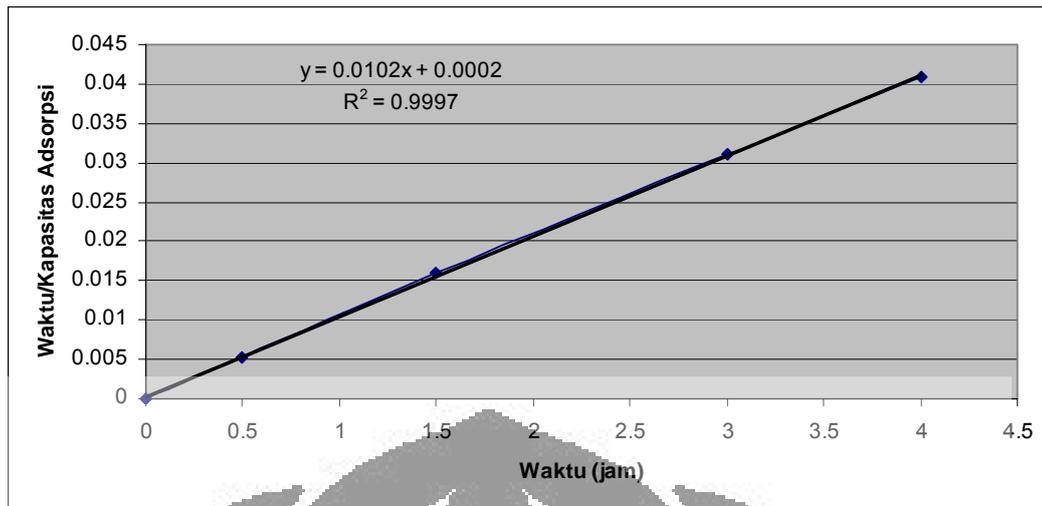
**Gambar 4.15. Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif Tongkol Jagung 0,3 mm; 0,06 mm dan Karbon Aktif Komersil terhadap Pb dengan Penggunaan Variasi Waktu Kontak Adsorpsi**

Gambar 4.14. dan 4.15. tersebut menunjukkan pengaruh lamanya waktu kontak adsorpsi terhadap banyaknya adsorbat yang dapat teradsorpsi oleh karbon aktif. Dari grafik dapat dilihat pola yang menaik pada awal waktu adsorpsi dan pola yang relatif datar pada akhir waktu adsorpsi. Waktu kontak yang lama akan memberikan nilai besar adsorpsi yang relatif tetap, hal ini menunjukkan terbentuk ikatan yang kuat antara adsorbat dan adsorben, sehingga ikatan yang terbentuk merupakan ikatan yang kuat dan tidak mudah terputus.

#### d. Kinetika Adsorpsi

Untuk menginterpretasikan mekanisme adsorpsi ion Pb menggunakan karbon aktif tongkol jagung, maka diperlukan model persamaan. Model persamaan yang dipakai adalah reaksi orde 2 semu, yang mengindikasikan adsorpsi terjadi secara kemosorpsi atau adsorpsi dengan adanya ikatan kimia.

Dengan menggunakan data-data yang tersedia, dibuat plot data waktu vs waktu/kapasitas adsorpsi. Data yang dipakai adalah data dari karbon aktif tongkol jagung berukuran 0,06 mm, karena berdasarkan data daya serap yang telah dihitung sebelumnya, daya serap terbaik didapat oleh karbon aktif tongkol jagung berukuran 0,06 mm.



**Gambar 4.16. Kinetika Adsorpsi Ion Pb Menggunakan Karbon Aktif tongkol Jagung Berukuran 0,6 mm Mengacu Persamaan Model Orde 2 Semu**

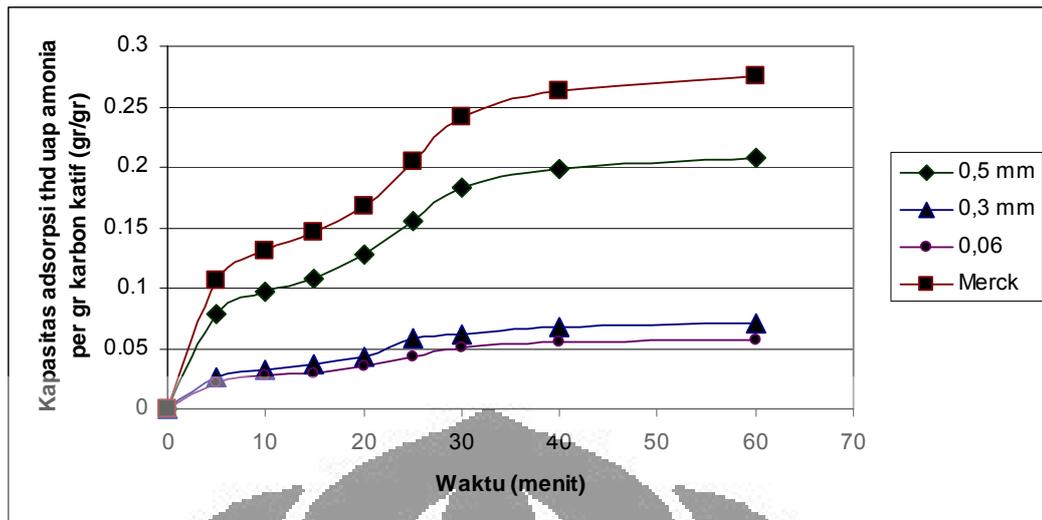
Dari plot data pada Gambar 4.16. tersebut didapat variabel koefisien korelasi  $R^2$  yang menunjukkan aplikabilitas dari model orde 2 semu ini. Dari grafik dapat dilihat nilai  $R^2$  mendekati 1. Maka dapat dikatakan data adsorpsi yang didapat tepat dan cocok dengan persamaan model orde 2 semu, yang berarti mengindikasikan adsorpsi ion Pb oleh karbon aktif terjadi secara kemosorpsi. Melalui plot data tersebut juga didapat persamaan garis yang terdapat mewakili persamaan :

$$\frac{t}{q} = \frac{1}{K \cdot qe^2} + \frac{1}{qe} \cdot t$$

Persamaan tersebut secara tidak langsung dapat menghitung  $qe$  atau kapasitas adsorpsi karbon aktif terhadap Pb tiap gramnya pada saat terjadi kesetimbangan. Dari perhitungan menggunakan persamaan di atas, didapat  $qe$  sebesar 97,93 mg/gr.

#### 4.3.3 Adsorpsi Uap Amonia.

Hasil uji adsorpsi karbon aktif tongkol jagung dan karbon aktif Merck terhadap uap amonia dengan menggunakan variasi ukuran karbon aktif tongkol jagung serta variasi waktu dapat dilihat pada Gambar 4.17. Berat karbon aktif yang dipakai masing-masing adalah 0,5 gr.



**Gambar 4.17. Hasil Uji Adsorpsi Uap Amonia dengan Variasi Ukuran Karbon Aktif dan Waktu Adsorpsi**

Dari Gambar 4.17. dapat dilihat daya serap karbon aktif tongkol jagung dan karbon aktif Merck terhadap uap amonia. Daya serap karbon aktif tongkol jagung tertinggi didapat oleh karbon aktif berukuran 0,5 mm sedangkan daya serap karbon aktif tongkol jagung berukuran 0,06 mm. Hal ini terlihat dari kuantitas uap amonia teradsorpsi dari variabel menit awal yaitu 5 menit hingga variabel menit terakhir yaitu 60 menit. Daya serap tertinggi terhadap uap amonia didapat oleh karbon aktif Merck.

Pada adsorpsi gas/uap, karbon aktif tongkol jagung yang lebih bagus digunakan adalah karbon aktif berukuran besar atau berbentuk granular, bukan karbon aktif tongkol jagung berbentuk bubuk. Hal ini dapat disebabkan oleh metode adsorpsi yang digunakan yakni dengan mengalirkan uap amonia ke arah erlenmeyer berisi adsorben karbon aktif. Karbon aktif dalam erlenmeyer berada pada posisi saling bertumpuk sehingga menyebabkan pembentukan lapisan tunggal pada situs aktif adsorben tidak sempurna. Semakin kecil ukuran karbon aktif maka tiap partikel karbon aktif yang bertumpukan akan semakin banyak dan rapat yang menyebabkan adsorpsi pada karbon aktif berukuran lebih besar memiliki daya serap yang lebih besar.

## BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

1. Karbon aktif terbukti dapat dibuat dari bahan dasar tongkol jagung dan memiliki kinerja yang cukup baik untuk adsorpsi ion logam dan uap amonia.
2. Nilai kapasitas adsorpsi iodium oleh karbon aktif tongkol jagung berukuran 0,5 mm, 0,3 mm dan 0,06 mm berturut-turut adalah 633,46 mg/gr, 680,23 mg/gr dan 829,04 mg/gr. Kapasitas adsorpsi iodium oleh karbon aktif komersil yang dipakai sebagai pembanding adalah 999,10 mg/gr.
3. Nilai kapasitas adsorpsi metilen biru oleh karbon aktif tongkol jagung berukuran 0,5 mm, 0,3 mm dan 0,06 mm berturut-turut adalah 77,83 mg/gr, 81,57 mg/gr dan 100,35 mg/gr. Kapasitas adsorpsi iodium oleh karbon aktif komersil yang dipakai sebagai pembanding adalah 132,94 mg/gr.
4. Luas permukaan karbon aktif tongkol jagung ukuran 0,3 dan 0,06 serta karbon aktif komersil secara berturut-turut adalah 335,9 m<sup>2</sup>/gr; 406,9 m<sup>2</sup>/gr; dan 879,39 m<sup>2</sup>/gr.
4. Karbon aktif tongkol jagung yang memiliki nilai persentase penyisihan konsentrasi larutan Cu 1000 ppm yang paling optimum adalah oleh karbon aktif tongkol jagung berukuran 0,06 mm seberat 0,5 gram pada waktu kontak 3 jam, yakni 52,99 %. Persentase penyisihan paling optimum oleh karbon aktif komersil sebagai pembanding adalah dengan pemakaian karbon aktif seberat 0,5 gram dan waktu kontak 4 jam, yakni 66,74 %.
5. Karbon aktif tongkol jagung yang memiliki nilai persentase penyisihan konsentrasi larutan Pb 1000 ppm yang paling optimum adalah oleh karbon aktif tongkol jagung berukuran 0,06 mm seberat 0,5 gram pada waktu kontak 4 jam, yakni 49,03 %. Persentase penyisihan paling optimum oleh karbon aktif komersil sebagai pembanding adalah dengan pemakaian karbon aktif seberat 0,5 gram dan waktu kontak 4 jam, yakni 64,06 %.
6. Kapasitas adsorpsi Cu dan Pb oleh karbon aktif tongkol jagung berukuran 0,06 mm saat keadaan ekuilibria/kesetimbangan secara berturut-turut adalah 104,94 mg/gr dan 97,93 mg/gr.

7. Karbon aktif yang memiliki kemampuan adsorpsi uap amonia mulai dari yang paling besar hingga yang paling kecil secara berturut-turut adalah karbon aktif komersil, karbon aktif tongkol jagung 0,5 mm, 0,3 mm, dan 0,06 mm.
8. Pemakaian kondisi operasi berupa waktu yang dipakai saat karbonisasi dan aktivasi diperkirakan terlalu tinggi, sehingga karbon aktif yang seharusnya telah terbentuk berubah menjadi abu yang justru menutupi pori karbon aktif dan menyebabkan kurang besarnya luas permukaan karbon aktif tongkol jagung jika dibandingkan karbon aktif komersil.
9. Kemampuan penyisihan konsentrasi karbon aktif terhadap konsentrasi adsorbat yang tidak terlalu tinggi (hanya mencapai kisaran 50 %) disebabkan pemakaian konsentrasi awal adsorbat yang tinggi (1000 ppm) dan dosis adsorben yang sedikit dibandingkan adsorbat.



## DAFTAR PUSTAKA

- Activated Carbon*. (n.d.). March 5, 2008. <http://www.cameroncarbon.com>
- Activated carbon material*. (n.d.). March 2, 2008. <http://www.freepatentsonline.com/4111833.html>
- Activated Carbon*. (n.d.). March 30, 2008. [http://en.wikipedia.org/wiki/Activated\\_carbon](http://en.wikipedia.org/wiki/Activated_carbon)
- Arang Aktif*. (n.d.). March 5, 2008. <http://www.warintek.net>
- Atmayudha, Ardhana (2007). *Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Tempurung Kelapa dengan Perlakuan Aktivasi Terkontrol serta Uji Kinerjanya*. Skripsi. Depok. Departemen Teknik Gas dan Petrokimia FTUI.
- Aviatun, E., Wahyuni, S., & Rachinawati, Agustini, R. 2004. *Perolehan Kembali Cu dan Zn dari Limbah Elektroplating*. Jawa Barat. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Pasundan.
- Azargohar, R., & Dalai, A.K. (2008) Steam and KOH Activation of Biochar: Experimental and modeling studies. *Journal of Microporous and Mesoporous Materials*, 110, 413-421.
- Chang, Y.P et al. (2002). *Removal of Copper from Water by Activated Carbon*. Departemen of Environmental Science, Tunghai University, Taichung City, Republic of China.
- Chemviron Carbon. (n.d.). *What is Adsorption?*. March 2, 2008. <http://www.chemvironcarbon.com/en/>
- Copper*. (n.d.). March 30, 2008. <http://en.wikipedia.org/wiki/Copper>
- Day, R., Jr & Underwood, A.I., (2001). *Analisis Kimia Kuantitatif*. Jakarta : Erlangga.
- Dollimore & Aggrawal. 1996. The Production of Active Carbon from Corn Cobs by Chemical Activation. *Journal of Thermal Analysis*, 50, 525-531.
- Jaguaribe et al. (2004). The Performance of Activated Carbons from Coconut Shells in Removing Residual Chlorine. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 22, 41 - 47.
- Krishna, Andi. (2004). *Adsorpsi logam Besi dan Kadmium dari Larutannya dengan Adsorben Karbon Aktif pada Sistem Kontinu Aliran Ke Atas*. Skripsi. Depok. Departemen Teknik Gas dan Petrokimia FTUI.

- Lartey & Francis. (1999). *Developing National Capability for Manufacture of Activated Carbon from Agricultural Wastes*. Institute of Industrial Research, CSIR, Accra, Ghana.
- Lead. (n.d.). March 30, 2008. <http://en.wikipedia.org/wiki/Lead>
- Maron, S.H., & Lando, J. (1974). *Fundamentals of Physical Chemistry*. New York : Macmillan Publishing Co. Inc.
- McCabe, W.L., Smith, J.C., & Harriot, P. (1999). *Operasi Teknik Kimia*. Jakarta : Erlangga.
- Murti, Septi. (2008). *Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung untuk Adsorpsi Molekul Amonia dan Krom*. Skripsi. Depok. Departemen Teknik Kimia FTUI.
- National Organic Standards Board Technical Advisory Panel Review. (2002). *Activated Carbon Processing*. Amerika.
- Petani Jagung. (n.d.). March 30, 2008. <http://www.kendariexpress.com/index.php>
- Pohan, H.G., et al. (1985). *Pengembang Pembuatan Arang Aktif Tahap II dari Tempurung Kelapa*, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Hasil Pertanian, Bogor.
- Potensi Tongkol Jagung (n.d.). March 30, 2008. <http://thoriq.wordpress.com/>
- Sembiring, M., & Sinaga, T. (2003). *Arang Aktif*. Sumatera Utara. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Singh, C.K., et al. (2007). Studies on the removal of Pb(II) from wastewater by activated carbon developed from Tamarind wood activated with sulphuric acid. *Journal of Hazardous Materials*, 153, 221–228.
- Steve & Erika. (2008). *Activated Carbon*. March 2, 2008. <http://www.fengroup.com/activecarb/activecarb.htm>
- Strelko et al. (2001). Characterisation of Novel Modified Active Carbons and Marine Algal Biomass for The Selective Adsorption of Lead. *Journal of Water Research*, 36, 1527–1538.
- Tsai, W.T., et al. (2000). Thermogravimetric Analysis of Corn Cob Impregnated With Zinc Chloride For Preparation of Activated Carbon. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 63, 351-357.
- Wulan, P.D.K., & Sri Basuki, Astatina. (2003). *Penggunaan Karbon Aktif untuk Menyerap Kandungan Fe dan Zn dari Larutannya secara Batch*. Jurusan Teknik Gas dan Petrokimia FTUI.

## Lampiran 1. Data dan Perhitungan Adsorpsi Iodium

➤ Standarisasi  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 

$$V_1N_1 = V_2N_2$$

Keterangan :

 $V_1$  : ml larutan  $\text{KIO}_3$  (titrant) $V_2$  : ml larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (titer) $N_1$  : normalitas larutan  $\text{KIO}_3$  (0,1003N) $N_2$  : normalitas larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 

Standarisasi I	Standarisasi II
$V_1N_1 = V_2N_2$	$V_1N_1 = V_2N_2$
$25 \text{ ml} \times 0,1003 = 24,8 \times N_2$ $N_2 = 0,1011 \text{ N}$	$25 \text{ ml} \times 0,1003 = 24,9 \times N_2$ $N_2 = 0,1007 \text{ N}$
Normalitas Rata-rata $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{N_1 + N_2}{2} = \frac{0,1011 + 0,1007}{2} = 0,1009$	

## ➤ Standarisasi Iodium

Keterangan :

 $V_1$  : ml larutan  $\text{I}_2$  (titrant) $V_2$  : ml larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (titer) $N_1$  : normalitas larutan  $\text{I}_2$  $N_2$  : normalitas larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ **Standarisasi I**

$$V_1N_1 = V_2N_2$$

$$25 \text{ ml} \times N_1 = 25,2 \times 0,1009$$

$$N_2 = 0,1017 \text{ N}$$

**Standarisasi II**

$$V_1N_1 = V_2N_2$$

$$25 \text{ ml} \times N_1 = 25,4 \times 0,1009$$

$$N_2 = 0,1025 \text{ N}$$

$$\text{Normalitas Rata-rata iodium} = \frac{N_1 + N_2}{2} = 0,1021$$

(lanjutan)

- Perhitungan kapasitas adsorpsi iodium :

$$\frac{[(V_1 \cdot N_1) - (V_2 \cdot N_2)] \cdot 126,9 \cdot 2,5}{W}$$

Keterangan:

$V_1$  : Larutan iod yang digunakan (mL)

$N_1$  : Normalitas larutan iod (N)

$V_2$  : Larutan natrium tiosulfat yang diperlukan (mL)

$N_2$  : Normalitas larutan natrium tiosulfat (N)

126,9 : Bobot setara  $I_2$

$W$  : Berat karbon dan karbon aktif yang digunakan (g)

2,5 : Perbandingan larutan iod yang digunakan dengan yang dititrasi  
(25 mL/10 mL)

Contoh perhitungan daya serap karbon aktif terhadap iodium untuk karbon

0,06 mm :

Iod yang diadsorpsi :

$$\frac{[(25,0,1021) - (5,1,0,1009)] \cdot 126,9 \cdot 2,5}{0,75} = 829,0373 \text{ mg/gr}$$

Data hasil adsorpsi iodium

Jenis/Ukuran	Berat Karbon Aktif (gr)	Natrium Tiosulfat Dipakai (ml)	Kapasitas Adsorpsi (mg/gr)
0,5 mm	0,7507	9,7	633.4649
0,3 mm	0,7505	8,6	680.2322
0,06 mm	0,7511	5,1	829.0373
Merck	0,7501	1,1	999.1002

## Lampiran 2. Data dan Perhitungan Adsorpsi Metilen Biru

## ➤ Kapasitas Adsorpsi Metilen Biru :

$$q = \frac{[(400 \text{ ppm} \cdot 0,1 \text{ liter}) - (C \cdot 0,05 \text{ liter}) \cdot fp]}{W}$$

Keterangan :

q : Metilen biru yang diadsorpsi tiap gram karbon aktif (mg/gr)

400 ppm : Konsentrasi awal

0,1 liter : Volume awal larutan

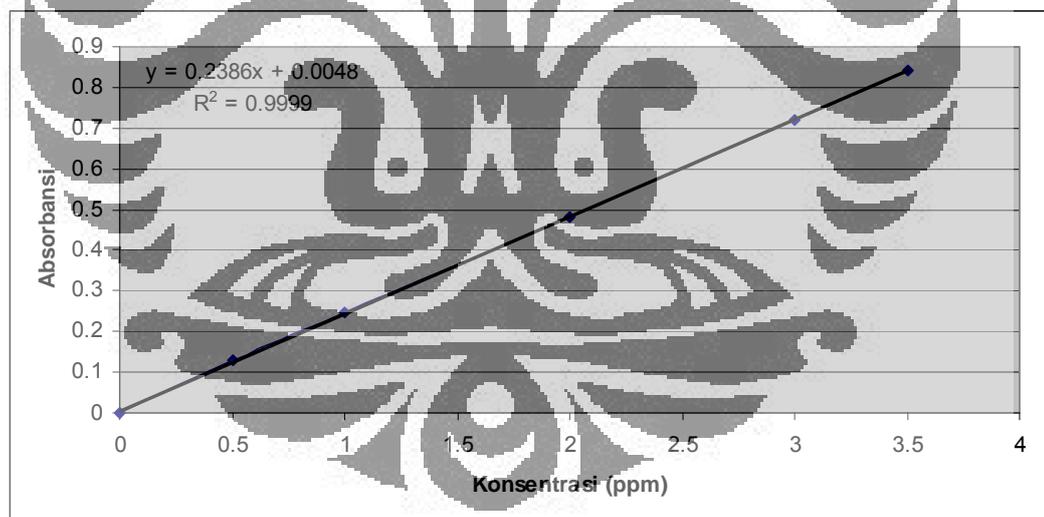
C : Konsentrasi metilen biru terbaca (ppm)

0,05 liter : Volume larutan yang diadsorpsi

fp : Faktor pengenceran

W : Berat karbon aktif yang digunakan

Kurva kalibrasi larutan metilen biru dengan spektrofotometer UV-vis



Contoh perhitungan daya serap karbon aktif terhadap iodium untuk karbon 0,06 mm dengan menggunakan persamaan garis kurva kalibrasi :

$$\text{Absorbansi} = 0,595$$

$$C = 2,4735$$

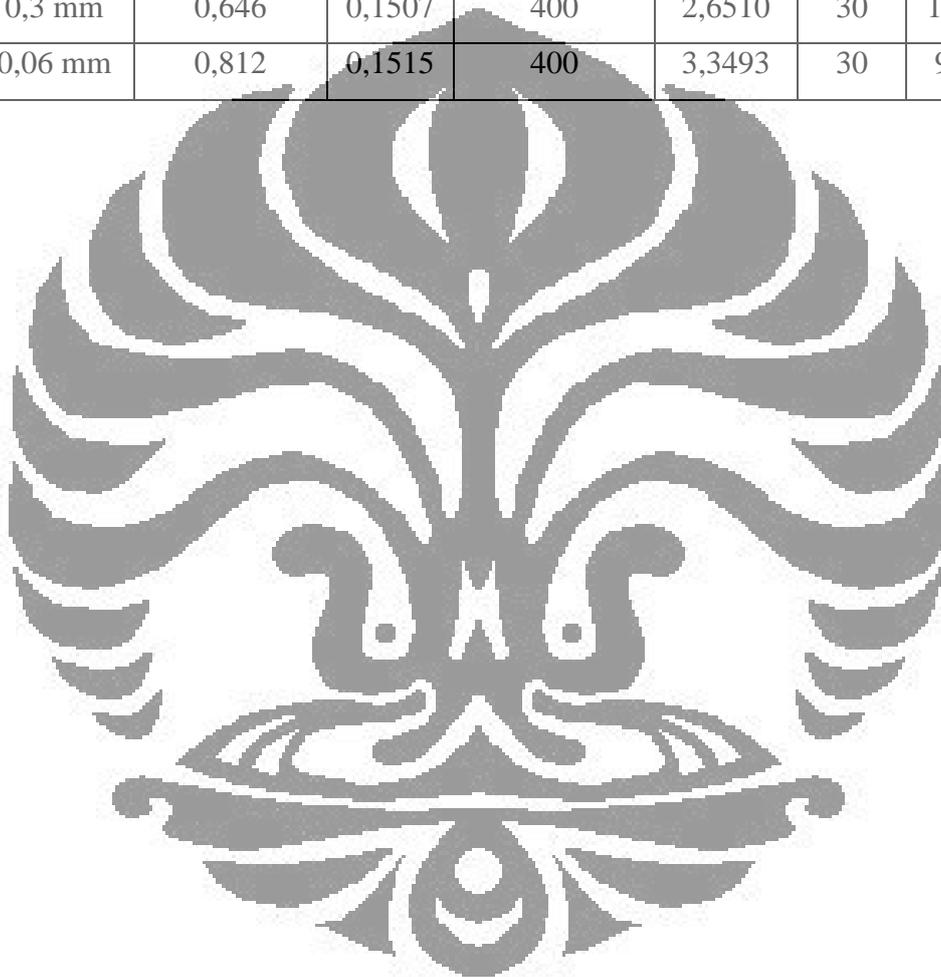
$$fp = 40$$

$$\text{maka } q = \frac{[(400 \cdot 0,1) - (2,4735 \cdot 0,05) \cdot 40]}{0,15} = 100,3520 \text{ mg/gr}$$

(lanjutan)

Data hasil adsorpsi metilen biru

Jenis dan Ukuran	Absorbansi	Berat (gram)	konsentrasi awal (ppm)	C (ppm)	fp	q (mg/g)
Merck	0,265	0,1502	400	1,051	1	132,8059
0,5 mm	0,542	0,1512	400	2,2136	30	110,3147
0,3 mm	0,646	0,1507	400	2,6510	30	106,3263
0,06 mm	0,812	0,1515	400	3,3493	30	98,8513



## Lampiran 3. Data dan Perhitungan Adsorpsi Cu dan Pb

- Perhitungan persentase penyisihan konsentrasi larutan Cu dan Pb

$$\text{Penyisihan} = \frac{(C_0 - C_1)}{C_0} \cdot 100\%$$

Keterangan :

$C_0$  : Konsentrasi awal logam dalam larutan (ppm)

$C_1$  : Konsentrasi akhir logam dalam larutan setelah adsorpsi (ppm)

Contoh perhitungan persentase penyisihan konsentrasi Cu oleh karbon aktif tongkol jagung ukuran 0,06 mm seberat 0,1 gram dengan waktu kontak 4 jam.

$$\text{Penyisihan} = \frac{(1000 - 860,2180)}{1000} \cdot 100\% = 13,9782 \%$$

(lanjutan)

Data hasil adsorpsi larutan yang mengandung Cu

<b>Jenis/Ukuran Karbon Aktif</b>	<b>Berat (gram)</b>	<b>Waktu Kontak (jam)</b>	<b>C awal (ppm)</b>	<b>C akhir (ppm)</b>	<b>Persentase Penyisihan (%)</b>
0,5 mm	0,1	4	1000	908.9918	9.100817
0,3 mm	0,1	4	1000	894.7321	10.52679
0,06 mm	0,1	4	1000	860.218	13.9782
Merck	0,1	4	1000	818.7103	18.12897
0,06 mm	0,25	4	1000	687.6457	31.23543
0,3 mm	0,5	0,5	1000	552.913	44.7087
0,3 mm	0,5	1,5	1000	554.8284	44.51716
0,3 mm	0,5	3	1000	526.0974	47.39026
0,06 mm	0,5	0,5	1000	618.5156	38.14844
0,06 mm	0,5	1,5	1000	495.7702	50.42298
0,06 mm	0,5	3	1000	470.0718	52.99282
0,06 mm	0,5	4	1000	495.1437	50.48563
Merck	0,5	0,5	1000	486.8316	51.31684
Merck	0,5	1,5	1000	384.3575	61.56425
Merck	0,5	3	1000	376.3767	62.36233
Merck	0,5	4	1000	332.5563	66.74437

(lanjutan)

Data hasil adsorpsi larutan yang mengandung Pb

<b>Jenis/Ukuran Karbon Aktif</b>	<b>Berat (gram)</b>	<b>Waktu Kontak (jam)</b>	<b>C awal (ppm)</b>	<b>C akhir (ppm)</b>	<b>Persentase Penyisihan (%)</b>
0,5 mm	0,1	4	1000	862.9442	13.70558
0,3 mm	0,1	4	1000	788.8325	21.11675
0,06 mm	0,1	4	1000	740.1015	25.98985
Merck	0,1	4	1000	655.8376	34.41624
0,06 mm	0,25	4	1000	625.3807	37.46193
0,3 mm	0,5	0,5	1000	605.3191	39.46809
0,3 mm	0,5	1,5	1000	598.9362	40.10638
0,3 mm	0,5	3	1000	589.3617	41.06383
0,06 mm	0,5	0,5	1000	519.1489	48.08511
0,06 mm	0,5	1,5	1000	528.7234	47.12766
0,06 mm	0,5	3	1000	515.9574	48.40426
0,06 mm	0,5	4	1000	509.6447	49.03553
Merck	0,5	0,5	1000	395.7447	60.42553
Merck	0,5	1,5	1000	445.7447	55.42553
Merck	0,5	3	1000	420.2128	57.97872
Merck	0,5	4	1000	359.3909	64.06091

(lanjutan)

- Model kinetika adsorpsi dengan model orde 2 semu (kemosorpsi). Penghitungan dilakukan berdasarkan data kapasitas adsorpsi logam tiap gram karbon aktif saat waktu tertentu menggunakan persamaan :

$$q = [(C_0.V) - (C_1.V)] \frac{1}{W}$$

Keterangan :

- q : Logam yang diadsorpsi tiap gram karbon aktif (mg/gr)  
 C<sub>0</sub> : Konsentrasi awal logam dalam larutan (ppm)  
 C<sub>1</sub> : Konsentrasi akhir logam dalam larutan setelah adsorpsi (ppm)  
 V : Volume larutan yang diadsorpsi  
 W : Berat karbon aktif yang digunakan

Contoh model kinetika adsorpsi orde 2 semu pada adsorpsi Pb oleh karbon aktif tongkol jagung ukuran 0,06 mm.

- a) Penghitungan kapasitas adsorpsi karbon aktif tongkol jagung ukuran 0,06 mm seberat 0,5 gram dengan waktu kontak 0,5 jam, 1,5 jam, 3 jam, dan 4 jam.

Contoh pada pada 0,5 jam :

$$C_0 = 1000 \text{ ppm}$$

$$V = 0,1 \text{ liter}$$

$$C_1 = 519,4189 \text{ ppm}$$

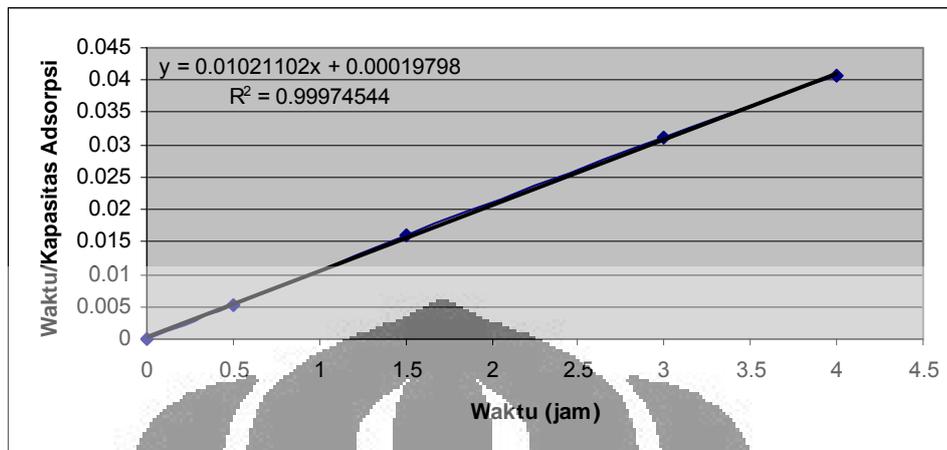
$$W = 0,5 \text{ gram}$$

$$\text{Maka } q = [(1000.0,1) - (519,1489.0,1)] \frac{1}{0,5} = 96,1702 \text{ mg/gr}$$

Cara penghitungan q sama untuk tiap variabel waktu.

- b) Pembuatan kurva dengan variabel waktu sebagai sumbu-x dan variabel waktu/kapasitas adsorpsi sebagai sumbu-y.

(lanjutan)



c) Membuat persamaan garis linear yang menggambarkan persamaan

$$\frac{t}{q} = \frac{1}{K \cdot q_e^2} + \frac{1}{q_e} t$$

d) Pencocokan nilai koefisien korelasi  $R^2$ , jika bernilai mendekati 1 maka hal tersebut mengindikasikan adsorpsi terjadi secara kemosorpsi.

e) Penghitungan  $q_e$  atau kapasitas adsorpsi logam tiap gram karbon aktif saat keadaan ekuilibria atau kesetimbangan (mg/gr) dengan menggunakan nilai dari persamaan garis, dengan mensubstitusikannya ke dalam persamaan sebelumnya. Didapat berdasarkan persamaan garis :

$$1/q_e = 0,01021102$$

$$q_e = 97,9334 \text{ mg/gr}$$

$q_e$  mewakili nilai kapasitas adsorpsi Pb oleh karbon aktif tongkol jagung berukuran 0,06 mm saat terjadi ekuilibria/kesetimbangan adsorpsi.

## Lampiran 4. Data dan Perhitungan Adsorpsi Amonia

Data hasil adsorpsi uap amonia oleh karbon aktif tongkol jagung ukuran 0,5 mm

<b>t (menit)</b>	<b>Berat saat "t" (gram)</b>	<b>Penambahan Berat (gram)</b>
0	0.5	0
5	0.5395	0.0395
10	0.5485	0.0485
15	0.5541	0.0541
20	0.5642	0.0642
25	0.5778	0.0778
30	0.5914	0.0914
40	0.5994	0.0994
60	0.604	0.104

Data hasil adsorpsi uap amonia oleh karbon aktif tongkol jagung ukuran 0,3 mm

<b>t (menit)</b>	<b>Berat saat "t" (gram)</b>	<b>Penambahan Berat (gram)</b>
0	0.5	0
5	0.5132	0.0132
10	0.5163	0.0163
15	0.5182	0.0182
20	0.5217	0.0217
25	0.5264	0.0264
30	0.5311	0.0311
40	0.5339	0.0339
60	0.5355	0.0355

(lanjutan)

Data hasil adsorpsi uap amonia oleh karbon aktif tongkol jagung ukuran 0,06 mm

<b>t</b> <b>(menit)</b>	<b>Berat saat "t"</b> <b>(gram)</b>	<b>Penambahan</b> <b>Berat (gram)</b>
0	0.5	0
5	0.511	0.011
10	0.5135	0.0135
15	0.515	0.015
20	0.5178	0.0178
25	0.5216	0.0216
30	0.5254	0.0254
40	0.5276	0.0276
60	0.5288	0.0288

Data hasil adsorpsi uap amonia oleh karbon aktif Merck

<b>t</b> <b>(menit)</b>	<b>Berat saat "t"</b> <b>(gram)</b>	<b>Penambahan Berat</b> <b>(gram)</b>
0	0.5	0
5	0.5532	0.0532
10	0.5653	0.0653
15	0.5728	0.0728
20	0.5841	0.0841
25	0.6024	0.1024
30	0.6207	0.1207
40	0.6315	0.1315
60	0.6377	0.1377