



UNIVERSITAS INDONESIA

PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI TONGKOL JAGUNG DAN  
APLIKASINYA DALAM PEMISAHAN CAMPURAN ETANOL  
DAN AIR

SKRIPSI

ARIEF RACHMAN

0405060164

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA

DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA

DEPOK

JUNI 2009



UNIVERSITAS INDONESIA

PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI TONGKOL JAGUNG DAN  
APLIKASINYA DALAM PEMISAHAN CAMPURAN ETANOL  
DAN AIR

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

ARIEF RACHMAN

0405060164

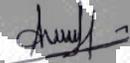
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA  
DEPOK  
JUNI 2009

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

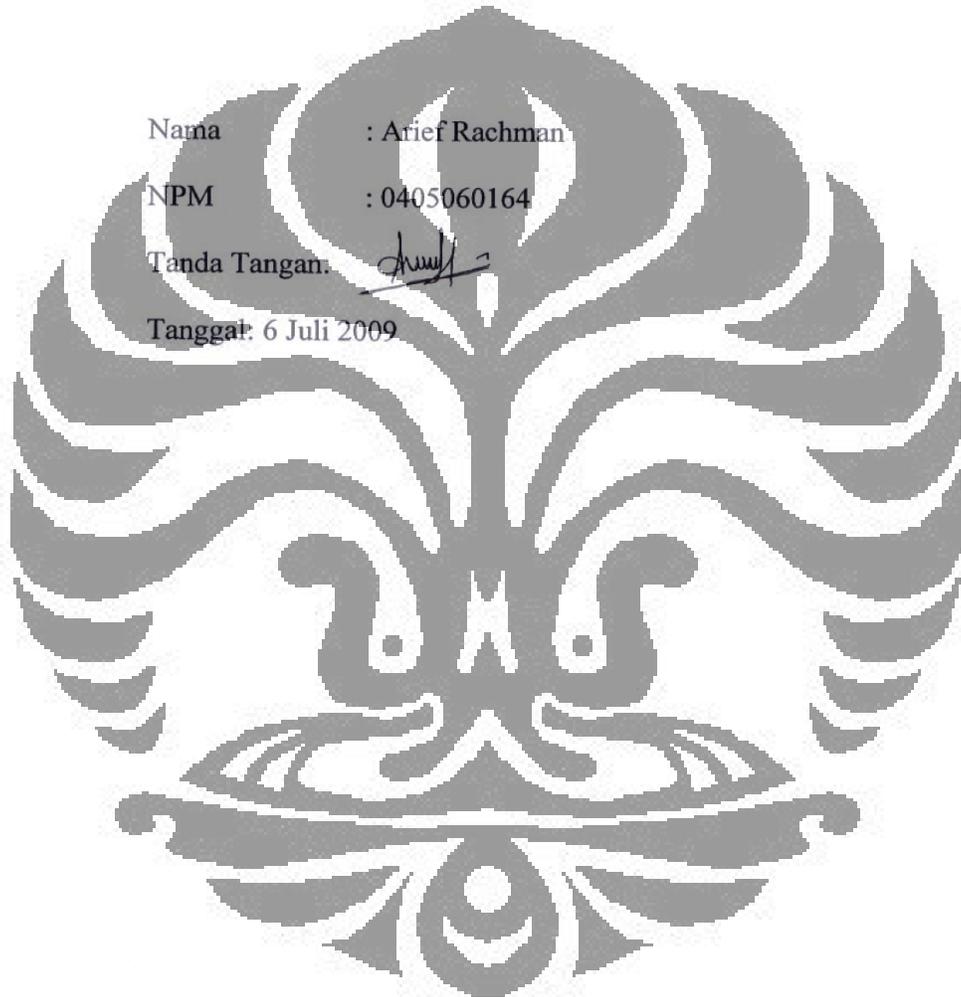
Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan benar.

Nama : Arief Rachman

NPM : 0405060164

Tanda Tangan: 

Tanggal: 6 Juli 2009



## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Arief Rachman  
NPM : 0405060164  
Program Studi : Teknik Kimia  
Judul Skripsi : Pembuatan Karbon Aktif Dari Tongkol Jagung  
Dan Aplikasinya Dalam Pemisahan Campuran  
Etanol Dan Air

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 Karamah, MT.

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 6 Juli 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 dan Aplikasinya dalam Pemisahan Campuran Etanol dan Air” 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 mendapatkan banyak bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, 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 staf dosen Teknik Kimia FT UI yang telah memberikan ilmu dan tauladan yang baik bagi penulis
4. Ibu serta kakak-kakak tercinta yang selalu memberikan doa, semangat dan kasih sayang.
5. Rekan kerja satu tim, Aditya Liberty atas kerjasama dan bantuannya dalam penyusunan skripsi ini.
6. Seluruh rekan-rekan GP angkatan 2005, khususnya teman-teman di Ananda: Fahrur Rozi dan Wahyudi yang telah memberikan dukungan moral dan keceriaan dalam hari-hari penyusunan skripsi.
7. 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 : Arief Rachman  
NPM : 0405060164  
Program Studi : -  
Departemen : Teknik Kimia  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

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

“Pembuatan Karbon Aktif Dari Tongkol Jagung Dan Aplikasinya Dalam Pemisahan Campuran Etanol Dan Air.”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Nonksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, 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 : 6 Juli 2009

Yang menyatakan



(Arief Rachman )

## ABSTRAK

Nama : Arief Rachman  
Program Studi : Teknik Kimia  
Judul : Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung serta Aplikasinya dalam pemisahan campuran etanol dan air

Tongkol jagung yang merupakan limbah pertanian digunakan untuk pembuatan karbon aktif. Karbon ini diaktivasi dengan *Zinc Chloride* untuk mendapat karbon dengan luas permukaan yang besar. Karbon Aktif dikarakterisasi dengan Iodium dan Metilen Biru untuk mengetahui daya adsorpsinya dan diaplikasikan dalam pemisahan etanol dan air. Karakterisasi optimum pada ukuran 300  $\mu\text{m}$ . Karakterisasi dengan iodium dan metilen biru didapat daya adsorpsi karbon 772,2 mg/g dan 110,3 mg/g. Dengan FTIR gugus hidroksil dan karbonil dominan muncul. Aplikasi pemisahan etanol dan air didapatkan kemurnian etanol sebesar 97,9 % untuk perbandingan padat cair 1:4 waktu kontak 24 jam. Variasi waktu kontak didapat 120 menit kondisi teroptimum dengan kemurnian etanol sebesar 97,2 %.

Kata Kunci :

Jagung, karbon aktif, proses adsorpsi, karakterisasi, air, etanol, pemisahan

## ABSTRACT

Name : Arief Rachman  
Study Program: Chemical Engineering  
Title : Manufacture of Activated Carbon from Corn Cobs and Its Application in Separation of Water and Ethanol Mixture

Corn cob agricultural waste, which is used for making activated carbon. Carbon is activated with Zinc Chloride for carbon with a large surface. Active carbon characterized with Iodine and Methylene Blue to know the adsorption capability and applied in the separation of ethanol and water. Characterization on the optimum size of 300 $\mu$ m gained adsorption capability of iodine and methylene blue 772.2 mg / g and 110.3 mg / g. With FTIR cluster hydroxyl and carbonyl appear dominant. Applications ethanol and water separation obtained purity of 97.9% ethanol for comparison of 1:4 liquid solid contact time within 24 hours. Variations in the contact time obtained 120 minutes as the most optimum condition with ethanol purity of 97.2%.

Key Words :

Corn, active carbon, the process adsorption, characterization, water, ethanol, separation

## 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 .....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
<b>PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Pembatasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan .....	3
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Jagung .....	5
2.1.1 Sejarah dan Penyebaran .....	5
2.1.2 Karakteristik Jagung .....	5
2.1.3 Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung.....	6
2.2 Karbon Aktif .....	7
2.2.1 Sejarah dan Perkembangan Karbon Aktif.....	8
2.2.2 Kegunaan Karbon Aktif.....	9
2.2.3 Jenis Karbon Aktif.....	10
2.2.4 Pembuatan Karbon Aktif.....	11
2.2.4.1 Dehidrasi.....	11
2.2.4.2 Karbonisasi .....	12
2.2.4.3 Aktivasi.....	13
2.2.5 Struktur Fisika Karbon Aktif .....	15
2.2.5.1 Bentuk Karbon Aktif.....	16
2.2.5.2 Ukuran Pori.....	17
2.2.5.3 Sifat Permukaan Karbon Aktif.....	19
2.2.6 Struktur Kristal, Molekul, dari Pori Karbon Aktif.....	20
2.3 Adsorpsi .....	21
2.3.1 Jenis-jenis Adsorpsi .....	22
2.3.1.1 Adsorpsi Fisika .....	22
2.3.1.2 Adsorpsi Kimia.....	24
2.3.2 Jenis Adsorben .....	25
2.3.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi.....	25
2.3.4 Metode Brenauer-Emmet-Teller (BET).....	27
2.3.5 Etanol .....	27
2.3.5.2 Pembuatan .....	27
2.3.5.3 Penggunaan .....	28
2.3.6 Air .....	28

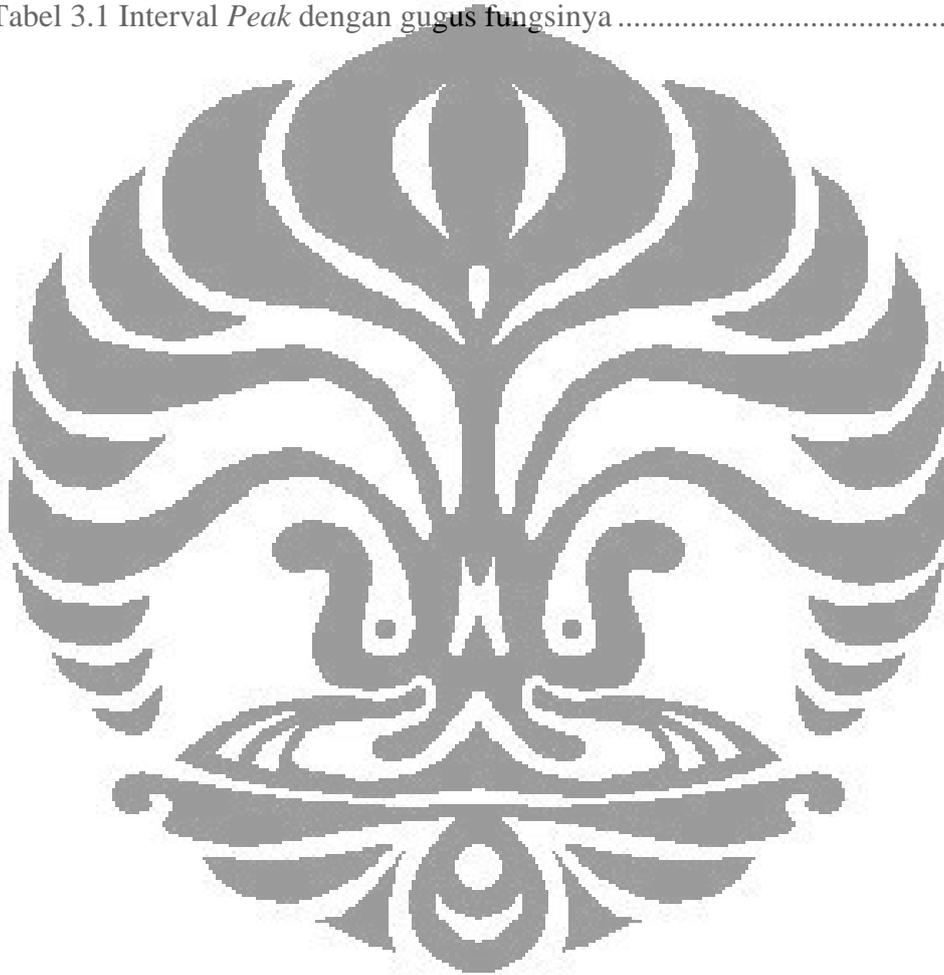
2.3.6.1 Kelarutan ( <i>solvasi</i> ).....	28
2.3.6.2 Tegangan permukaan.....	29
2.3.7 Metode Analisa Volumetri.....	29
2.3.8 Metode Analisa Gravimetri .....	30
2.3.9 Spektroskopi UV Visible .....	30
2.3.10 Spektroskopi FTIR.....	31
<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>32</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	33
3.1.1 Pembuatan Karbon Aktif .....	33
3.1.2 Pemisahan Campuran Etanol dan Air .....	33
3.2 Alat dan Bahan.....	34
3.3 Cara Kerja .....	36
3.3.1 Pembuatan Karbon (Karbonisasi).....	36
3.3.2 Aktivasi Secara Kimia .....	36
3.3.3 Karakterisasi Karbon dari Karbon Aktif.....	36
3.3.3.1 Daya Serap Terhadap Iodium.....	36
3.3.3.2 Daya Serap terhadap Metilen Biru.....	39
3.3.4 Aplikasi Karbon dan Karbon Aktif (Pemisahan Etanol-Air).....	39
3.4 Pengolahan Data .....	40
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>42</b>
4.1 Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung .....	42
4.1.1 Dehidrasi .....	42
4.1.2 Karbonisasi .....	42
4.1.3 Aktivasi Kimia .....	44
4.2 Karakterisasi Karbon Aktif .....	45
4.2.1 Daya Serap terhadap Iodium.....	45
4.2.2 Daya Serap terhadap Metilen Biru.....	47
4.3 Karakteristik FTIR .....	48
4.4 Aplikasi .....	50
4.4.1 Daya Serap Karbon Aktif terhadap etanol.....	50
<b>KESIMPULAN .....</b>	<b>54</b>
Daftar Pustaka.....	55

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tanaman Jagung .....	7
Gambar 2.2 Sketsa Karbon sebelum dan sesudah diaktivasi (a) sebelum .....	15
(b) sesudah	
Gambar 2.3 Struktur Pori Karbon Aktif .....	18
Gambar 2.4 (a) Struktur grafit dan (b) struktur turbostatik.....	20
Gambar 2.5 Ilustrasi skematik struktur karbon aktif; a) mudah tergrafitisasi, .....	21
b) sukar tergrafitisasi	
Gambar 3.1 Diagram Alir Pembuatan Karbon Aktif Berbahan .....	32
dasar Tongkol Jagung	
Gambar 3.2 Diagram Alir Pemisahan Campuran Etanol dan Air.....	33
Gambar 4.1. Hasil Analisa Kemampuan Adsorpsi Karbon Aktif terhadap Iodium .....	45
dengan menggunakan Karbon Aktif Komersil sebagai Pembanding.....	
Gambar 4.2. Hasil Analisa Kemampuan Adsorpsi Karbon Aktif terhadap Metilen .....	47
Biru dengan menggunakan Karbon Aktif Komersil sebagai Pembanding .....	
Gambar 4.3. Hasil Karakterisasi FTIR untuk karbon Aktif berbahan baku tongkol .....	49
jagung (a) dan karbon Aktif Komersial (b) .....	
Gambar 4.4. Hasil Analisa Keseluruhan Kemampuan Adsorpsi Karbon Aktif .....	51
terhadap etanol 96% dengan menggunakan Karbon Aktif Komersil sebagai Pembanding .....	
Gambar 4.5. Hasil Analisa Kemampuan Adsorpsi Karbon Aktif terhadap etanol .....	52
96% dengan menggunakan Karbon Aktif Komersil sebagai Pembanding .....	

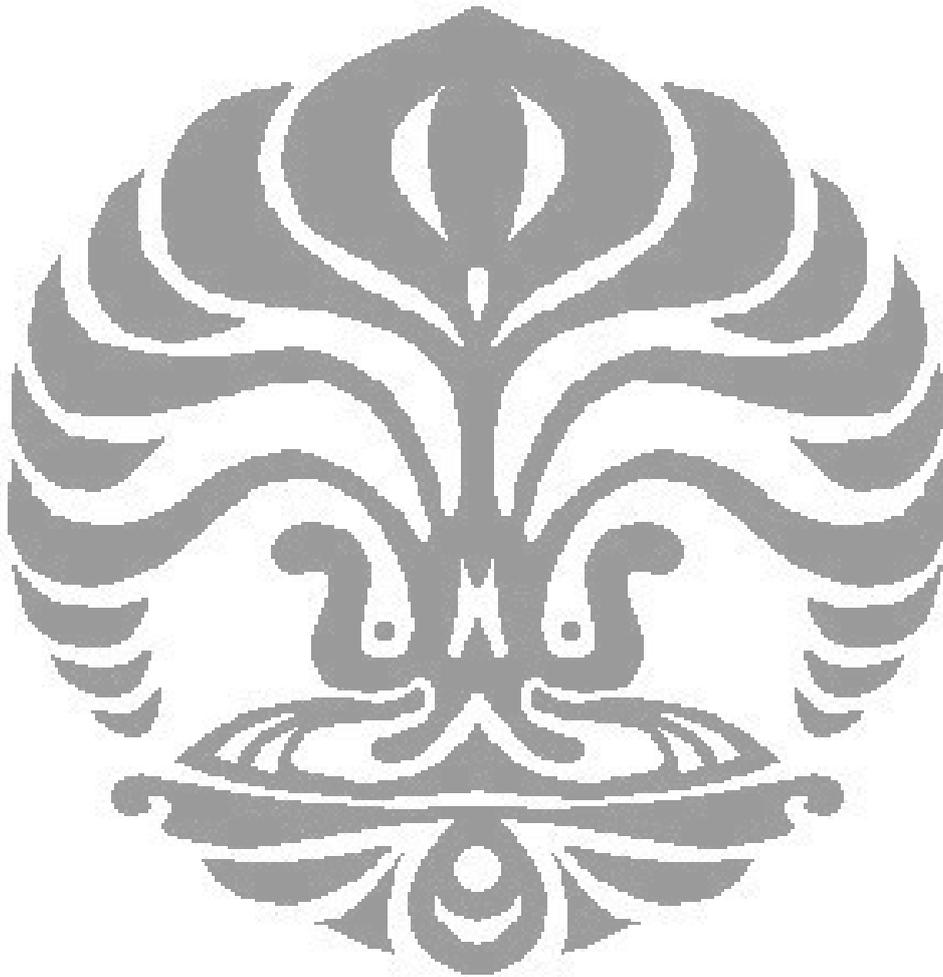
## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kegunaan Karbon aktif dalam Industri.....	9
Tabel 2.2 Tahapan dalam Proses Karbonisasi .....	13
Tabel 2.3 Jenis dan Ukuran Karbon Aktif .....	16
Tabel 2.4 Ukuran dan Jenis Pori berdasarkan IUPAC.....	17
Tabel 2.5 Perbedaan Adsorpsi Fisika dan adsorpsi kimia .....	23
Tabel 3.1 Interval <i>Peak</i> dengan gugus fungsinya .....	41



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b> Data dan Perhitungan Uji Adsorpsi Etanol.....	58
<b>Lampiran 2</b> Data dan Perhitungan Karakteristik Iodin .....	62
<b>Lampiran 3</b> Data dan Perhitungan Karakteristik Metilen Biru .....	64



# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang Masalah

Dilihat dari produksinya, jagung merupakan tanaman terpenting kedua setelah padi. Menteri Pertanian mengungkapkan, tahun 2008, pemerintah menargetkan produksi jagung sebesar 16,5 juta ton dari kebutuhan 13 juta ton (produksi beras mencapai 37 juta ton, dari kebutuhan nasional sebesar 32 juta ton). ( Sumber : Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jendral Tanaman Pangan). Dengan besarnya produksi jagung di Indonesia maka akan semakin besar pula limbah tongkol jagung yang dihasilkan oleh tanaman palawija ini.

Masalah dari limbah tongkol jagung ini dapat diatasi dengan menjadikan tongkol jagung menjadi produk yang bernilai. Tongkol jagung kaya akan pentosa, merupakan suatu monosakarida yang memiliki lima atom karbon, dengan satu gugus fungsi aldehida pada posisi 1 (aldopentosa) atau keton pada posisi 2 (ketopentosa) yang dapat dibuat menjadi karbon aktif<sup>[1]</sup>. Karbon aktif atau sering juga disebut sebagai arang aktif, digunakan untuk berbagai keperluan di Industri, adalah suatu jenis karbon yang memiliki luas permukaan yang sangat besar.

Karbon aktif adalah karbon yang telah mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia. Perubahan ini terjadi jika terhadap karbon tersebut dilakukan aktivasi dengan aktivator kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi, sehingga daya serap yang ditentukan oleh luas permukaan partikel menjadi lebih tinggi . Metoda aktivasi yang umum digunakan dalam pembuatan karbon aktif adalah aktivasi kimia yang merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia. Aktivasi Fisika dengan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO<sub>2</sub>

Untuk aktivasi kimia, aktivator yang digunakan adalah bahan-bahan kimia seperti:

ZnCl<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Untuk aktivasi fisika, biasanya arang dipanaskan didalam furnace pada temperatur 800-900°C<sup>[15]</sup>.

Karbon aktif yang didapat dari tongkol jagung ini kemudian dikarakterisasi untuk mengetahui luas permukaan, ukuran pori karbon aktif dan penyerapannya terhadap molekul-molekul berdiameter besar dan molekul-molekul kecil.

Untuk uji adsorpsi dilakukan proses adsorpsi untuk memurnikan campuran air dan etanol yang berada dalam fasa gas dan cair. Salah satu produk campuran etanol dan air adalah bioetanol. Produk bioetanol dibuat dengan menggunakan metode destilasi untuk mencapai etanol dengan kemurnian 96% wt. Tetapi, dikarenakan etanol 96% berada dalam kondisi azeotrop, maka pemisahan lebih lanjut untuk mendapatkan bioetanol tidak dapat dilakukan dengan metode destilasi. Untuk itu metode adsorpsi dengan karbon aktif dapat dilakukan.

Metode adsorpsi yang dilakukan diharapkan untuk memurnikan etanol sampai 99,5% atau *fuel grade* etanol yang bisa digunakan untuk campuran gasohol. Di dalam etanol, terdapat 35% oksigen yang dapat meningkatkan efisiensi pembakaran mesin dan juga meningkatkan angka oktan seperti zat aditif *Methyl Tertiary Butyl Ether* (MTBE) dan *Tetra Ethyl Lead* (TEL). Selain itu, etanol juga bisa terurai sehingga dapat mengurangi emisi gas buang berbahaya.

## 1.2 Perumusan Masalah

Dengan melihat latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka rumusan masalahnya adalah sebagai berikut :

- ❖ Mendapatkan hubungan ukuran (*mesh*) karbon aktif dengan kemampuan adsorpsi
- ❖ Seberapa besar aktivitas karbon aktif yang berasal dari tongkol jagung
- ❖ Bagaimana pengaruh luas permukaan dan porositas dari karbon aktif yang berasal dari tongkol jagung dalam adsorpsi etanol dan air.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- Membuat karbon aktif dari limbah pertanian, dalam hal ini tongkol jagung secara aktivasi kimia.

- Memperoleh nilai daya serap karbon aktif terhadap iodium, metilen biru, kadar air dalam campuran etanol dan air yang berada dalam fasa gas dan cair, karakteristik FTIR, untuk variasi ukuran 800 $\mu\text{m}$ , 500 $\mu\text{m}$ , dan 300 $\mu\text{m}$  dibandingkan karbon aktif Merck.
- Memperoleh ukuran partikel karbon aktif yang memberikan nilai daya serap yang paling besar terhadap iodin, metilen biru serta campuran etanol dan air yang berada dalam fasa cair.
- Memperoleh etanol dengan kemurnian yang tinggi antara (>96%) dengan menggunakan proses adsorpsi pada karbon aktif

#### 1.4 Pembatasan Masalah

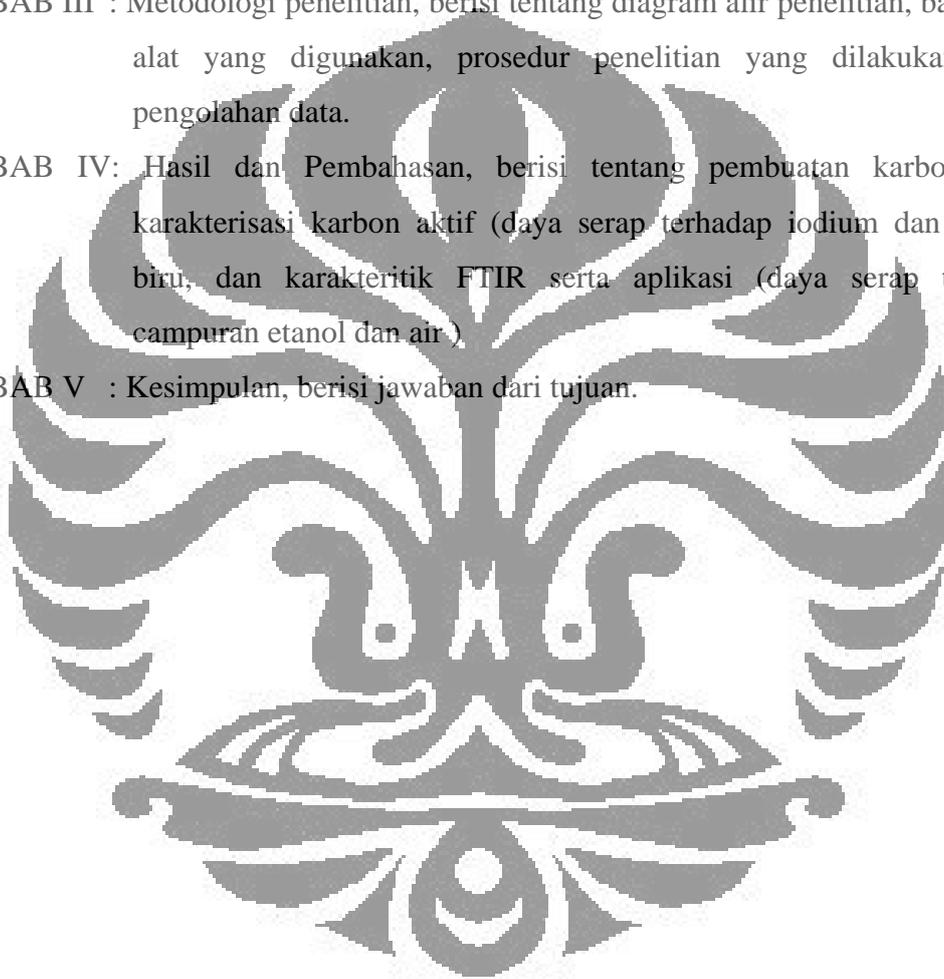
Batasan Masalah pada penelitian ini adalah :

1. Karbon aktif pada penelitian ini terbuat dari tongkol jagung dan berbentuk granular. Sebagai pembanding digunakan karbon aktif Merck. Dalam penelitian ini, dilakukan variasi terhadap ukuran partikel dari karbon aktif yaitu 800 $\mu\text{m}$ , 500 $\mu\text{m}$ , dan 300 $\mu\text{m}$ .
2. Sistem proses adsorpsi untuk daya serap terhadap iodium dan metilen biru yang diamati adalah sistem *batch*. Proses dilakukan pada suhu ruang ( $\pm 28^{\circ}\text{C}$ )
3. Penentuan gugus fungsi karbon aktif menggunakan metode FTIR.
4. Aktivator Kimia yang digunakan adalah  $\text{ZnCl}_2$  10%
5. Karbon aktif yang digunakan sebagai pembanding adalah karbon aktif Merck
6. Campuran etanol dan air yang digunakan pada penelitian ini memiliki kandungan etanol 96%
7. Pemisahan etanol dan air dalam fasa cair dilakukan dengan sistem adsorpsi Batch
8. Penentuan kadar etanol hasil adsorpsi dengan karbon aktif menggunakan *Gas Chromatography* (GC) atau reagen Karl-Fisher

#### 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun dalam beberapa bagian, yaitu :

- BAB I : Pendahuluan, berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, serta sistematika yang digunakan dalam penelitian ini
- BAB II : Tinjauan pustaka, berisi tentang dasar-dasar teori yang menunjang penelitian, seperti teori jagung, karbon aktif, proses adsorpsi, etanol, air, serta teori dasar mengenai metode gravimetri, volumetri dan spektroskopi UV-Visible.
- BAB III : Metodologi penelitian, berisi tentang diagram alir penelitian, bahan dan alat yang digunakan, prosedur penelitian yang dilakukan, serta pengolahan data.
- BAB IV: Hasil dan Pembahasan, berisi tentang pembuatan karbon aktif, karakterisasi karbon aktif (daya serap terhadap iodium dan metilen biru, dan karakteritik FTIR serta aplikasi (daya serap terhadap campuran etanol dan air ).
- BAB V : Kesimpulan, berisi jawaban dari tujuan.



## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Jagung**

##### **2.1.1 Sejarah dan Penyebaran**

Berdasarkan bukti genetik, antropologi, dari arkeologi diketahui bahwa daerah asal jagung adalah Amerika Tengah (Meksiko bagian selatan). Budidaya jagung telah dilakukan di daerah ini 10.000 tahun yang lalu, lalu teknologi ini dibawa ke Amerika Selatan (Ekuador) sekitar 7000 tahun yang lalu, dari mencapai daerah pegunungan di selatan Peru pada 4000 tahun yang lalu<sup>[1]</sup>. Kajian filogenetik menunjukkan bahwa jagung (*Zea mays* ssp. *mays*) merupakan keturunan langsung dari teosinte (*Zea mays* ssp. *parviglumis*). Dalam proses domestikasinya, yang berlangsung paling tidak 7000 tahun oleh penduduk asli setempat, masuk gen-gen dari subspecies lain, terutama *Zea mays* ssp. *mexicana*. Istilah teosinte sebenarnya digunakan untuk menggambarkan semua spesies dalam genus *Zea*, kecuali *Zea mays* ssp. *mays*. Proses domestikasi menjadikan jagung merupakan satu-satunya spesies tumbuhan yang tidak dapat hidup secara liar di alam. Hingga kini dikenal 50.000 varietas jagung, baik ras lokal maupun kultivar.

##### **2.1.2 Karakteristik Jagung**

Jagung merupakan tanaman semusim (annual). Satu siklus hidupnya diselesaikan dalam 80-150 hari. Paruh pertama dari siklus merupakan tahap pertumbuhan vegetatif dari paruh kedua untuk tahap pertumbuhan generatif.

Tinggi tanaman jagung sangat bervariasi. Meskipun tanaman jagung umumnya berketinggian antara 1m sampai 3m, ada varietas yang dapat mencapai tinggi 6m. Akar jagung tergolong akar serabut yang dapat mencapai kedalaman 8 m meskipun sebagian besar berada pada kisaran 2 m. Pada tanaman yang sudah cukup dewasa muncul akar adventif dari buku-buku batang bagian bawah yang membantu menyangga tegaknya tanaman.

Batang jagung tegak dari mudah terlihat, sebagaimana sorgum dari tebu, namun tidak seperti padi atau gandum. Terdapat mutan yang batangnya tidak tumbuh pesat sehingga tanaman berbentuk roset. Batang beruas-ruas. Ruas

terbungkus pelepah daun yang muncul dari buku. Batang jagung cukup kokoh namun tidak banyak mengandung lignin.

Daun jagung adalah daun sempurna. Bentuknya memanjang. Antara pelepah dari helai daun terdapat ligula. Tulang daun sejajar dengan ibu tulang daun. Permukaan daun ada yang licin dari ada yang berambut. Stoma pada daun jagung berbentuk halter, yang khas dimiliki familia Poaceae. Setiap stoma dikelilingi sel-sel epidermis berbentuk kipas. Struktur ini berperan penting dalam respon tanaman menanggapi defisit air pada sel-sel daun.

Jagung memiliki bunga jantan dan bunga betina yang terpisah (diklin) dalam satu tanaman (monoecious). Tiap kuntum bunga memiliki struktur khas bunga dari suku Poaceae, yang disebut floret. Pada jagung, dua floret dibatasi oleh sepasang glumae (tunggal: gluma). Bunga jantan tumbuh di bagian puncak tanaman, berupa karangan bunga (inflorescence). Serbuk sari berwarna kuning dan beraroma khas. Bunga betina tersusun dalam tongkol. Tongkol tumbuh dari buku, di antara batang dan pelepah daun. Pada umumnya, satu tanaman hanya dapat menghasilkan satu tongkol produktif meskipun memiliki sejumlah bunga betina. Beberapa varietas unggul dapat menghasilkan lebih dari satu tongkol produktif, dan disebut sebagai varietas prolifera.

### 2.1.3 Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung

Limbah dapat diartikan sebagai hasil sampingan, hasil ikutan dari hasil sisa yang sudah, belum atau kurang dimanfaatkan untuk usaha produksi tertentu, setelah melewati proses lanjutan maupun tidak. Limbah pertanian dari jagung dapat berupa jerami, dedak, dan kiobot yang telah dijadikan makanan ternak. Walaupun tingkat pemanfaatannya, dipengaruhi kesangsian terhadap mutu dan kegunaan bahan. Tongkol jagung merupakan limbah pertanian yang belum dimanfaatkan.

Usaha untuk mengatasi masalah tersebut adalah melakukan penelitian terhadap tongkol jagung, untuk mengetahui kandungan karbonnya. Ternyata tongkol jagung banyak sekali mengandung karbohidrat (selulosa 40%, glukosa dan hemiselulosa 36 %) serta lignin (16%), yang salah satu manfaatnya dapat dijadikan karbon aktif.

Hambatan pemanfaatan secara maksimal dari limbah yang mengandung selulosa adalah adanya lignin yang berikatan kuat. Lignin termasuk senyawaan polimer tinggi. Struktur kimianya belum diketahui secara pasti, terdapat pada dinding sel tanaman bersama-sama dengan selulosa. Beberapa ahli kimia mengemukakan bahwa lignin terdiri dari beberapa gugus kimia, antara lain metoksil, fenil propana, hidroksil, fenil eter, dan lain-lain. Namun demikian, kekompleksan lignin tidak hanya disebabkan oleh banyaknya gugus kimia tersebut. Akan tetapi disebabkan juga oleh banyaknya cara yang mungkin terjadi dalam kombinasi gugus-gugus kimianya



Gambar 2.1. Tanaman Jagung (Wikipedia 2008)

## 2.2 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah suatu material yang mengandung 90 % hingga 99 % karbon. Selain itu, juga mengandung elemen-elemen seperti hidrogen, oksigen, sulfur, nitrogen, dari beberapa macam material lainnya. Karbon ini perlu diproses (aktivasi), sehingga terjadi pengembangan struktur pori dan luas permukaan internal yang besar. Dimana pengembangan ini, sangat bergantung dari metode aktivasi yang digunakan.

Karbon aktif merupakan adsorben berpori yang telah diaktivasi, sehingga terjadi peningkatan daya adsorpsi. Aktivasi merupakan suatu proses yang menyebabkan perubahan fisik pada permukaan karbon, melalui penghilangan hidrokarbon dari permukaan tersebut. Sehingga permukaan karbon semakin luas

dan berpori. Hal ini menyebabkan karbon aktif akan lebih mudah menyerap zat-zat lain.

Jadi istilah karbon aktif dalam pengertian umum adalah suatu bentuk karbon yang dapat digunakan untuk menyerap baik dalam fasa gas maupun liquid. Luas permukaan karbon aktif umumnya berkisar antara 400-1400 m<sup>2</sup>/gram [2]. Beberapa produk komersial karbon aktif memiliki luas permukaan antara 500-2000 m<sup>2</sup>/g.

### 2.2.1 Sejarah dan Perkembangan Karbon Aktif

Sejarah karbon aktif dimulai dari tahun 1600 BC, dimana arang kayu pada waktu itu telah digunakan dalam dunia pengobatan di Mesir. Pada abad 13 AD, sebuah sumur di Jepang sudah dilengkapi dengan filter karbon sebagai penyaringan.

Kemudian pada tahun 1773, seorang ahli kimia asal Swedia, Karl Wilhem Scheele, menemukan pertama kali suatu fenomena adsorpsi gas oleh karbon (*charcoal*). Pada tahun 1785, Lovits dari Rusia menemukan bahwa arang bila dicelupkan ke dalam larutan asam tartar (*tartaric acid*), dapat menghilangkan warna dimana akan terjadi adsorpsi kandungan organik yang terkandung oleh karbon tadi. Di Inggris pada tahun 1794, arang atau karbon ini mulai diterapkan dalam skala industri, yang digunakan sebagai *decolorizing agent* pada pabrik sirup [3]

Tahun 1900-1901, R. V. Ostrejko mendapatkan hak paten pertama yang memberikan prospek baru dalam teknologi pembuatan karbon aktif. Hak paten yang diperoleh adalah proses pemanasan bahan material dengan logam klorida serta pembuatan charcoal yang menggunakan karbondioksida dan uap air.

Tahun 1909 di Raciborz, suatu wilayah di Jerman, didirikan suatu pabrik penghasil karbon aktif pertama kalinya dalam skala komersial yang diberi nama EPONIT. Produk ini merupakan pengembangan dari hak paten yang diperoleh oleh Ostrejko. Kemudian pada tahun 1911, berkembang produksi karbon aktif yang dikenal dengan nama NORIT. NORIT ini diperoleh dari *peat* dengan aktivasi oleh uap air<sup>[4]</sup>.

Pada Perang Dunia 1, karbon aktif digunakan sebagai media adsorpsi untuk masker gas beracun yang dihasilkan dari tempurung kelapa. Sehingga setelah perang dunia berakhir, penggunaan karbon aktif berkembang dalam skala besar dan komersial. Terutama untuk membersihkan gula bit dan sirup jagung serta pengelolaan air minum. Pengembangan karbon aktif, mulai diproduksi tidak hanya dari tempurung kelapa tetapi juga dari bahan baku batu bara<sup>[5]</sup>.

Dalam dua dekade terakhir, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dari karbon serta fenomena adsorpsi permukaan, membuat karbon aktif banyak digunakan sebagai adsorben untuk buangan gas. Seperti misalnya, penghilangan CS<sub>2</sub> dari udara, kontaminasi dalam air/larutan, pengolahan air dan air limbah, dan lain sebagainya. Selain itu, karbon aktif digunakan juga sebagai penyangga katalis dan elektroda pada proses elektrokimia.

### 2.2.2 Kegunaan Karbon Aktif

Karbon aktif yang digunakan dalam pemurnian gas, pemurnian emas, ekstraksi logam, air, obat-obatan, perawatan saluran pembuangan, filter udara di gas masker dan masker penyaring, penyaring di kompresi udara dan banyak aplikasi lainnya. Salah satu aplikasi utama industri melibatkan penggunaan karbon aktif di bidang metal finishing.<sup>[16]</sup>

Beberapa kegunaan karbon aktif dalam industri, dapat dilihat dalam Tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2.1. Kegunaan Karbon aktif dalam Industri

No	Maksud/Tujuan	Kegunaan
	<b>I. Adsorbat Gas</b>	
1	Pemurnian gas	Desulfurisasi, menghilangkan gas beracun, bau busuk, asap
2	Katalisator	Reaksi katalisator, pengangkut vinil klorida dan vinil aetat
3	Lain-lain	Menghilangkan bau dalam kamar berpendingin dan mobil
	<b>II. Adsorbat cair</b>	

Tabel 2.1 (sambungan)

1	Industri obat dan makanan	Menyaring dan menghilangkan warna, bau dan rasa
2	Kimia perminyakan	Penyulingan bahan mentah dan zat perantara
3	Pengolahan air buangan	Membersihkan air buangan dari pencemaran, warna bau dan logam berat
4	Penambakan budidaya udang	Menghilangkan bau amonia, fenol, H <sub>2</sub> S, mangan, FeCl <sub>3</sub> , nitrit, logam berat dan warna
5	Pelarut yang digunakan kembali	Penarikan kembali berbagai pelarut, karet, larutan asam, sisa metanol, etil asetat dan lain-lain
<b>III. Lain-lain</b>		
1	Pengolahan pupuk	Pemurnian, penghilangan bau, gas beracun dan kekeruhan
2	Pengolahan emas	Pemurnian
3	Penyaringan minyak makan dan glukosa	Menghilangkan bau, warna, rasa tidak enak dan memudahkan proses

Sumber : PT Ikaindo Industri Karbonik Indonesia

### 2.2.3 Jenis Karbon Aktif

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

#### 1) Karbon aktif fasa cair

Dihasilkan dari bahan yang memiliki berat jenis kecil. Sehingga bentuk fisiknya berupa bubuk halus dari ringan dengan diameter pori 5- 2000Å . Kurang Lebih 60 % karbon aktif yang digunakan di industri adalah dalam bentuk fasa cair.

Penggunaan karbon aktif fasa cair pada prinsipnya ada dua yaitu (1) menghilangkan warna, bau, rasa atau pengotor yang menyebabkan busa atau kegagalan pembentukan kristal dari larutan dari (2) mengurangi konsentrasi larutan. Contoh aplikasinya adalah pada filter aquarium, industri minyak dan

lemak, industri gula, industri kimia dari farmasi, penjernihan air, dan lain-lain. Tulang, kayu, batubara lignit, dan bahan yang mengandung lignin seperti limbah-limbah hasil pertanian biasanya dibuat untuk karbon aktif fasa cair.

## 2) Karbon aktif fasa gas

Berasal dari bahan dengan berat jenis lebih besar. Sehingga bentuk fisiknya butiran dari keras dengan diameter pori kurang dari  $100 \text{ \AA}$ . Karbon jenis ini memiliki luas permukaan kurang lebih  $1000 - 2000 \text{ m}^2/\text{g}$ . Fungsinya yaitu untuk menarik suatu gas dari suatu campuran gas, misalnya gas buangan industri.

Beberapa aplikasinya antara lain pada sistem AC (*Air Conditioning*), masker gas, sistem reaktor nuklir dan sebagai filter pada rokok. Biasanya karbon aktif digunakan untuk menyerap komponen asam tembakau yang berbahaya. Juga dapat dipakai sebagai kolom kromatografi. Karbon aktif fasa gas dibuat dari tempurung kelapa, batu bara, dan residu minyak bumi.

### 2.2.4 Pembuatan Karbon Aktif

Proses pembuatan karbon aktif dilakukan dengan cara destilasi kering yaitu pembakaran tanpa atau dengan sedikit oksigen. Dengan kata lain, pembakaran dilakukan tanpa hubungan dengan udara luar. Di dalam pembuatan karbon aktif, yang memegang peranan penting adalah "fined carbon". Sedangkan kandungan lainnya akan hilang selama proses tersebut.

Pembuatan karbon aktif melalui tiga tahapan yaitu:

- a. Dehidrasi
- b. Karbonisasi (pengarangan)
- c. Aktivasi

#### 2.2.4.1 Dehidrasi

Tahap dehidrasi atau pelepasan air adalah proses yang dilakukan untuk menghilangkan kandungan air yang ada pada bahan dasar pada pembuatan karbon aktif. Hal tersebut, dilakukan dengan cara dijemur diterik matahari atau bahan tersebut dipanaskan  $\pm 170 \text{ }^\circ\text{C}$  sampai diperoleh bobot konstan.. Dalam beberapa

kasus, seng klorida ataupun asam fosfat dapat digunakan sebagai *dehydrating agent*.

#### 2.2.4.2 Karbonisasi

Karbonisasi atau pengarangan adalah proses pembakaran tidak sempurna dari bahan-bahan organik. Dimana jumlah oksigen di dalam ruang pengarangan (furnace) sangat terbatas (pirolisis). Setelah karbon dihilangkan airnya, maka pemanasan dilanjutkan sampai temperatur 400- 700 °C.

Karbonisasi ini menyebabkan terdekomposisinya bahan dan mengeluarkan pengotor seperti tar dan metanol. Selain itu, sebagian besar unsur non karbon dihilangkan pada proses karbonisasi ini.

Bahan serat berupa lignoselulosa yang mengalami karbonisasi atau proses destilasi kering akan menghasilkan:

1. Padatan, berupa karbon atau arang yang masih bercampur dengan tar sehingga daya serapnya rendah.
2. Cairan, yang terdiri dari asam piroligneous dan tar; asam piroligneous mengandung asam asetat, metanol, aseton, dari lain-lain.
3. Gas-gas, antara lain CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan hidrokarbon.

Lepasnya senyawa-senyawa yang mudah menguap tersebut, menyebabkan pori-pori pada bahan terbuka dan menghasilkan produk yang disebut karbon. Atom-atom karbon yang tertinggal membentuk suatu sistem cincin aromatik, kemudian melebar dan susunannya tidak beraturan.

Bahan baku yang dipanaskan akan mengalami destilasi air. Kemudian, terjadi pemecahan dari pelepasan sebagian besar H<sub>2</sub>O dari CO<sub>2</sub>. Akhirnya terjadi reaksi eksotermik, yang menandakan dimulainya proses karbonisasi. Karbonisasi dianggap sempurna apabila tidak terjadi asap lagi.

Menurut Grifficen (1950), perlakuan panas pada karbonisasi ini terutama dimaksudkan untuk menghilangkan unsur-unsur hidrogen dan oksigen. Seperti diketahui bahan baku pembuatan karbon aktif terutama berasal dari tumbuh-tumbuhan, yang banyak mengandung unsur-unsur tersebut dalam bentuk persenyawaan organik.

Tahap-tahap pada proses karbonisasi yang pemanasannya berlangsung sampai suhu sekitar 500 °C dapat terlihat pada Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2. Tahapan dalam Proses Karbonisasi

SUHU	PROSES
s/d 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 asam asetat, asam format dan metanol
	Mulai terbentuk karbon
	Dekomposisi Lignin, selulosa dan hemiselulosa dimana lepasnya gugus karbonil serta logam
	Terbentuknya mikropori
	Reaksi Endotermik
300-400°C	Terbentuknya gas-gas CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub>
	Terbentuknya senyawa aromatik seperti fenol
	Pembentukan mikropori berkurang dan mesopori mulai terbentuk
	Reaksi Eksotermik
310-500°C	Tar yang dihasilkan lebih banyak
	Lignin terurai
	Mesopori makin banyak, pembentukan karbon makin sempurna
500°C	Pemurnian karbon
	Kadar C mencapai ± 90%

Sumber : A.P Widjaja dan Imman Nurdin

#### 2.2.4.3 Aktivasi

Pada saat proses karbonisasi, luas permukaan telah terbuka tetapi penyerapannya masih relatif rendah. Hal ini diakibatkan, oleh adanya residu tar yang menutupi pori. Pori-pori tersebut dapat dibersihkan dan diperbesar lagi dengan proses yang dinamakan aktivasi.

Aktivasi adalah proses memperbesar luas permukaan dalam pada karbon, dengan pelepasan hidrokarbon, tar dan senyawa organik yang melekat pada karbon tersebut sehingga daya serapnya bertambah. Karbon yang telah mengalami aktivasi disebut dengan karbon aktif.

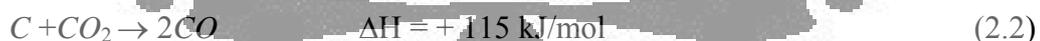
Sifat fisika kimia karbon aktif tergantung dari cara pengaktifannya. Karbon yang diaktifkan dengan gas, strukturnya masih menunjukkan struktur bahan mentah. Sedangkan karbon aktif yang diaktifkan dengan bahan kimia, strukturnya berlainan dengan bahan mentahnya.

Karbon yang diaktifkan dengan uap (*steam activation*) mempunyai reaksi basa. Sedangkan yang diaktifkan dengan asam memberikan reaksi asam. Jenis bahan baku akan mempengaruhi mudah atau tidaknya proses aktivasi (kandungan karbon, oksigen, dari hidrogen) serta sifat fisis dari produk yang dihasilkan.

Ada dua metode aktivasi, yaitu:

#### 1. Aktivasi secara fisika

Pada aktivasi fisika, karbon dipanaskan pada suhu yang cukup tinggi yaitu 800 -1100 °C, dengan mengalirkan gas pengoksidasi seperti uap air, oksigen, atau CO<sub>2</sub>. Kemudian gas pengoksidasi tersebut bereaksi dengan karbon, melepaskan hidrogen dan karbon monoksida sehingga memperluas pori. Senyawa-senyawa produk samping (*by-product*) akan hilang, dan akhirnya akan memperluas permukaan. Dengan kata lain, pada aktivasi fisika ini, sejumlah besar berat karbon internal hilang untuk mendapatkan struktur karbon yang lebih baik.



#### 2. Aktivasi secara kimia

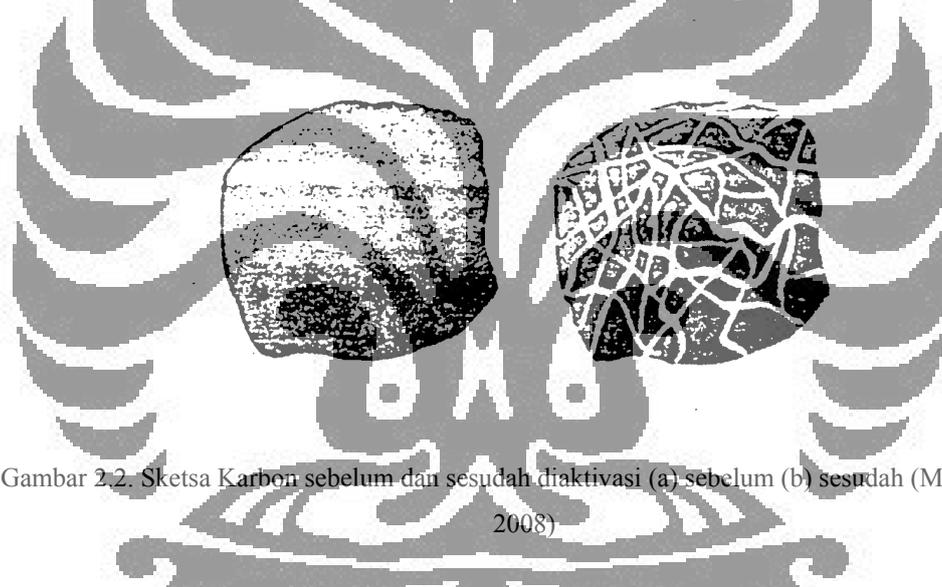
Aktivasi kimia ada dua cara yaitu aktivasi basah dari aktivasi kering. Pada aktivasi basah, prekursor awal direndam terlebih dahulu dengan bahan-bahan kimia yang disebut aktivator. Setelah itu, karbonisasi dari aktivasi dilakukan sekaligus. Aktivasi kering yaitu prekursor awal diarangkan terlebih dahulu, baru diaktivasi dengan perendaman bahan-bahan kimia. Bahan yang dicampur dengan larutan kimia ini, dipanaskan secara pirolisis pada suhu sekitar 400 °C sampai 600°C.

Larutan kimia yang biasa digunakan sebagai aktivator adalah garam dari logam-logam alkali dari alkali tanah (tipe asam lewis) dan beberapa asam, seperti  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , dari lain-lain. Bahan kimia yang digunakan dalam aktivasi kimia adalah *dehydrating agent*, yang mempengaruhi dekomposisi pirolitik (terjadi reaksi dehidrasi), mengurangi pembentukan tar, dan memperbanyak terbentuknya karbon.

Aktivasi kimia memberikan beberapa keuntungan yaitu:

- 1) Karbonisasi dan aktivasi dapat dilakukan sekaligus.
- 2) Temperatur yang digunakan lebih rendah dibandingkan dengan aktivasi fisika.
- 3) Hasil pengembangan struktur pori lebih baik.

Sketsa karbon sebelum dan sesudah aktivasi ditunjukkan pada Gambar 2.2



Gambar 2.2. Sketsa Karbon sebelum dan sesudah diaktivasi (a) sebelum (b) sesudah (Murti, Septi 2008)

### 2.2.5 Struktur Fisika Karbon Aktif

Karbon aktif adalah padatan amorf atau mikrokristalin yang memiliki luas permukaan internal dan volume pori yang sangat besar. Sehingga mengakibatkan daya serap yang tinggi. Menurut Hessler (1951), karbon ini terdiri dari pelat-pelat datar yang bertumpuk satu sama lain membentuk kristalit-kristalit dengan sisa hidrokarbon yang tertinggal pada permukaannya. Jika hidrokarbonnya dihilangkan dengan aktivasi maka akan dihasilkan permukaan yang aktif.

#### 2.2.5.1 Bentuk Karbon Aktif

Dalam aplikasinya, produk karbon aktif terdapat dalam bentuk serbuk (powder), butiran/granular (*extrude*), tablet, partikel/pelet, dan lembaran. Penggolongan ini didasarkan atas ukuran partikel yang umumnya disebut mesh. Penggolongan karbonaktif atas ukurannya dapat dilihat pada Tabel 2.3 .

Tabel 2.3. Jenis dan Ukuran Karbon Aktif

Tipe	Ukuran (umum)	Pemakaian
Granular	0.3 mm/ 50 mesh	6 bulan - 2 tahun
<i>Powder</i>	$\leq 0.177$ mm/ 80 mesh	Jangka pendek, sesuai kebutuhan

1) Karbon aktif dalam bentuk serbuk yang halus mempunyai distribusi ukuran partikel 5 sampai 110  $\mu\text{m}$ . Akan tetapi untuk beberapa aplikasi khusus, dapat digunakan ukuran yang lebih besar.

Karbon aktif berbentuk serbuk, biasanya digunakan untuk adsorpsi fasa cair, yang langsung dicampurkan dengan cairan yang akan diadsorpsi. Sedangkan untuk pemisahan karbon dari cairan yang sudah diadsorpsi, dilakukan dengan cara filtrasi atau sedimentasi.

2) Karbon aktif granular terdiri dari dua bentuk, yaitu regular dari iregular. Bentuk iregular dibuat dengan penghancuran (*crushing*) dan pengayakan (*sieving*). Sedangkan bentuk regular dihasilkan dari proses cetakan pada saat aktivasi.

Bentuk umum granular yang banyak diproduksi adalah berukuran 0,8- 4 mm dengan bentuk silinder. Ada pula yang berbentuk khusus seperti *quadrilobes* dan *spare*, dimana pembuatannya memerlukan aplikasi yang spesifik<sup>[6]</sup>.

Karbon aktif berbentuk granular banyak digunakan untuk adsorpsi fasa gas, disebabkan oleh memiliki penurunan tekanan yang kecil. Karbon aktif granular ini, digunakan sebagai adsorben dengan cara melewatkan aliran gas yang akan diadsorpsi. Umumnya karbon aktif granular ini, dapat diregenerasi dari digunakan kembali.

### 2.2.5.2 Ukuran Pori

Ukuran pori diklasifikasikan oleh IUPAC menjadi tiga jenis, seperti terlihat pada Tabel 2.4

Tabel 2.4. Ukuran dan Jenis Pori berdasarkan IUPAC

Jenis Pori	Ukuran diameter (nm / Å)
Mikropori	< 2 nm / 20 Å
Mesopori	2 — 50 nm / 20-500 Å
Makropori	> 50 nm / 500 Å

Molekul –molekul yang dapat diadsorpsi oleh mikropori :

- 3A (ukuran pori 3Å): Mengadsorpsi  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , (tidak  $\text{C}_2\text{H}_6$ ), baik untuk mengeringkan senyawa polar.
- 4A (ukuran pori 4 Å): Mengadsorpsi  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_6$ . Tidak akan mengadsorpsi  $\text{C}_3\text{H}_8$  dan hidrokarbon rantai yang lebih panjang. Baik untuk mengeringkan gas-gas dan senyawa non polar.
- 5A (ukuran pori 5Å): Mengadsorpsi normal (linear) hidrokarbon sampai  $n\text{-C}_4\text{H}_{10}$ ,  $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ , mercaptans sampai  $\text{C}_4\text{H}_9\text{SH}$ . Tidak akan mengadsorpsi komponen yang memiliki struktur *iso*.
- 10X (ukuran pori 8Å): Mengadsorpsi hidrokarbon yang memiliki gugus alkil dan aromatik. Useful for drying gases.
- 13X (ukuran pori 10 Å): Mengadsorpsi di-n-butylamine (tidak mengadsorpsi tri-n-butylamine).

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

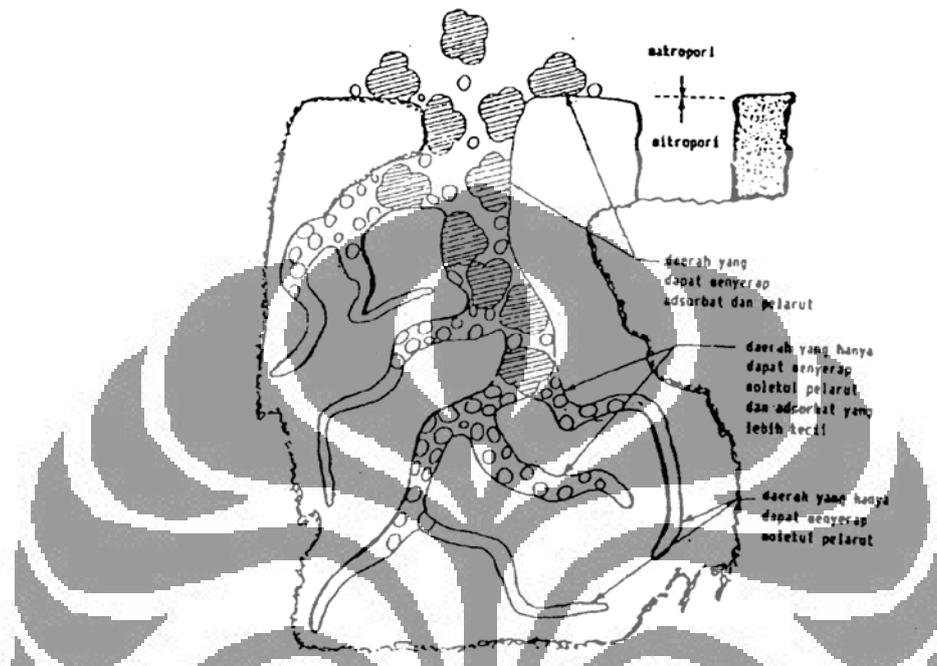
#### 1) Makropori

Daerah makropori memiliki radius lebih besar atau sama dengan 100 -200 nm. Volumennya tidak terisi seluruhnya oleh adsorbat melalui mekanisme kondensasi kapiler (hanya terjadi pada saat tekanan relatif adsorbat mendekati 1). Volume makropori biasanya berkisar antara 0,2—0,8 $\text{cm}^3$ /gr.

Luas permukaan spesifik makropori tidak melebihi 0,5  $\text{m}^2$ /gr. Cukup kecil bila dibandingkan dengan permukaan tipe pori lainnya. Oleh karena itu,

makropori tidak begitu penting pada proses adsorpsi, hanya sebagai jalur transpor partikel adsorbat ke bagian internal karbon.

Makropori terletak di bagian luar, kemudian diikuti mesopori dari terakhir mikropori seperti terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Struktur Pori Karbon Aktif (Murti, Septi 2008)

## 2) Mesopori

Dikenal juga sebagai pori transisi, yang memiliki radius efektif antara 1,5-1,6 nm hingga 100- 200 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  $\text{m}^2/\text{g}$ .

Mesopori memberikan kontribusi yang cukup besar pada proses adsorpsi. Merupakan jalur transpor utama bagi adsorbat. Metode yang paling sering digunakan untuk menguji keberadaan mesopori, dengan melibatkan proses adsorpsi dan desorpsi gas oleh uap organik melalui porosimetri merkuri dan pengujian mikroskop elektron.

## 3) Mikropori

Memiliki ukuran yang dapat diperbandingkan dengan molekul teradsorpsi. Radius efektifnya biasa lebih kecil dari 1,5 hingga 1,6 nm. Kebanyakan karbon aktif volumenya di antara 0,15 hingga 0,5  $\text{cm}^3/\text{gr}$ .

Energi untuk proses adsorpsi pada mikropori, nilainya lebih besar dibandingkan pada adsorpsi di mesopori atau pada permukaan tidak berpori. Sehingga peningkatan kapasitas adsorpsinya pada tekanan kesetimbangan, jumlahnya rendah. Untuk beberapa karbon aktif, struktur mikroporinya kompleks. Contohnya adalah dua struktur mikropori bersama : yang pertama untuk radius pori efektif lebih kecil dari 0,6 hingga 0,7 nm yang disebut mikropori spesifik dari yang kedua dengan radius pori 0,6-0,7 hingga 1,5-1,6 nm yang disebut supermikropori.

#### 2.2.5.3 Sifat Permukaan Karbon Aktif

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 tolok ukur yang pasti. Di sini juga ditekankan, sifat kimia dari permukaan sangat menentukan terjadinya proses adsorpsi. Akan tetapi peranan luas permukaan dan struktur pori adsorben sebenarnya jauh lebih besar.<sup>[7]</sup>

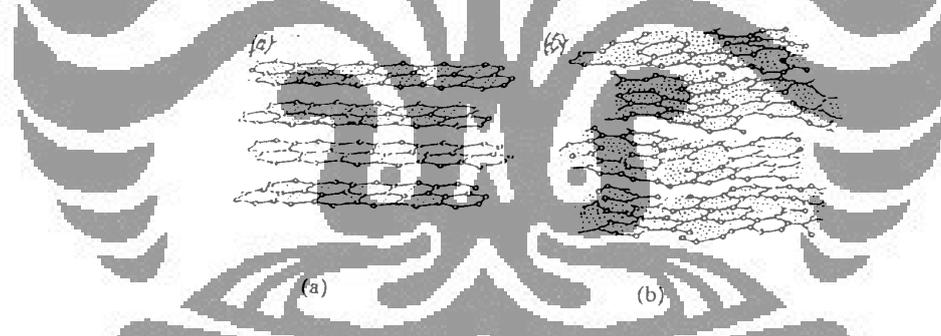
Menurut konsep “Molecular Screening”, molekul atau ion hanya dapat masuk ke dalam pori adsorben, bila diameter dari molekul atau ion lebih kecil dari diameter pori adsorben. Molekul yang cukup kecil untuk melewati pori akan teradsorpsi sedangkan molekul yang lebih besar tidak akan lewat. Contohnya molekul air mungkin cukup kecil untuk dapat melewati pori karbon aktif, sementara molekul lainnya tidak. Karbon aktif yang berfungsi sebagai penyaring molekul (*molekular sieve*) dapat menyerap sampai 22% air dari beratnya.

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.

### 2.2.6 Struktur Kristal Karbon Aktif

Struktur pori karbon aktif dan sifat kimia permukaan karbon aktif, sangat berkaitan dengan struktur kristalnya. Struktur mikrokristalin grafit merupakan unit struktur dasar karbon aktif. Orde atom karbon pada mikrokristalin serupa dengan struktur grafit murni. Setiap ikatan atom karbon berikatan kovalen dengan tiga atom di sekitarnya. Keempat elektron itu terdelokalisasi, dapat berpindah secara bebas pada ikatan rangkap terkonjugasi pada rantai aromatik terkonjugasi.

Pembentukan struktur kristal pada karbon aktif, sesungguhnya telah dimulai sejak proses karbonisasi bahan awal. Dimana pada proses itu terbentuk beberapa rantai aromatik terkondensasi. Ditandai dengan dimulai terbentuknya pusat grafit mikrokristalin. Meskipun struktur kristal karbon aktif tersusun seperti kristal grafit, namun terdapat deviasi pada struktur tersebut. Dimana jarak antara lapisan pada kristal karbon aktif tidaklah sama yaitu antara 0,34 hingga 0,35 nm. Jarak antar atom karbon lainnya pada suatu lapisan bidang datar adalah 1,42 Å. Deviasi struktur grafit tersebut, disebut struktur turbostatik seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4 [8].



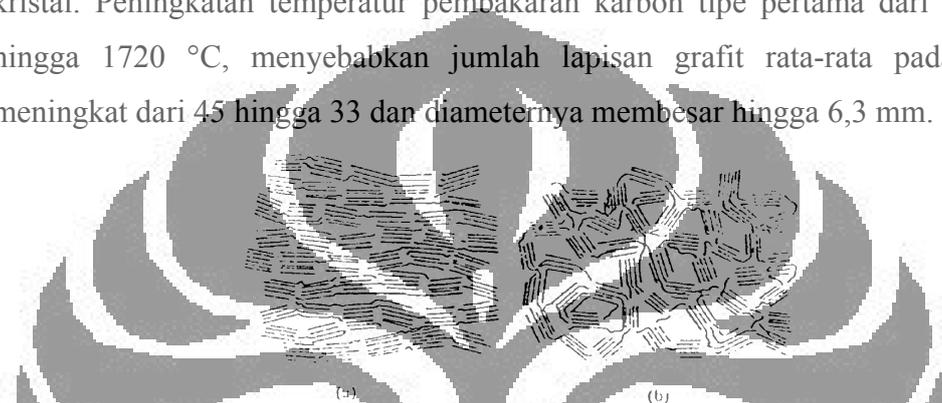
Gambar 2.4. (a) Struktur grafit dan (b) struktur turbostatik (wikipedia 2008)

Deviasi ini disebabkan oleh jenis bahan baku yang digunakan, kuantitas pengotor, dan metode serta kondisi dari proses pembuatan karbon aktif. Range orde struktur kristal grafit cukup tinggi, namun terbatas pada karbon dengan diameter mikrokristal mencapai 1 hingga 10 nm. Biasanya terdiri dari sejumlah lapisan. Ukuran diameter ini, tergantung tipe karbon aktif dan sangat dipengaruhi kondisi proses pembuatan (khususnya temperatur dan lama proses pemanasan).

Terdapat beberapa klasifikasi karbon aktif menurut struktur kristalnya. Karbon aktif dibagi dalam dua golongan seperti yang diusulkan oleh Franklin. Pertama, karbon aktif yang mudah tergrafitisasi (*soft*) pada temperatur tinggi dari

kedua, karbon aktif yang sukar tergrafitasi (*hard*) pada temperatur tinggi. Perbedaan kemampuan untuk tergrafitasi mempengaruhi orientasi kristalnya, yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.

Material karbon tergrafitasi pada temperatur lebih tinggi dari 1000 °C. Proses grafitisasi mula-mula adalah mengkonsumsi karbon tidak tersusun (*non organized*) pada rentang temperatur 1000-2000°C. Karbon-karbon tersebut, digunakan untuk menaikkan lebar (diameter) lapisan grafit di dalam elemen kristal. Peningkatan temperatur pembakaran karbon tipe pertama dari 1000 °C hingga 1720 °C, menyebabkan jumlah lapisan grafit rata-rata pada kristal meningkat dari 45 hingga 33 dan diameternya membesar hingga 6,3 mm.



Gambar 2.5. Ilustrasi skematik struktur karbon aktif; a) mudah tergrafitasi, b) sukar tergrafitasi (wikipedia 2008)

Karbon dengan susunan kaku mikrokristal memiliki ikatan menyilang yang cukup kuat. Dari karakterisasinya, diketahui bahwa struktur pori berkembang baik, densitas yang relatif rendah (lebih rendah dari 2 gr/cm<sup>3</sup>), kesadahan rendah dan tergrafitasi sebagian kecil.

Untuk karbon yang sangat mudah tergrafitasi, orientasi kristalnya diperkirakan paralel dan ikatan silang diantaranya lemah. Sementara proses pengembangannya sendiri, bertujuan untuk penambahan pada tiap lapisan. Struktur pori sangat minim pengembangannya. Sementara karbon aktif relatif lembut, densitas cukup besar dan diperkirakan seperti pada grafit, yaitu 2,26 gr/cm<sup>3</sup>

### 2.3 Adsorpsi

Adsorpsi atau penyerapan didefinisikan sebagai proses pemisahan, dimana komponen tertentu dari suatu fasa fluida berpindah ke permukaan zat yang dapat menyerap. Zat yang diserap berupa atom, molekul, maupun ion disebut fasa

terserap (adsorbat). Sedangkan zat yang dapat menyerap disebut fasa penyerap (adsorben). Fenomena konsentrasi zat pada permukaan (antar muka) atau cairan disebut fasa adsorpsi.

Adsorpsi dapat dijelaskan dari tegangan permukaan suatu zat padat. Molekul-molekul yang ada di dalam suatu zat padat mendapat gaya-gaya yang sama dari semua arah. Sedangkan molekul-molekul pada permukaan zat padat mendapat gaya yang tidak sama (dalam keadaan tidak setimbang). Sehingga gaya kohesi adsorben lebih besar daripada gaya adhesinya.

Untuk mengimbangi gaya-gaya bagian dalam, maka molekul-molekul lain biasanya gas atau cairan menjadi tertarik ke permukaan/ke arah dalam. Gaya ini relatif lemah, disebut dengan gaya Van Der Waals<sup>[9]</sup>

### 2.3.1 Jenis-jenis Adsorpsi

Adsorpsi dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu:

1. Adsorpsi fisika
2. Adsorpsi kimia
3. Adsorpsi pertukaran ion

#### 2.3.1.1 Adsorpsi Fisika

Adsorpsi fisika terjadi bila gaya intermolekular lebih besar dari gaya intramolekular. Gaya intramolekular adalah gaya tarik antara molekul fluida dengan molekul pada permukaan padatan. Sedangkan gaya intermolekular adalah gaya tarik antar molekul-molekul fluida itu sendiri.

Di dalam adsorpsi fisika, bahan pengotor (adsorbat) ditahan pada bagian permukaan karbon. Disebabkan oleh adanya fluktuasi distribusi muatan listrik (charge) yang lemah. Adsorpsi fisika ini, dapat berlangsung di bawah suhu kritis adsorbat yang relatif rendah. Jenis adsorpsi ini, umumnya adalah lapisan ganda (multi layer). Dalam hal ini, tiap lapisan molekul terbentuk di atas lapisan-lapisan yang proposional dengan konsentrasi kontaminan<sup>[2]</sup>. Makin besar konsentrasi kontaminan dalam suatu larutan, makin banyak lapisan molekul yang terbentuk pada adsorben.

Tabel 2.5. Perbedaan Adsorpsi Fisika dan adsorpsi kimia

Parameter	Adsorpsi Fisika	Adsorpsi Kimia
Adsorben	Semua padatan	Beberapa padatan
Adsorbat	Semua gas pada suhu kritis Hampir semua larutan	Beberapa gas (kecuali gas mulia) dan larutan secara kimiawi, reaktif
Rentang temperatur operasi	Temperatur ruang (rendah, di bawah suhu kritis adsorbat), tergantung energi aktivasi	Secara umum temperatur tinggi, kecuali untuk kasus-kasus tertentu (di atas suhu kritis adsorbat), tergantung energi aktivasi
Laju energi aktivasi	Sangat cepat, Energi rendah (kurang dari 1 kkal/mol)	Non aktif, energi rendah, aktif energi tinggi (10-60 kkal/mol)
Panas Adsorpsi	Rendah (5-10 kkal/gmol gas)	Tinggi (10-100 kkal/gmol gas), mencapai suhu reaksi
Reversibilitas	Reversibel	Irreversibel
Kecepatan adsorpsi	Besar	Kecil
Jumlah zat teradsorpsi	Sebanding dengan kenaikan tekanan	Sebanding dengan banyaknya inti aktif adsorben yang dapat bereaksi dengan adsorbat
Kegunaan	Penentuan luas permukaan dan ukuran pori	Penentuan daerah pusat aktif dan kinetika reaksi permukaan

Sumber : Othmer

Besar panas yang dilepaskan selama proses adsorpsi adalah 5-10 kkal/molekul adsorbat. Sehingga kesetimbangan antara zat padat dengan molekul-molekul fluida, biasanya cepat tercapai dari bersifat reversibel (adsorbat) dapat dengan mudah terdesorpsi). Hal ini disebabkan kebutuhan energinya kecil. Adsorpsi fisika dengan mudah dibalik, dengan menurunkan tekanan gas atau konsentrasi zat terlarut. Banyaknya jumlah adsorbat yang diadsorpsi pada adsorpsi fisika, makin kecil dengan kenaikan suhu.

Energi aktivasi untuk terjadinya adsorpsi fisika biasanya tidak lebih dari 1 kkal/g mol. Oleh karena itu, gaya yang dilibatkan pada adsorpsi fisika relatif lemah<sup>[9]</sup> yaitu gaya Van Der Waals (misalnya gaya dispersi atau interaksi polar). Dengan kata lain, tanpa terjadi reaksi kimia antara adsorbat dari adsorben. Sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke bagian

permukaan lain dari adsorben. Karena ikatannya lemah, maka ikatan ini dapat diputuskan dengan mudah yaitu dengan cara pemanasan pada temperatur 150-200 °C dan mudah sekali diganti dengan molekul lain.

Gaya ini sama dengan gaya yang menyebabkan kondensasi gas untuk membentuk cairan. Kalor yang dilepaskan pada adsorpsi fisika sama besar dengan kalor yang dilepaskan pada proses kondensasi gas. Banyaknya gas yang teradsorpsi mencapai beberapa lapisan molekul.

### 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 dapat sedemikian kuat, sehingga spesies aslinya tidak dapat ditemukan lagi. Kuatnya ikatan antara adsorben dari 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.

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/molekul.

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 dari adsorben.

Jika adsorpsi kimia terjadi dengan aktivasi, misalnya laju adsorpsi merupakan fungsi dari temperatur adsorpsi (sesuai Hukum Arrhenius), maka

adsorpsi ini disebut adsorpsi kimia teraktifkan (*activated chemisorption*). Sedangkan adsorpsi kimia tak teraktifkan (*nonactivated chemisorption*) adalah istilah untuk adsorpsi kimia yang terjadi sangat cepat, sehingga energi aktivasinya dianggap nol

### 2.3.2 Jenis Adsorben

Berdasarkan struktur dari unsur pembangunnya, adsorben dapat digolongkan menjadi dua, yaitu adsorben tak berpori (*non porous adsorbents*) dari adsorben berpori (*porous adsorbents*).

#### 1. Adsorben tak berpori

Adsorben tak berpori dapat diperoleh dengan cara presipitasi deposit kristalin seperti  $\text{BaSO}_4$  atau penghalusan padatan kristal. Luas permukaan spesifiknya kecil, tidak lebih dari  $10 \text{ m}^2/\text{g}$ . Umumnya luas permukaan spesifiknya antara  $0,1-1 \text{ m}^2/\text{g}$ . Bahan tak berpori seperti filer karet (*rubber filler*) dan karbon hitam bergrafit (*graphitized carbon blacks*) adalah jenis adsorben tak berpori yang telah mengalami perlakuan khusus, sehingga luas permukaannya dapat mencapai ratusan  $\text{m}^2/\text{g}$ .

#### 2. Adsorben berpori

Luas permukaan spesifik adsorben berpori berkisar antara  $100-1000 \text{ m}^2/\text{g}$ . Biasanya dipergunakan sebagai penyangga katalis, dehidrator dan penyeleksi komponen. Adsorben ini umumnya berbentuk granular. Beberapa jenis adsorben berpori yang terkenal adalah : silica gel, alumina, karbon aktif, *molecular sieves*, dan *porous glasses*.

### 2.3.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi, seperti yang tersebut di bawah ini:

#### 1. Sifat adsorben

##### a. Kemurnian adsorben

Adsorben yang lebih murni memiliki daya adsorpsi yang lebih baik

##### b. Luas permukaan dan volume/jumlah pori adsorben.

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.

## 2. Jenis adsorbat

### a. Kepolaran adsorbat

Apabila berdiameter sama, maka molekul-molekul polar lebih kuat diadsorpsi daripada molekul-molekul yang kurang polar. Molekul-molekul yang lebih polar dapat menggantikan molekul-molekul yang kurang polar, yang telah diserap terlebih dahulu.

### b. Ukuran molekul adsorbat

Rongga tempat terjadinya adsorpsi dapat dicapai melewati ukuran yang sesuai. Sehingga molekul-molekul yang bisa diadsorpsi adalah molekul-molekul yang berdiameter sama atau lebih kecil dari diameter pori adsorben.

## 3. 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  $50^{\circ}\text{C}$ .

## 4. 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.

## 5. Pusat aktif

Pada permukaan yang beragam, hanya sebagian permukaan yang mempunyai daya serap. Hal ini dapat terjadi, disebabkan oleh permukaan yang heterogen. Sehingga hanya beberapa jenis zat yang dapat diserap oleh bagian permukaan yang aktif, disebut sebagai pusat aktif (*active centre*).

Kelajuan adsorpsi bertambah dengan berkurangnya ukuran partikel adsorben. Sehingga kelajuan ditentukan oleh proses difusi. Ada dua proses difusi yang menentukan proses adsorpsi, yaitu:

- a. Proses difusi pada suatu lapisan tipis cairan di sekeliling partikel adsorben, yang disebut dengan difusi film.
- b. Proses adsorpsi dalam partikel adsorben, yang disebut difusi partikel.

Proses difusi ditentukan oleh beberapa faktor yang meliputi besar dari muatan partikel adsorben, besar dari muatan molekul atau ion adsorbat dari konsentrasi larutan adsorbat. Parameter fisis yang berpengaruh pada proses adsorpsi, biasanya dinyatakan sebagai waktu adsorpsi, konsentrasi awal larutan adsorbat, ukuran partikel adsorben, pH, dari temperatur larutan adsorbat.

#### 2.3.4 Metode Brenauer-Emmet-Teller (BET)

Metode BET adalah salah satu metode dari adsorpsi isothermal, 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.

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

#### 2.3.5 Etanol

Etanol (disebut juga etil-alkohol atau alkohol saja), adalah alkohol yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Karena sifatnya yang tidak beracun bahan ini banyak dipakai sebagai pelarut dalam dunia farmasi dan industri makanan dan minuman. Etanol tidak berwarna dan tidak berasa tapi memiliki bau yang khas. Bahan ini dapat memabukkan jika diminum. Etanol sering ditulis dengan rumus EtOH. Rumus molekul etanol adalah  $C_2H_5OH$  atau rumus empiris  $C_2H_6O$ .

##### 2.3.5.1 Pembuatan

Etanol dapat dibuat dengan beberapa cara sebagai berikut:

- Etanol untuk konsumsi umumnya dihasilkan dengan proses fermentasi atau peragian bahan makanan yang mengandung pati atau karbohidrat, seperti beras, dan umbi. Alkohol yang dihasilkan dari proses fermentasi biasanya berkadar rendah. Untuk mendapatkan alkohol dengan kadar yang lebih tinggi diperlukan proses pemurnian melalui penyulingan atau distilasi. Etanol untuk keperluan industri dalam skala lebih besar dihasilkan dari fermentasi tetes, yaitu hasil samping dalam industri gula tebu atau gula bit.
- Melalui sintesis kimia melalui antara reaksi gas etilen dan uap air dengan asam sebagai katalis. Katalis yang dipakai misalnya asam fosfat. Asam sulfat dapat juga dipakai sebagai katalis, namun dewasa ini sudah jarang dipakai.

#### 2.3.5.2. Penggunaan

- Pelarut
- Campuran minuman (intoxicant)
- Sintesis bahan kimia lain

### 2.3.6 Air

Air adalah zat kimia yang penting bagi semua bentuk kehidupan yang diketahui sampai saat ini di bumi<sup>[11][12][13]</sup>, tetapi tidak di planet lain. Air menutupi hampir 71% permukaan bumi. Terdapat 1,4 triliun kilometer kubik (330 juta mil<sup>3</sup>) tersedia di bumi. Air sebagian besar terdapat di laut (air asin) dan pada lapisan-lapisan es (di kutub dan puncak-puncak gunung), akan tetapi juga dapat hadir sebagai awan, hujan, sungai, muka air tawar, danau, uap air, dan lautan es. Air dalam obyek-obyek tersebut bergerak mengikuti suatu siklus air, yaitu: melalui penguapan, hujan, dan aliran air di atas permukaan tanah (*runoff*, meliputi mata air, sungai, muara) menuju laut

#### 2.3.6.1 Kelarutan (solvasi)

Air adalah pelarut yang kuat, melarutkan banyak jenis zat kimia. Zat-zat yang bercampur dan larut dengan baik dalam air (misalnya garam-garam) disebut sebagai zat-zat "hidrofilik" (pencinta air), dan zat-zat yang tidak mudah tercampur dengan air (misalnya lemak dan minyak), disebut sebagai zat-zat "hidrofobik"

(takut-air). Kelarutan suatu zat dalam air ditentukan oleh dapat tidaknya zat tersebut menandingi kekuatan gaya tarik-menarik listrik (gaya intermolekul dipol-dipol) antara molekul-molekul air. Jika suatu zat tidak mampu menandingi gaya tarik-menarik antar molekul air, molekul-molekul zat tersebut tidak larut dan akan mengendap dalam air.

### 2.3.6.2 Tegangan permukaan

Air memiliki tegangan permukaan yang besar yang disebabkan oleh kuatnya sifat kohesi antar molekul-molekul air. Hal ini dapat diamati saat sejumlah kecil air ditempatkan dalam sebuah permukaan yang tak dapat terbasahi atau terlarutkan (non-soluble); air tersebut akan berkumpul sebagai sebuah tetesan. Di atas sebuah permukaan gelas yang amat bersih atau permukaan amat halus air dapat membentuk suatu lapisan tipis (thin film) karena gaya tarik molekuler antara gelas dan molekul air (gaya adhesi) lebih kuat ketimbang gaya kohesi antar molekul air.

Dalam sel-sel biologi dan organel-organel, air bersentuhan dengan membran dan permukaan protein yang bersifat hidrofilik; yaitu, permukaan-permukaan yang memiliki ketertarikan kuat terhadap air. Irvin Langmuir mengamati suatu gaya tolak yang kuat antar permukaan-permukaan hidrofilik. Untuk melakukan dehidrasi suatu permukaan hidrofilik — dalam arti melepaskan lapisan yang terikat dengan kuat dari hidrasi air — perlu dilakukan kerja sungguh-sungguh melawan gaya-gaya ini, yang disebut gaya-gaya hidrasi. Gaya-gaya tersebut amat besar nilainya akan tetapi meluruh dengan cepat dalam rentang nanometer atau lebih kecil.

### 2.3.7 Metode Analisa Volumetri

Dalam analisis volumetri diadakan pengukuran volume suatu larutan dengan konsentrasi yang diketahui pasti, untuk bereaksi sempurna dengan sejumlah zat tertentu. Larutan yang konsentrasinya diketahui dengan pasti, disebut larutan standar atau larutan baku. Prosesnya dinamakan titrasi

Syarat-syarat yang harus dipenuhi agar suatu reaksi kimia dapat dipakai sebagai dasar titrasi adalah

- ✓ Reaksi harus berlangsung cepat, sehingga suatu titrasi dapat selesai dalam beberapa menit. Reaksi-reaksi ion anorganik memenuhi syarat ini. Kadang-kadang reaksi dipercepat dengan pemanasan atau penambahan katalis yang sesuai
- ✓ Reaksi harus stokiometrik dan tidak terjadi reaksi-reaksi samping. Zat-zat lain dalam larutan tidak boleh bereaksi atau mengganggu reaksi utama
- ✓ Salah satu sifat dari sistem yang bereaksi harus berubah dengan cepat dan dapat diamati pada penambahan suatu jumlah ekuivalen dari zat penitrasi serta Harus ada indikator yang dapat dipakai.

### 2.3.8 Metode Analisa Gravimetri

Analisis gravimetri adalah suatu proses mengisolasi dan menimbang suatu unsur atau suatu senyawa dari unsur tertentu dalam keadaan murni sekali. Unsur atau senyawa tersebut dipisahkan dari zat yang sedang diamati. Penentuan unsur dalam analisis gravimetri sebagian besar ditentukan dengan mengubah unsur atau radikal menjadi senyawa yang stabil yang siap diubah menjadi bentuk murni dan cocok untuk penimbangan. Berat unsur molekul atau radikal dapat dihitung berdasarkan rumus molekul, reaksi stokiometri dan berat atom unsur-unsur

Pemisahan unsur atau senyawa yang mengandung unsur dapat dilakukan dengan sejumlah cara, yang paling sering dilakukan adalah :

- Metode pengendapan
- Metode penguapan
- Metode elektroanalisis
- Metode ekstraksi dan kromatografi

Keuntungan analisis gravimetri dibanding analisis volumetri adalah bahwa unsur atau senyawa yang diinginkan dapat diisolasi dan dapat diuji jumlah pengotornya. Kelemahan metode gravimetri adalah bahwa metode tersebut membutuhkan waktu yang lama.

### 2.3.9 Spektroskopi 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).

Seperti halnya spektroskopi atomik, cahaya tampak tersebut akan diabsorpsi oleh molekul dan menghasilkan spectra absorpsi. Absorpsi cahaya tampak ini menyebabkan tereksitasinya elektron terluar. <sup>[14]</sup>

### 2.3.10 Spektroskopi FTIR.

Spektroskopi *Fourier transform infrared* (FTIR) adalah suatu teknik untuk mengumpulkan Spektra inframerah. Sebagai ganti merekam jumlah energi terserap ketika frekuensi dari cahaya infra-merah berbeda-beda (monochromator), cahaya IR dipandu melalui interferometer. Setelah melewati sampel, yang diukur adalah sinyal interferogram. Melakukan matematis Fourier transform pada hasil sinyal ini menghasilkan dalam spektrum yang identik dari konvensional (menyebar) spektroskopi IR.

Spektrometer FTIR lebih murah daripada yang spektrometer konvensional karena membangun interferometers lebih mudah daripada pembuatan monokromator. Selain itu, pengukuran dari sebuah spektrum yang lebih cepat untuk teknik FTIR karena informasi di semua frekuensi yang dikumpulkan secara bersamaan. Hal ini memungkinkan beberapa contoh yang akan dikumpulkan dan bersama-sama sehingga rata-rata peningkatan dalam sensitivitas. Karena berbagai keuntungan, hampir semua modern inframerah spektrometer adalah instrumen FTIR.

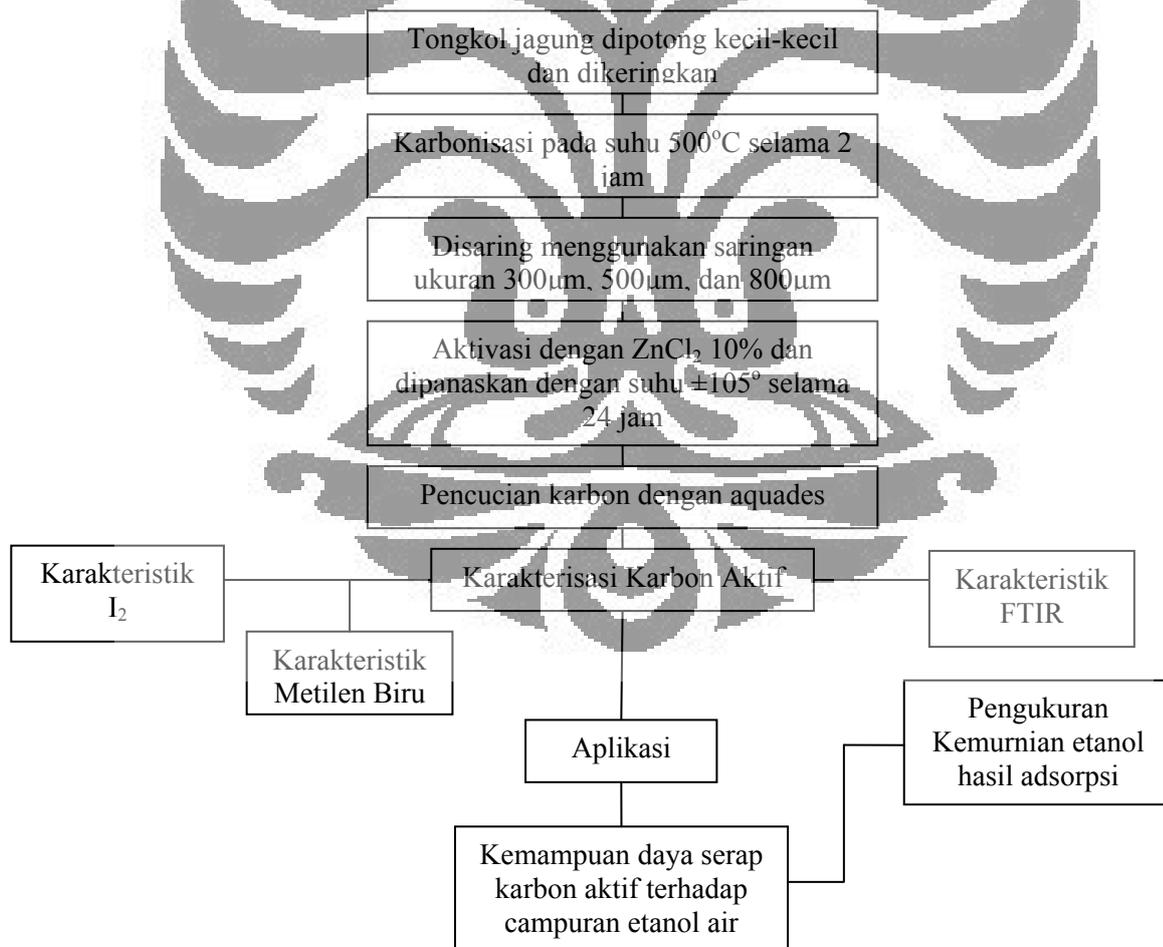
### BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Proses penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada diagram alir penelitian Gambar 3.1 dan 3.2. Penelitian dimulai dengan proses pengeringan limbah tongkol jagung sampai bobot konstan, kemudian dikarbonisasi di dalam *furnace*. Setelah itu, dilakukan proses aktivasi secara kimia dengan mereaksikannya dengan larutan  $ZnCl_2$  10%.

Kemudian dilakukan karakterisasi karbon dari karbon aktif yaitu sebagai berikut: daya serap terhadap iodium, daya serap terhadap metilen biru, dan karakteristik FTIR. Tahap terakhir adalah aplikasi karbon aktif tersebut sebagai adsorben untuk proses pemisahan campuran etanol dan air.

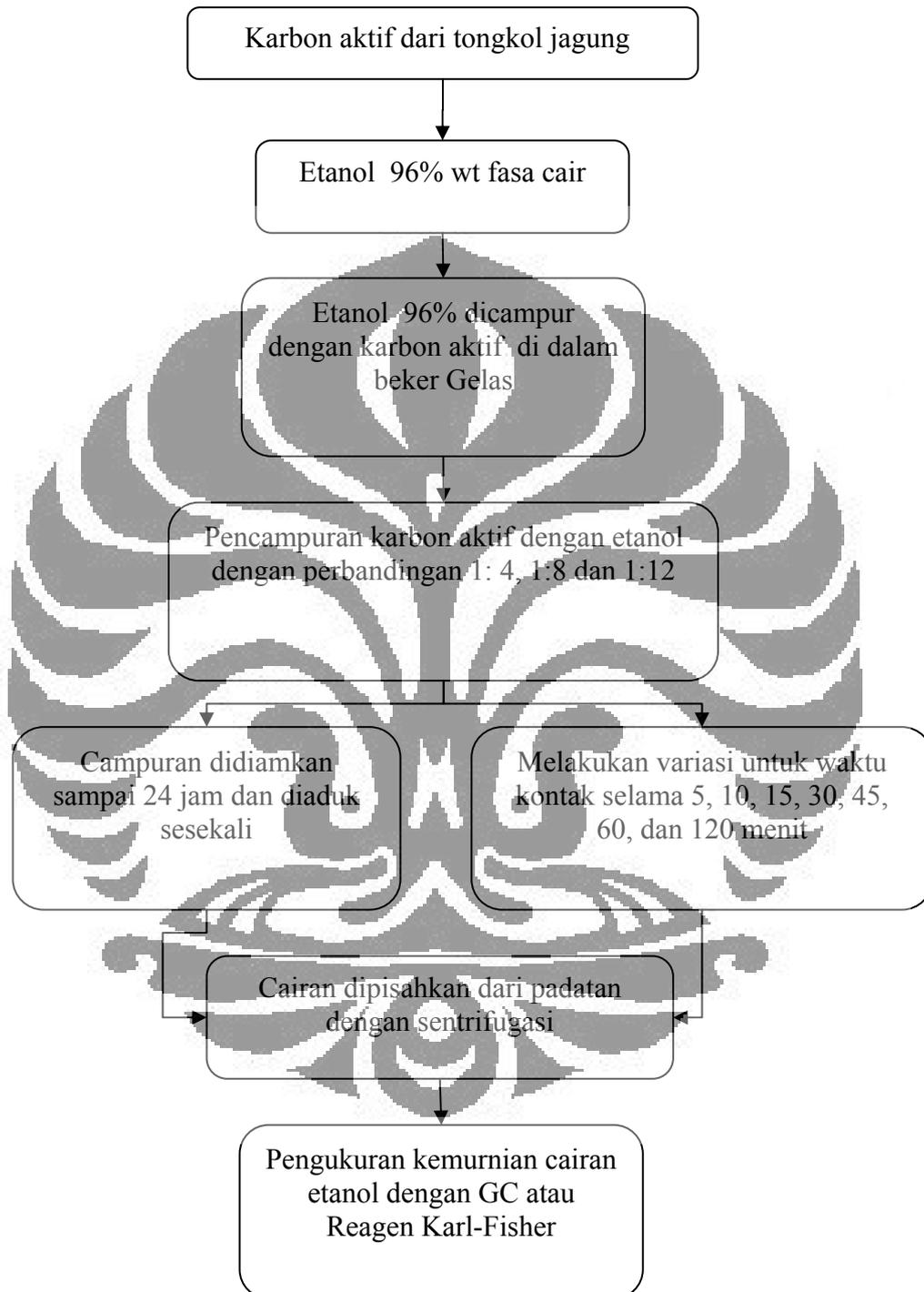
#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

##### 3.1.1 Pembuatan Karbon Aktif



Gambar 3.1. Diagram Alir Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Tongkol Jagung

### 3.1.2 Pemisahan Campuran Etanol dan Air



Gambar 3.2. Diagram Alir Pemisahan Campuran Etanol dan Air

### 3.2 Alat dan Bahan

1. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Tongkol jagung
- Larutan etanol 70-95%
- Larutan  $K_2Cr_2O_7$ ,
- Karbon aktif Merck
- $I_2$  p.a
- KI p.a
- $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$  p.a
- $KIO_3$  p.a
- Larutan kanji
- Metilen biru p.a
- Larutan bufer  $KH_2PO_4/Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$  (2/5) p.a
- $ZnCl_2$  p.a
- Aquades
- HCl p.a
- Nitrogen cair
- Sabun cuci
- Aseton
- *Grease*

2. Peralatan yang digunakan:

- Alat-alat gelas seperti:

- Pipet ukur: 1,5, 10, 25 mL
- Labu ukur: 50, 100, 250, 500, 1000 mL
- Erlenmeyer 250 mL
- Erlenmeyer tutup asah 250 mL
- Gelas ukur 100 mL
- Buret 50 mL
- Tabung sentrifus
- Beaker glass: 100, 250, 2000 mL
- Corong tangkai pendek dan panjang
- Pengaduk

- Botol timbang
- Pipet tetes
- Tabung reaksi dan raknya
- Penyaring elektrik dengan ukuran 1000  $\mu\text{m}$ , 500  $\mu\text{m}$ , 250  $\mu\text{m}$ , dan 125  $\mu\text{m}$ .
- Cawan penguap porselen
- Lumpang
- *Furnace*
- Pemanas (*hot plate*)
- Oven analitik
- Pengaduk magnetik (*stirrer*)
- Neraca analitik listrik
- Sentrifus
- *Crucible lid*
- Tang penjepit
- Statif
- *Ball valve*
- Botol semprot
- Kertas saring Whatman No.41
- Kertas saring biasa
- Kertas pH
- Aluminium foil
- Instrumen Spektrofotometer Sinar Tampak (UV- Vis)
- Instrumen Destilasi
- Instrumen Autosorb BET
- Instrumen *Gas Chromatography*
- Dryer
- Heater
- Stopwatch

### 3.3 Cara Kerja

#### 3.3.1 Pembuatan Karbon (Karbonisasi)

Tongkol jagung di potong kecil- kecil dari dikeringkan dengan oven pada suhu  $105 \pm 5$  °C sampai bobot konstan. Kemudian, ditempatkan dalam *crusible lid*. Selanjutnya, dipanaskan dalam *furnace* pada suhu 500 °C selama  $\pm 2$  jam, dengan keadaan sedikit udara sampai terbentuk karbon, yang ditandai dengan tidak terbentuknya asap. Suhu karbonisasi 500°C merupakan saran dari Septi (2007) Setelah 2 jam dari asap tidak keluar lagi, suhu *furnace* diturunkan perlahan sampai 50 °C. Karbon tongkol jagung tersebut dimasukkan ke dalam desikator terlebih dahulu sampai dingin, baru setelah itu dibuka tutup *crusible lid* nya. Setelah dingin, karbon tersebut diayak dengan penyaring elektrik ukuran 1000  $\mu\text{m}$ , 500  $\mu\text{m}$ , 250  $\mu\text{m}$ , dari 125  $\mu\text{m}$ .

#### 3.3.2 Aktivasi Secara Kimia

Karbon yang telah diayak dengan penyaring elektrik dicampur dengan larutan  $\text{ZnCl}_2$  10 % dengan perbandingan 1:10 (w/v) (1 gram karbon dengan 10 mL larutan  $\text{ZnCl}_2$  10%). Campuran tersebut dididihkan sambil diaduk selama sekitar 2 jam, kemudian pemanasan diteruskan sampai terbentuk pasta. Setelah terbentuk pasta, dipindahkan ke dalam *crusible lid* dari dimasukkan ke dalam *furnace* listrik. Dalam hal ini, dilakukan pemanasan suhu  $\pm 105$  °C selama 24 jam.

Karbon aktif tersebut kemudian didinginkan dalam desikator. Setelah dingin, dicuci dengan aquades sampai air hasil cucian sedikit mengandung ion klor (sampai larutan netral). Kemudian karbon aktif tersebut, dikeringkan dalam oven dengan suhu  $105 \pm 5$  °C selama 1 jam. Karbon ini disimpan dalam wadah tertutup dari siap dilakukan karakterisasi.

#### 3.3.3 Karakterisasi Karbon dari Karbon Aktif

##### 3.3.3.1 Daya Serap Terhadap Iodium

###### a. Pembuatan larutan $\text{KIO}_3$ (0,1000 N)

Memanaskan  $\text{KIO}_3$  selama 2 jam di dalam oven (suhu 130 °C) dari didinginkan dalam desikator. Kemudian, dilarutkan sebanyak 3,5667 gram ke

dalam 1000 mL aquades. Menyimpan larutan  $\text{KIO}_3$  dalam wadah yang tertutup dari terhindar dari sinar matahari.

b. Pembuatan larutan kanji 1 %

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

c. Pembuatan larutan iodium ( $0,1000 \pm 0,0010 \text{ N}$ )

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 segar sebelum digunakan. Larutan  $\text{I}_2$  ini disimpan di tempat yang sejuk dari gelap. Larutan iod ini hanya dapat digunakan selama 10 hari.

❖ Standardisasi:

Mengambil larutan iodium sebanyak 25 mL, lalu dititrasi dengan larutan natrium tiosulfat 0,1 N. Bila warna kuning dari larutan telah samar, tambahkan 1 mL larutan kanji 1 % sebagai indikator ke dalam larutan. Titrasi dilanjutkan sampai warna biru hilang dari larutan. Kemudian, dicatat volume  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  yang terpakai. Batas normalitas larutan  $\text{I}_2$  yang boleh digunakan antara 0.09001-0.10999.

Rumus:

$$V_1 N_1 = V_2 N_2 \quad (3.1)$$

Keterangan:

$V_1$  : mL larutan  $\text{I}_2$

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

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

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

d. Pembuatan larutan natrium tiosulfat (0,100 N)

24,82 gram  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  dilarutkan ke dalam 1000 mL air bebas  $\text{CO}_2$  (aquades dididihkan dan didinginkan pada suhu kamar). Menyimpan larutan

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  dalam wadah yang tertutup, gelap, dari terhindar dari sinar matahari.

❖ Standardisasi:

Mengambil 25 mL larutan  $\text{KIO}_3$  0,1 N ke dalam erlenmeyer. Ditambahkan  $\pm$  2 gram KI dan 5 mL HCl 5 % ke dalam larutan tersebut. Lalu dititrasasi dengan larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  sampai warna kuning larutan menjadi samar, ditambahkan 1 mL larutan kanji 1 % sebagai indikator. Titrasasi dilanjutkan sampai warna biru larutan hilang. Kemudian dicatat volume  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  yang terpakai.

Rumus:

$$V_1 N_1 = V_2 N_2 \quad (3.2)$$

Keterangan:

$V_1$  : mL larutan  $\text{KIO}_3$

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

$N_1$  : Normalitas larutan  $\text{KIO}_3$

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

e. Daya serap terhadap larutan iodium

Karbon dari karbon aktif tongkol jagung serta karbon aktif Merck dipanaskan dalam oven pada suhu  $105 \pm 5$  °C selama 1 jam. Setelah itu, didinginkan dalam desikator. Karbon dari karbon aktif tersebut ditimbang sebanyak 0,25 gram. Kemudian, dimasukkan ke dalam erlenmeyer tutup asah dan ditutup kertas karbon.

Ke dalam erlenmeyer tersebut, ditambahkan 25 mL larutan  $\text{I}_2$  0,1 N. Kemudian, diaduk dengan pengaduk magnetik selama 15 menit pada suhu kamar dan didiamkan sejenak.

Setelah itu, dipindahkan ke dalam tabung pemusing (sentrifugal) dan disentrifus selama 6 menit sampai karbon aktif turun dan cairannya bening. Sebanyak 10 mL dipipet (larutan bening) dan dititrasasi dengan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1 N. Jika warna kuning dari larutan telah samar, ditambahkan larutan kanji 1% sebagai indikator. Titrasasi dilanjutkan kembali sampai warna biru dalam larutan hilang.

### 3.3.3.2 Daya Serap terhadap Metilen Biru

#### a. Pembuatan larutan bufer 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 0,12 % (1200ppm)

Larutan metilen biru 0,12 % dibuat dengan melarutkan sejumlah metilen biru (terlebih dahulu ditentukan kadar air metilen biru).

Metilen biru dipanaskan terlebih dahulu dalam oven pada suhu  $105 \pm 5^\circ\text{C}$  selama 1 jam untuk menghilangkan kadar air. Kemudian, menimbang metilen biru sebanyak hasil perhitungan. Lalu, dilarutkan dalam larutan bufer sebanyak volume yang diinginkan.

#### e. Daya serap terhadap metilen biru

Karbon dari karbon aktif tongkol jagung serta karbon aktif Merck dipanaskan terlebih dahulu dalam oven dengan suhu  $105 \pm 5^\circ\text{C}$  selama 1 jam. Kemudian, didinginkan dalam desikator. Setelah itu, karbon ditimbang sebanyak 0,15 gram ke dalam erlenmeyer. Lalu, ditambahkan 50 mL larutan metilen biru 0,12 % (1200 ppm).

Campuran diaduk dengan magnetik stirrer selama 70 menit. Kemudian, larutan disentrifugasi selama 6 menit untuk memisahkan metilen biru dari karbon dan karbon aktif. Filtrat diambil dari diukur absorbansinya dengan Spektrofotometer UV-Vis Shimadzu pada panjang gelombang 662,80 nm.

### 3.3.4 Aplikasi Karbon dan Karbon Aktif (Pemisahan Etanol-Air)

Untuk campuran etanol 96% wt yang akan dipisahkan dalam fasa cair hal yang harus dilakukan adalah mencampurkan etanol dan air yang akan dipisahkan dengan karbon aktif dengan perbandingan 2 gram karbon aktif untuk setiap 7 ml etanol. Kemudian campuran didiamkan sekitar 24 jam kemudian diuapkan untuk memisahkan etanol dan karbon, kemudian diembunakan kembali. Setelah itu diperiksa kembali kemurnian etanol yang didapat dengan Instrumen *Gas Chromatography* ataupun reagen Karl-Fisher .

### 3.4 Pengolahan Data

1) Penentuan daya serap karbon dan karbon aktif terhadap iodium ( $\text{mg I}_2/\text{g}$  karbon aktif) dengan karbon aktif Merck sebagai pembanding

Pada karbon dan karbon aktif tongkol jagung yang dilakukan karakteristik terhadap iodium, diperoleh data volume  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (mL) yang diperlukan. Sehingga, dapat diketahui daya serap karbon dan karbon aktif terhadap iodium tersebut.

Hasil titrasi tersebut dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{iod yang diadsorpsi } \left(\frac{\text{mg}}{\text{m}}\right) = \frac{(V_1 N_1) - (V_2 N_2)}{W} \times 126.9 \times 2.5 \quad (3.3)$$

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  $\text{I}_2$

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

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

2) Penentuan daya serap karbon dari karbon aktif terhadap metilen biru ( $\text{mg}$  metilen biru/ $\text{g}$  karbon aktif) dengan karbon aktif Merck sebagai pembanding

Pada karakteristik daya serap terhadap metilen biru ini, diperoleh data konsentrasi (ppm) dan absorbansi dari standar metilen biru. Kemudian, secara otomatis kurva standar metilen biru terbentuk oleh komputer. Kurva kalibrasi ini sebagai kalibrasi instrumen spektrofotometer UV/Vis, yaitu konsentrasi (ppm) sebagai sumbu x dari absorbansi sebagai sumbu y. Sehingga, diperoleh persamaan linier.

Hasil pengukuran dengan spektrofotometri UV-Vis tersebut, dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Daya serap metilen biru} = \frac{\{(1200 \text{ ppm} \times 0,05 \text{ L}) - \{C (\text{ppm}) \times 0,005 \text{ L}) \times fp\}}{\text{gram contoh}} \quad (3.4)$$

Keterangan:

C : Konsentrasi metilen biru yang tersisa (ppm)

### (3) Pengukuran FTIR (Analisis gugus fungsi)

Hasil dari pengukuran FTIR hanya bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada karbon aktif dibandingkan dengan karbon aktif komersial. Dalam hal ini untuk menentukan gugus fungsi karbon aktif tersebut dilakukan dari spektrum yang ada (*peak* atau puncak yang muncul)

Pada Tabel 3.1 berikut beberapa kemungkinan gugus fungsi yang muncul dengan interval panjang gelombang tertentu :

Tabel 3.1 Interval Peak dengan gugus fungsinya

Panjang Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	Gugus Fungsi
3500 -3300	Gugus Amins
3080-3020	=CH <sub>2</sub> atau =CHR
2000-1650	Benzena tersubstitusi
1700-1600	C=C benzena
1650-1500	N-H amina
1280-1100	C=O
1280-1180	Aromatik Amina
800-700	Substitusi pada cincin benzena

### 4) Aplikasi karbon dan karbon aktif

Karbon aktif yang telah digunakan untuk mengadsorpsi campuran etanol dan air selanjutnya diuji dengan menggunakan alat uji Gas Chromatography(GC) . Dari data GC akan didapat *peak* (puncak ) dengan luas permukaan tertentu yang nantinya akan dicocokkan dengan kurva standar etanol untuk mengetahui konsentrasi etanol hasil adsorpsi.

## **BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian kali ini dilakukan untuk mengetahui apakah limbah tongkol jagung dapat dijadikan bahan dasar pembuatan karbon aktif. Pembuatan karbon aktif dilakukan pada suhu 500°C selama 2 jam sebagai suhu aktivasi optimum (Dollimore, dan Aggrawal. 1996). Selanjutnya dilakukan variasi terhadap ukuran karbon aktif untuk kemudian diaktivasi dengan ZnCl<sub>2</sub> 10% . Karbon aktif yang dihasilkan ini akan diuji daya adsorpsinya melalui beberapa tahapan, seperti uji daya serap terhadap iodium, daya serap terhadap metilen biru, pengujian gugus fungsi karbon aktif dengan instrumen FTIR. Selain itu, karbon aktif berbahan dasar tongkol jagung ini juga akan diuji daya adsorpsinya terhadap larutan etanol 96%. Pada umumnya adsorpsi yang terjadi adalah adsorpsi fisika karena karbon aktif memiliki pori dan luas permukaan yang besar.

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

#### **4.1.1 Dehidrasi**

Dehidrasi dilakukan untuk 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. Pada suhu 105°C air yang dihilangkan hanya air yang terdapat pada makropori, sedangkan air yang redapat pada mesopori dan mikropori akan hilang pada proses karbonisasi dalam bentuk karbon monoksida dan gas hydrogen. Proses dehidrasi ini bertujuan agar saat karbonisasi, tidak ada lagi kandungan air atau tongkol jagung sudah sangat sedikit mengandung air, sehingga proses pembentukan arang/karbonisasi menjadi lebih sempurna.

#### **4.1.2 Karbonisasi**

Karbonisasi adalah pembentukan karbon melalui pembakaran yang dilakukan dalam kondisi sesedikit mungkin jumlah oksigen 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 kondisi 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.

Suhu akhir karbonisasi yang digunakan, yaitu 500 °C, mempengaruhi daya adsorpsi karbon aktif yang dibuat. Hal ini disebabkan dekomposisi termal dari bahan baku tongkol jagung pada suhu tersebut akan menghilangkan senyawa-senyawa volatil seperti CH<sub>4</sub>, yang akan menyebabkan terbukanya pori-pori karbon aktif (Murti, Septi, 2008).

Pada proses karbonisasi, dalam tiap tingkatan kenaikan suhu, terjadi fenomena sebagai berikut :

- a. Suhu pemanasan sampai 200 °C. Air yang terkandung dalam bahan baku keluar menjadi uap, sehingga bahan menjadi kering, retak retak dan bengkok. Kandungan karbon lebih kurang 60 %.
- b. Suhu pemanasan antara 200-280 °C. Bahan baku secara perlahan-lahan menjadi arang dan destilat mulai dihasilkan. Warna arang menjadi coklat gelap serta kandungan karbonnya lebih kurang 70%.
- c. Suhu pemanasan antara 280-500 °C, terjadi karbonisasi selulosa, penguraian lignin dan menghasilkan tar. Arang yang terbentuk berwarna hitam serta kandungan karbonnya meningkat menjadi 80%. Proses pengarangan secara praktis berhenti pada temperatur 400 °C.
- d. Suhu pemanasan 500 °C, terjadi proses pemurnian arang, dimana pembentukan ter masih terus berlangsung. Kadar karbon akan meningkat mencapai 90%.

Dari proses karbonisasi menggunakan *tube furnace* dihasilkan rasio pembentukan arang terhadap tongkol jagung yang cukup tinggi. Dari tiap ± 10 gram tongkol jagung yang dikarbonisasi akan dihasilkan arang seberat ± 2 gram.

#### 4.1.3 Aktivasi Kimia

Setelah proses karbonisasi selanjutnya adalah proses 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 pengaktivasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah  $ZnCl_2$ . Penggunaan  $ZnCl_2$  ini disebabkan  $ZnCl_2$  merupakan salah satu oksidator kuat.  $ZnCl_2$  mampu mengoksidasi dan 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  $\pm 105^\circ C$  selama 24 jam menggunakan oven, pada kondisi operasi ini, karbon aktif yang dihasilkan memiliki rasio yang cukup baik terhadap karbon (Wang, S.Y *et al.* 2000), karena diharapkan tidak banyak karbon terdekomposisi menjadi abu. Dari proses aktivasi ini, berat karbon aktif yang dihasilkan kurang lebih 90 % dari berat awal karbon, atau didapat  $\pm 9$  gr karbon aktif tiap  $\pm 10$  gr karbon yang diaktivasi.

Pemakaian zat pengaktivasi mengakibatkan pengotoran pada karbon aktif yang dihasilkan. Oleh karena itu, karbon aktif yang dihasilkan akan dicuci dengan aquades untuk membersihkan karbon aktif dari pengotornya, terutama zat pengaktivasi yang dipakai.

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.

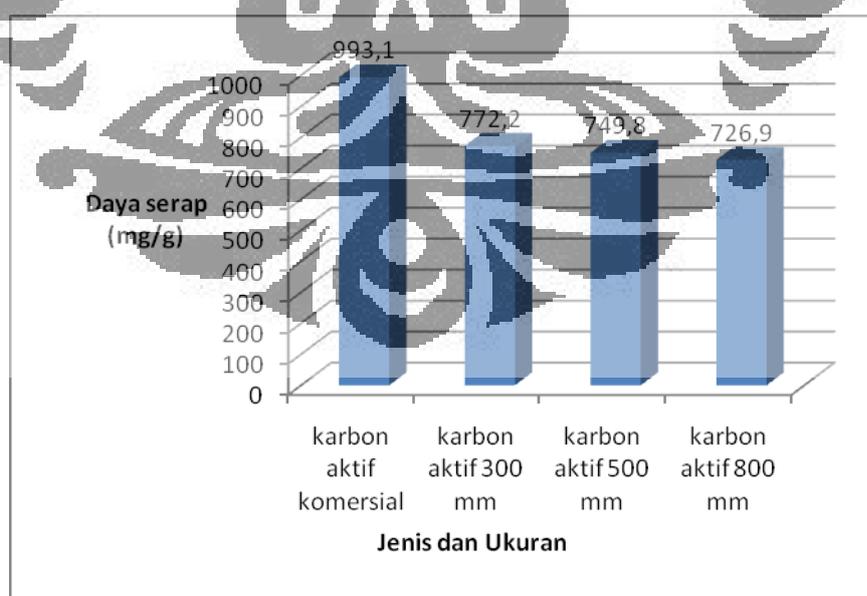
## 4.2 Karakterisasi Karbon Aktif

### 4.2.1 Daya Serap terhadap Iodium

Karakterisasi karbon aktif yang dilakukan kali ini adalah pengujian daya serap dengan menggunakan iodium. Uji adsorpsi iodium merupakan parameter untuk mengetahui kemampuan karbon aktif dalam menyerap molekul-molekul dengan ukuran kecil. Besarnya daya serap karbon aktif terhadap iodium memberikan petunjuk terhadap besarnya ukuran pori dari karbon aktif yang dapat dimasuki oleh molekul yang ukurannya tidak lebih dari 10-20,°A. Selain itu, uji adsorpsi iodium juga dijadikan parameter kemampuan adsorpsi karbon aktif dalam menyerap zat dalam fasa cair (*"Activated Carbon"*, 2008).

Pengujian uji adsorpsi iodium ini dilakukan dengan 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"*, 2008).

Hasil analisis daya serap karbon aktif terhadap iodium dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut :



Gambar 4.1. Hasil Analisa Kemampuan Adsorpsi Karbon Aktif terhadap Iodium dengan menggunakan Karbon Aktif Komersial sebagai Pembanding

Dari Gambar 4.1 dapat dilihat kemampuan adsorpsi karbon aktif dari tongkol jagung terhadap Iodium, yaitu antara 726,915 mg/gr hingga 772,200 mg/gr. Kemampuan adsorpsi terhadap iodium yang terendah dari karbon aktif dari tongkol jagung karbon aktif yang berukuran 0,8 mm, sedangkan kemampuan adsorpsi terhadap iodium yang tertinggi dari karbon aktif dari tongkol jagung adalah karbon aktif yang berukuran 0,3 mm. Karbon aktif yang memiliki kemampuan adsorpsi terbesar terhadap iodium adalah karbon aktif komersil Merck, yaitu 993,154 mg/gr. Pada penelitian sebelumnya ( Murti, Septi. 2008) didapatkan untuk karbon aktif ukuran 0,3 mm daya serap terhadap molekul-molekul ukuran kecil/ uji iodium didapatkan hanya sebesar 303,96 mg/g. Karbon Aktif yang dihasilkan pada penelitian sebelumnya menyerap hampir 500 mg lebih sedikit dibandingkan pada penelitian kali ini. Sehingga metode karbonisasi dengan menggunakan aliran gas nitrogen memberikan perubahan daya serap yang cukup signifikan.

Karbon aktif dengan ukuran 500 $\mu$ m sudah hampir memenuhi syarat standar industri Indonesia (SII). Dimana daya serap minimal terhadap iodium adalah sebesar 750mg/g. Sedangkan untuk karbon aktif ukuran 300  $\mu$ m daya serapnya terhadap iodium sudah memenuhi SII. Daya serap terhadap iodium ini 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, dapat dikatakan ikatan hidrogen dan karbon pada polimer selulosa, hemiselulosa dan lignin sudah terlepas dengan sempurna. Hal ini membuat luas permukaan karbon aktif cukup memadai untuk mengadsorpsi iodium.

Secara umum terlihat bahwa semakin kecil ukuran karbon aktif yang digunakan, akan menaikkan daya serap karbon aktif terhadap molekul-molekul kecil dalam hal ini adalah molekul iodin. Hal ini disebabkan karena luas

permukaan karbon aktif yang semakin meningkat yang menambah jumlah pori-pori karbon aktif.

#### 4.2.2 Daya Serap terhadap 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 Å. Hal ini sekaligus menandakan adanya mesopori dan makropori (*"Activated Carbon"*, 2008). Selain itu, uji adsorpsi metilen biru juga dijadikan parameter kemampuan adsorpsi karbon aktif dalam menyerap zat warna dalam fasa cair.

Pengujian uji adsorpsi metilen biru ini dilakukan dengan metode adsorpsi *batch* menggunakan *beaker glass*. Kemampuan adsorpsi karbon aktif terhadap metilen biru secara umum adalah 110-280 mg/gr (Anonim, 2008. *Activated Carbon"*). Sedangkan berdasarkan Standar Industri Indonesia, daya serap minimal dari karbon aktif terhadap metilen biru adalah 125 mg/gr.

Hasil analisa daya serap karbon aktif terhadap metilen biru terlihat pada Gambar 4.2 berikut :



Gambar 4.2. Hasil Analisa Kemampuan Adsorpsi Karbon Aktif terhadap Metilen Biru dengan menggunakan Karbon Aktif Komersial sebagai Pembanding

Dari Gambar 4.2 dapat terlihat daya serap karbon aktif dari tongkol jagung berkisar antara 98,851 mg/gr hingga 110,314 mg/gr. Kemampuan adsorpsi terhadap metilen biru yang terendah dari karbon aktif dari tongkol jagung karbon

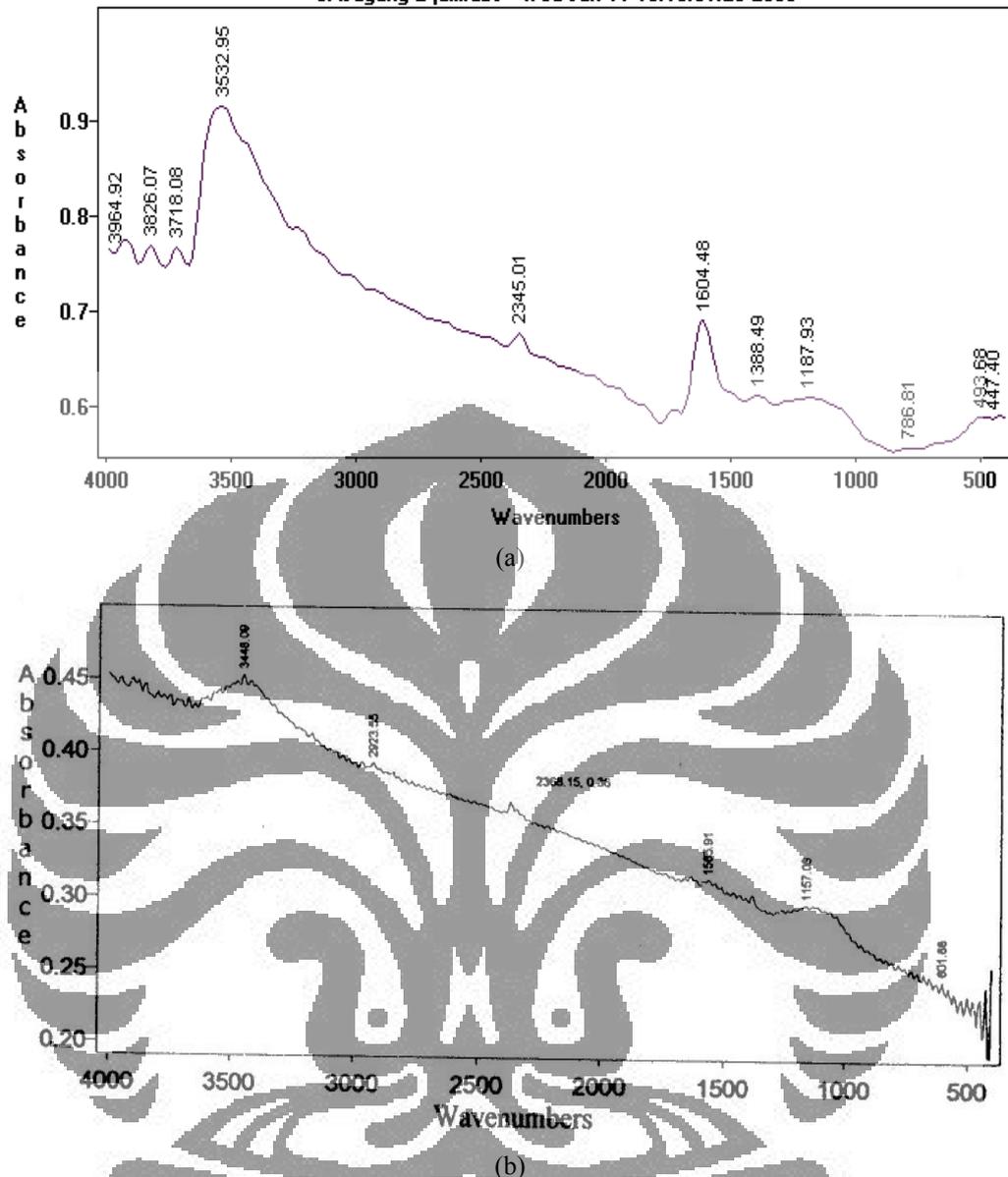
aktif yang berukuran 0,8 mm, sedangkan kemampuan adsorpsi terhadap metilen biru yang tertinggi dari karbon aktif dari tongkol jagung adalah karbon aktif yang berukuran 0,3 mm. Karbon aktif yang memiliki kemampuan adsorpsi terbesar terhadap metilen biru adalah karbon aktif komersil Merck, yaitu 132,784 mg/gr. Pada penelitian sebelumnya ( Murti, Septi. 2008) didapatkan untuk karbon aktif ukuran 0,3 mm daya serap terhadap molekul-molekul ukuran besar/ uji metilen biru didapatkan hanya sebesar 9,5 mg/g. Karbon Aktif yang dihasilkan pada penelitian sebelumnya menyerap sekitar 100 mg lebih sedikit dibandingkan pada penelitian kali ini. Sehingga metode karbonisasi dengan menggunakan aliran gas nitrogen memberikan perubahan daya serap yang cukup signifikan

Karbon aktif komersil Merck secara umum memiliki daya serap yang besar terhadap metilen biru. Hal ini menandakan karbon aktif Merck memiliki mesopori dan makropori yang banyak untuk menyerap molekul besar seperti metilen biru. Untuk karbon aktif dari tongkol jagung tetap dapat dikategorikan memiliki daya serap yang baik terhadap metilen biru karena daya serapnya sudah masuk standar adsorpsi metilen biru sebesar 110-280 mg/g. Untuk karbon aktif tongkol jagung belum memenuhi standar minimal daya serap karbon aktif terhadap metilen biru untuk industri, yaitu 125 mg/gr. Hal ini menandakan karbon aktif dari tongkol jagung memiliki jumlah mesopori dan makropori yang cukup untuk mengadsorpsi metilen biru.

Secara umum terlihat bahwa bahwa semakin kecil ukuran karbon aktif maka daya serapnya terhadap metilen biru akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena luas permukaan yang semakin besar dengan semakin kecilnya ukuran karbon aktif. Luas permukaan yang semakin bertambah akan menambah jumlah pori yang terdapat pada permukaan karbon aktif sehingga akan menyebabkan kemampuan adsorpsi semakin besar.

### **4.3 Karakteristik FTIR**

Pengujian dengan FTIR ini dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada karbon aktif berbahan baku tongkol jagung dibandingkan dengan karbon aktif komersial.



Gambar 4.3. Hasil Karakterisasi FTIR untuk karbon Aktif berbahan baku tongkol jagung (a) dan karbon Aktif Komersial (b)

Dari Gambar 4.3(a) terlihat bahwa karbon aktif berbahan baku tongkol jagung mengandung gugus hidroksil (-O-H). Hal ini diperlihatkan dengan terdapatnya puncak spectrum yang dominan pada panjang gelombang  $3532,95 \text{ cm}^{-1}$ . Untuk gugus hidroksil sendiri terdapat pada panjang gelombang  $3500\text{--}3560 \text{ cm}^{-1}$ . Selain itu pada karbon berbahan baku tongkol jagung ini juga terdapat ikatan C=O aromatik. Ikatan C=O (terlihat dari puncak yang dominan dengan panjang gelombang  $1550\text{--}1610 \text{ cm}^{-1}$ ).

Apabila melihat hasil karakterisasi karbon aktif komersial pada Gambar 4.3(b). Tidak terdapat puncak yang cukup tinggi, puncak yang dihasilkan relatif datar. Hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya puncak panjang gelombang yang dominan pada karbon aktif komersial seperti yang ditunjukkan pada karbon aktif berbahan dasar tongkol jagung. Hal ini mengindikasikan karbon aktif komersial terdekomposisi dengan baik saat pembuatannya sehingga permukaannya memiliki berbagai gugus fungsi

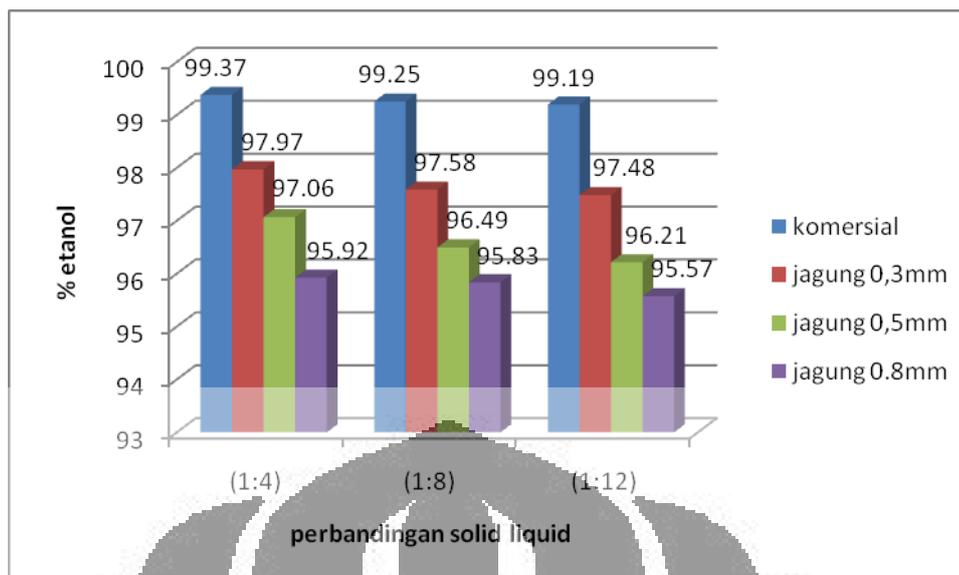
Munculnya puncak panjang gelombang yang dominan pada karbon aktif kemungkinan disebabkan proses karbonisasi yang tidak sempurna. Proses karbonisasi yang tidak sempurna menyebabkan masih terdapatnya kontak dengan udara selama proses karbonisasi berlangsung. Sehingga adanya interaksi dengan oksigen yang terdapat diudara dengan permukaan karbon aktif. Selain itu tongkol jagung yang merupakan bahan baku karbon aktif kaya akan kandungan hemiselulosa yang memiliki jumlah gugus fungsi  $-OH$  yang cukup banyak. Sehingga karbon aktif yang terbentuk juga terdeteksi memiliki gugus hidroksil yang cukup dominan.

#### **4.4. Aplikasi**

##### **4.4.1 Daya Serap Karbon Aktif terhadap etanol**

Pengujian untuk mengetahui pengaruh karbon aktif untuk peningkatan kemurnian etanol dilakukan dengan menggunakan variasi-variasi sebagai berikut, yaitu :ukuran karbon aktif, perbandingan solid dan liquid yang digunakan dan waktu kontak.

- Analisa daya serap dari karbon aktif terhadap etanol pada waktu kontak 24 jam dengan variasi ukuran dan jumlah perbandingan solid liquid yang dipakai serta menggunakan karbon aktif komersial sebagai pembanding. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut :



Gambar 4.4. Hasil Analisa Keseluruhan Kemampuan Adsorpsi Karbon Aktif terhadap etanol 96% dengan menggunakan Karbon Aktif Komersial sebagai Pembanding

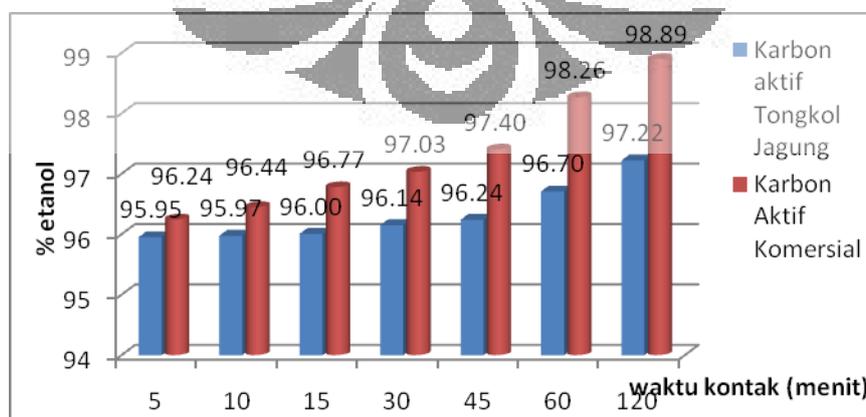
Dari Gambar 4.4 dapat dilihat daya serap karbon aktif dari tongkol jagung terhadap etanol 96% untuk ukuran 300  $\mu\text{m}$  untuk perbandingan padatan dan larutan berturut-turut 1:4; 1:8; dan 1:12 adalah : 97,97 %; 97,58%; dan 97,48%. Konversi etanol yang didapat untuk karbon aktif ukuran 500  $\mu\text{m}$  untuk perbandingan padatan dan larutan berturut-turut 1:4; 1:8; dan 1:12 adalah : 97,06%; 96,49%; dan 96,21%. Sementara karbon aktif ukuran 800  $\mu\text{m}$  untuk perbandingan padatan dan larutan berturut-turut 1:4; 1:8; dan 1:12 didapatkan kemurnian: 95,92%; 95,83; dan 95,57%. Sedangkan karbon aktif komersial memiliki konversi etanol dengan perbandingan padatan dan larutan berturut-turut 1:4; 1:8; dan 1:12 adalah : 99,37%; 99,25%; dan 99,19%.

Kemampuan adsorpsi terhadap etanol 96% yang terendah dari karbon aktif dari tongkol jagung karbon aktif yang berukuran 0,8 mm dengan perbandingan karbon berbanding etanol 1:12 sebesar 95,56%, sedangkan kemampuan adsorpsi terhadap air yang tertinggi dari karbon aktif dari tongkol jagung adalah karbon aktif yang berukuran 0,3 mm dengan perbandingan karbon berbanding etanol 1:4 yaitu sebesar 97,845%. Karbon aktif yang memiliki kemampuan adsorpsi terbesar terhadap air adalah karbon aktif komersial Merck untuk perbandingan karbon berbanding etanol 1:4, yaitu 99,371 %.

Daya serap terhadap air 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 air akan condong teradsorpsi melalui mikropori, 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, dapat dikatakan ikatan hidrogen dan karbon pada polimer selulosa, hemiselulosa dan lignin sudah terlepas dan membentuk karbon aktif yang memiliki kemurnian C yang tinggi.

Secara umum terlihat bahwa ukuran karbon yang semakin kecil menyebabkan daya adsorpsi pada karbon aktif meningkat. Hal ini dikarenakan bahwa ukuran karbon yang semakin kecil akan menyebabkan jumlah pori dari karbon aktif semakin meningkat. Dari perbandingan jumlah karbon aktif dan etanol yang digunakan terlihat bahwa perbandingan karbon dan etanol yang terbesar (1:4) yang dapat mengadsorpsi dengan lebih baik yang menyebabkan meningkatnya kemurnian etanol dari kemurnian semula sebesar 96%

- Analisa daya serap dari karbon aktif terhadap etanol dengan variasi waktu kontak, ukuran dan jumlah perbandingan solid liquid yang dipakai adalah karbon dengan perbandingan solid liquid, dan ukuran yang memberikan hasil kemurnian etanol yang terbesar. Pengujian ini juga menggunakan karbon aktif komersial sebagai pembandingan. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut :



Gambar 4.5. Hasil Analisa Kemampuan Adsorpsi Karbon Aktif terhadap etanol 96% dengan menggunakan Karbon Aktif Komersial sebagai Pembandingan

Dari Gambar 4.5 terlihat bahwa pengaruh karbon aktif tongkol jagung terhadap kenaikan kemurnian etanol dari kemurnian awal 96%. Karbon aktif tongkol jagung memberikan nilai kemurnian etanol sebesar 97,2 % sementara untuk karbon aktif komersial memberikan nilai kemurnian sebesar 98,8 % untuk waktu kontak yang sama. Karbon aktif yang digunakan adalah karbon aktif ukuran 0,3 mili dengan perbandingan solid liquid 1:4. Sementara karbon aktif komersial memiliki ukuran lebih kecil dari 0,3 mili yang mengindikasikan karbon aktif komersial ini memiliki luas permukaan lebih besar dari karbon aktif yang berasal dari tongkol jagung. Luas permukaan yang antara solid dan liquid akan menjadi lebih luas dan lebih banyak. Hal ini terlihat dari hasil Gambar 4.7 diatas yang menunjukkan bahwa karbon aktif komersial untuk waktu kontak yang sama dapat meningkatkan kemurnian etanol lebih besar dibandingkan dengan karbon aktif yang berasal dari tongkol jagung. Karbon aktif komersial pada uji iodium yang dilakukan sebelumnya juga menunjukkan hasil yang lebih baik dari karbon aktif yang berasal dari tongkol jagung. Uji Iodium untuk mengetahui daya serap terhadap partikel yang berukuran tidak lebih dari 10-20 Å. Sementara air dapat terserap dengan baik pada karbon yang memiliki mikropori < 10 Å. Sehingga karbon aktif komersial dapat memisahkan campuran etanol dan air lebih baik dari karbon aktif tongkol jagung.

## BAB 5 KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

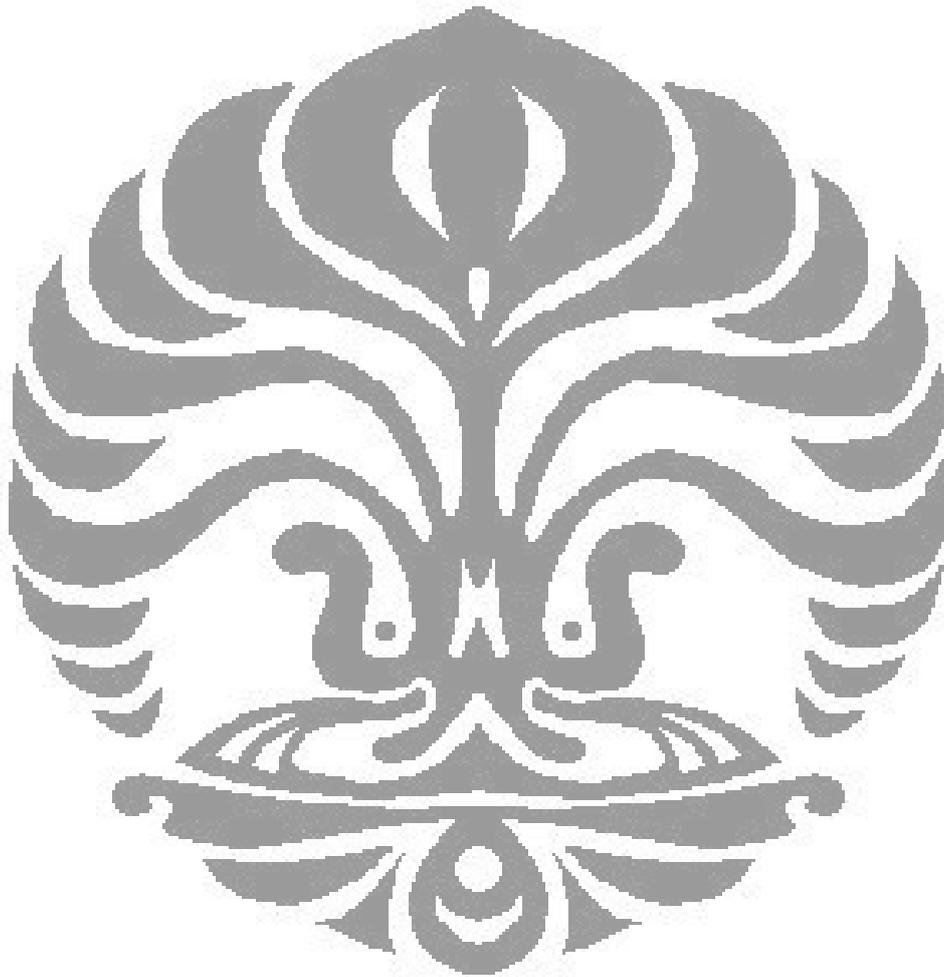
- Tongkol jagung yang merupakan limbah pertanian dapat diolah lebih lanjut menjadi karbon aktif yang memiliki nilai jual dan nilai guna.
- Karbon aktif yang telah dikarakterisasi dengan iodum untuk ukuran 800 $\mu\text{m}$ , 500 $\mu\text{m}$ , dan 300 $\mu\text{m}$  adalah sebagai berikut : 726,9 mg/g; 749,8mg/g; 772,2 mg/g dengan daya serap iodum untuk karbon aktif komersial sebesar 993,1 mg/g. Karakterisasi iodum bertujuan mengetahui daya serap karbon terhadap molekul ukuran kecil ( $< 10\text{\AA}$ ). Daya adsorpsi terbaik untuk molekul-molekul iodum diberikan oleh karbon aktif dengan ukuran terkecil yang memiliki luas permukaan terbesar.
- Nilai daya serap karbon aktif berbahan baku tongkol jagung terhadap metilen biru untuk ukuran 800 $\mu\text{m}$ , 500 $\mu\text{m}$ , dan 300 $\mu\text{m}$  adalah sebagai berikut : 98,85 mg/g; 106,3 mg/g; 110,3mg/g dengan daya serap karbon aktif komersial sebesar 132,8059 mg/g. Karbon aktif tongkol jagung yang memberikan daya serap terbesar terhadap metilen biru adalah karbon aktif ukuran terkecil dengan luas permukaan terbesar yaitu sebesar 300 $\mu\text{m}$ .
- Karbon Aktif yang memberikan daya serap terbesar/optimum terhadap metilen biru dan iodum adalah karbon aktif berukuran 300 $\mu\text{m}$ .
- Gugus fungsi yang dominan terdapat pada karbon aktif tongkol jagung adalah gugus fungsi hidroksil dan karbonil
- Ukuran karbon aktif berbahan baku tongkol jagung yang memberikan konversi etanol terbesar adalah karbon berukuran 300 $\mu\text{m}$
- Perbandingan padat-cair (karbon aktif-etanol) yang memberikan konversi etanol terbesar adalah 1:4
- Karbon Aktif dengan ukuran 300 $\mu\text{m}$  dan perbandingan padat-cair 1:4 memberikan hasil akhir konversi etanol sebesar 97,9% untuk waktu kontak 24 jam dan 97,2 % untuk waktu kontak 2 jam. Dengan karbon aktif komersial memberikan konversi untuk waktu kontak 24 jam sebesar 99,3% dan 98,9% untuk waktu kontak 2 jam.

## DAFTAR ACUAN

- [1] '\_\_\_' "Corn, Arrowroot Fossils in Peru Change Views on Pre-Inca Culture", news.nationalgeographic.com/news/, 17 Mei 2008
- [2] F.S. Baker, *et al.*, *Activated Carbon Adsorption Handbook Second Edition* (Michigan : Ann Arbor Science Pub Inc, 1980)
- [3] Ir Setiadi, M.Eng. "Pengembangan Pembuatan Karbon Aktif sebagai Bahan Pembersih Ruangan (*Indoor Air Cleaner*)". Universitas Indonesia, 1999
- [4] Jankowska, Helena, Swiatkowsko, *Active Carbon* (England : Ellis Harwood Chicester, 1991).
- [5] Othmer Kirk, *Adsorption Encyclopedia of Chemical Technology Vol 4 Fourth Edition* (1992)
- [6] Degremont, *Water Treatment Handbook vol 1 Sixth Edition* (1991)
- [7] P.N Chemisinoff, F. Ellerbusch, *Carbon Encyclopedia of Chemical Engineering Vol 4 Second Edition* ( Michigan : Ann Arbor Science Pub Inc, 1980)
- [8] J.L Figuerido, Moujin J.A, *Carbon and Coal Gasification Science and Technology* (Boston : Martinus Nicshoff Publisher, 1986)
- [9] J.M Smith, *Chemical Engineering Kinetics Third Edition* (Singapore : Mc Graw Hill Book Co, 1981)
- [10] C.M. Castilla, *Adsorption of Organic Molecules from aqueous Solution on Carbon material* (2004), page. 83-84
- [11] Philip Ball, *Water and life: Seeking the solution*, [Nature 436, 1084-1085 \(25 August 2005\)](#)
- [12] '\_\_\_', [Water - The Essential Substance](#), *Experimental Lakes Area*, University of Manitoba
- [13] '\_\_\_', [What are the Essential Ingredients of Life?](#), Natural History Museum, California Academy of Sciences
- [14] Skoog, Douglas A ,Donald M. West, *Principles of Instrumental Analysis* , Holt, RineHart and Wiston, Inc., USA, 1971.
- [15] Sembiring, M., dan Sinaga, T. 2003. *Arang Aktif*. Sumatera Utara. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.

[16] Murti, Septi. 2008. *Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung untuk Adsorpsi Molekul Amonia dan Krom*. Skripsi. Depok. Departemen Teknik Kimia FTUI

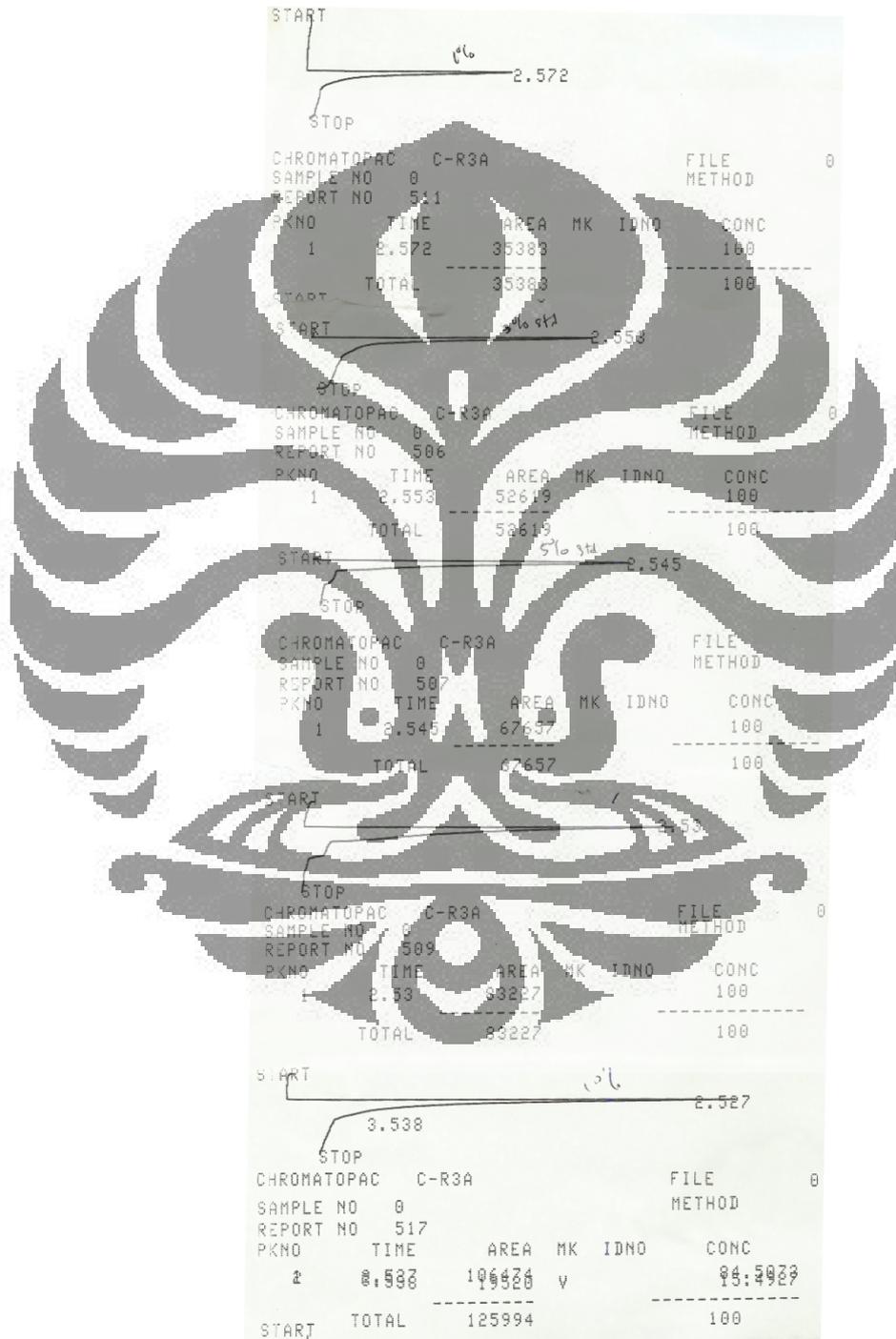
[17] Reza, Ernest. 2003. *Adsorpsi Zn dan Fe dari larutannya dengan karbon aktif pada system kontinu*. . Departemen Teknik Kimia FTUI



## LAMPIRAN 1

### Data dan Perhitungan Uji Adsorpsi Etanol

- Data % konversi etanol hasil adsorpsi dengan waktu kontak 24 jam untuk berbagai variasi ukuran dan perbandingan jumlah solid liquid yang digunakan

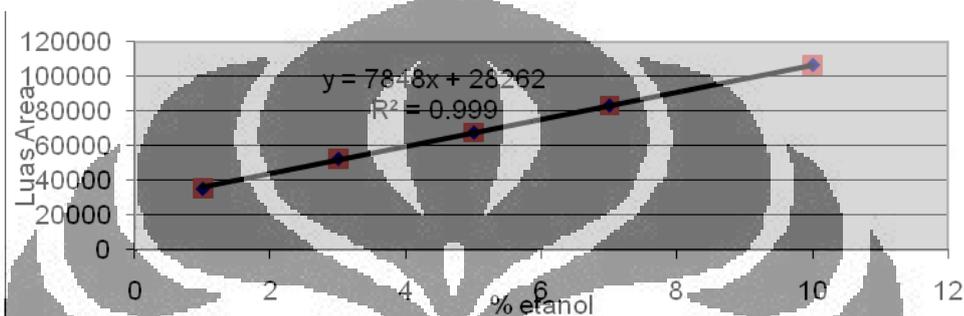


Gambar. Hasil Uji Adsorpsi dengan GC

Tabel. Kurva Standar Etanol

%etanol	Luas Area
1	35383
3	52619
5	67657
7	83227
10	106474

Dari kurva standar dapat dibuat dalam bentuk grafik sebagai berikut:



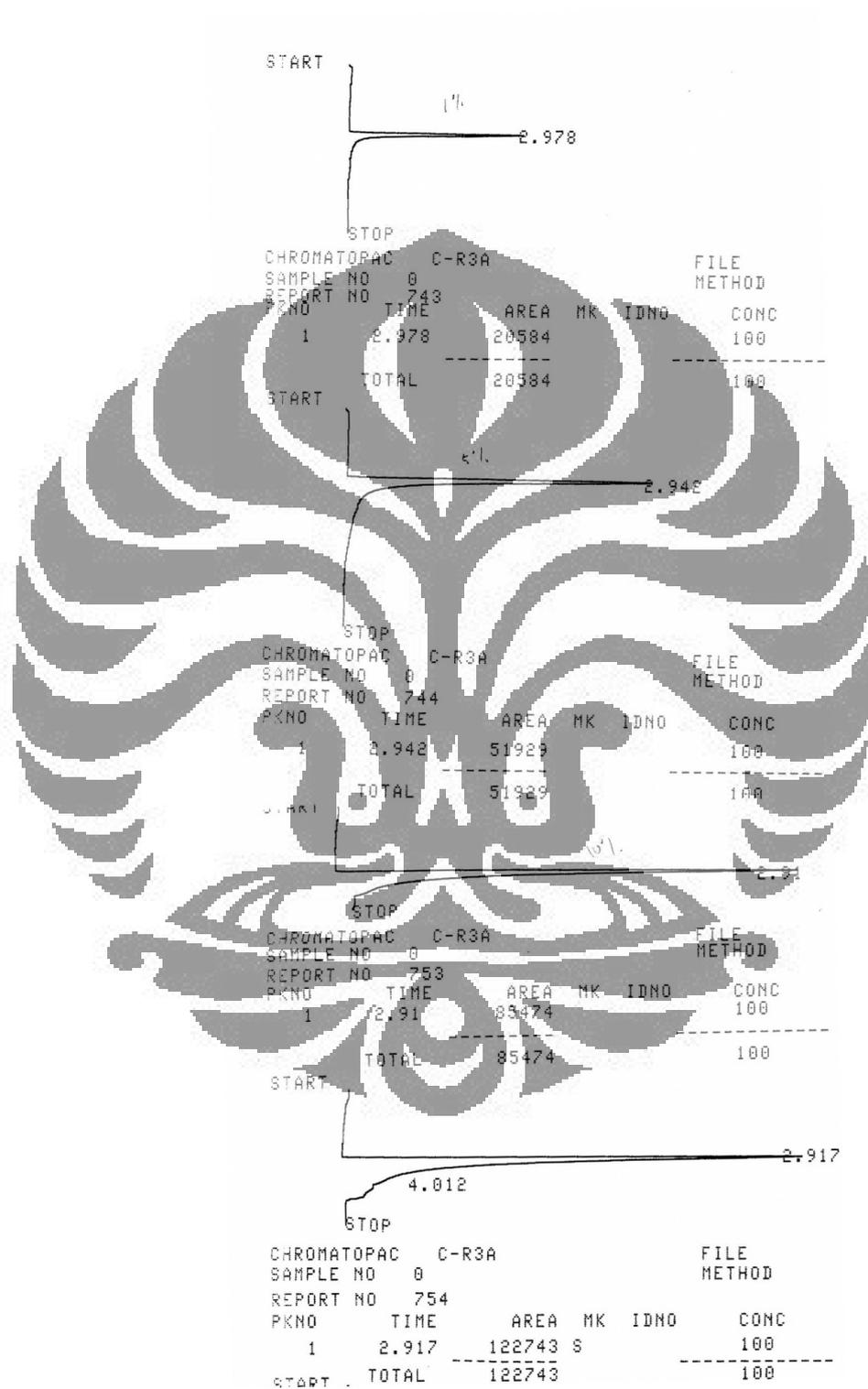
Gambar. Grafik Kurva Standar Etanol

Selanjutnya menggunakan kurva standar untuk mengolah data hasil percobaan

Tabel. Data Hasil Percobaan

Ukuran		Luas Area	fp	%etanol
Perbandingan (karbon aktif : etanol)				
Etanol mula		105021	10	97,80708
0,3(1:4)		105351	10	97,97273
0,3(1:8)		104850	10	97,58919
0,3(1:12)		104767	10	97,48344
0,5(1:4)		104441	10	97,06804
0,5(1:8)		103991	10	96,49465
0,5(1:12)		103771	10	96,21432
0,8(1:4)		103544	10	95,92508
0,8(1:8)		103474	10	95,83588
0,8(1:12)		103267	10	95,57212
Merck1:4		106254	10	99,37819
Merck1:8		106156	10	99,25331
Merck1:12		106111	10	99,19597

- Data % konversi etanol hasil adsorpsi dengan variasi waktu kontak untuk ukuran dan perbandingan jumlah solid liquid berdasarkan perbandingan dan ukuran terbaik pada penelitian sebelumnya

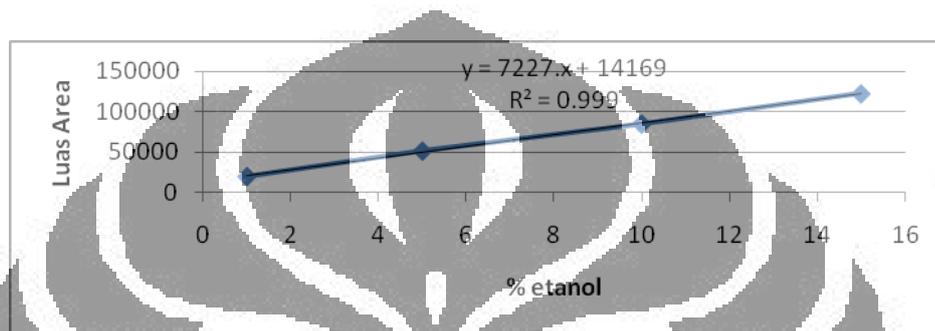


Gambar. Kurva Standar Hasil Pengujian Adsorpsi dengan GC

- Tabel. Kurva Standar Etanol

%etanol	Luas Area
1	20584
5	51929
10	85474
15	122743

Dari kurva standar dapat dibuat dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar. Grafik Kurva Standar Etanol

Selanjutnya menggunakan kurva standar untuk mengolah data hasil percobaan

Tabel. Data Hasil Percobaan Untuk Karbon Aktif Tongkol Jagung

Karbon Aktif Tongkol Jagung				
Waktu Kontak (menit)	Luas Area	Hasil Perhitungan	fp	% etanol
5	71957	7,996126	12	95,95351
10	71970	7,997924	12	95,97509
15	71990	8,000692	12	96,0083
30	72075	8,012453	12	96,14944
45	72130	8,020064	12	96,24076
60	72412	8,059084	12	96,70901
120	72721	8,10184	12	97,22208

Tabel. Data Hasil Percobaan Untuk Karbon Aktif Komersial

Karbon Aktif Komersial				
Waktu Kontak (menit)	Luas Area	Hasil Perhitungan	fp	% etanol
5	72132	8,02034	12	96,24408
10	72255	8,03736	12	96,44832
15	72454	8,064896	12	96,77875
30	72607	8,086066	12	97,03279
45	72830	8,116923	12	97,40307
60	73349	8,188737	12	98,26484
120	73731	8,241594	12	98,89913

## LAMPIRAN 2

### Data dan Perhitungan Karakteristik Iodin

$$\text{Iod yang diadsorpsi (mg/m)} = \frac{[(V_1 N_1) - (V_2 N_2)] \times 126,9 \times 2,5}{W}$$

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)

#### Standarisasi $Na_2S_2O_3$

$$V_1 N_1 = V_2 N_2$$

Keterangan :

$V_1$  : ml larutan  $KIO_3$  (titrant)

$V_2$  : ml larutan  $Na_2S_2O_3$  (titer)

$N_1$  : normalitas larutan  $KIO_3$  (0,1003N)

$N_2$  : normalitas larutan  $Na_2S_2O_3$

Tabel Data Karakteristik Daya Serap terhadap Iodium

Jenis dan Ukuran	Bobot Contoh (gram)	Volume $Na_2S_2O_3$ terpakai (ml)	Daya Serap (mg/g)
karbon aktif merk	0,7509	2	993,1543148
karbon aktif 300 $\mu m$	0,7502	7,2	772,2005399
karbon aktif 500 $\mu m$	0,7512	7,7	749,8663239
karbon aktif 800 $\mu m$	0,7529	8,2	726,9150219

Standarisasi I

$$V_1 N_1 = V_2 N_2$$

$$25 \text{ ml} \times 0,1003 = 24,8 \times N_2$$

$$N_2 = 0,1011 \text{ N}$$

$$\text{Normalitas Rata-rata Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{V_1}{V_2} = \frac{0,1011 + 0,1007}{2} = 0,1009 \text{ N}$$

Standarisasi II

$$V_1 N_1 = V_2 N_2$$

$$25 \text{ ml} \times 0,1003 = 24,9 \times N_2$$

$$N_2 = 0,1007 \text{ N}$$

### Standarisasi Iodium

Keterangan :

$V_1$  : ml larutan  $I_2$  (titrant)

$V_2$  : ml larutan  $Na_2S_2O_3$  (titer)

$N_1$  : normalitas larutan  $I_2$

$N_2$  : normalitas larutan  $Na_2S_2O_3$

Standarisasi I

$$V_1 N_1 = V_2 N_2$$

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

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

$$\text{Normalitas Rata-rata iodium} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{0,1017 + 0,1025}{2} = 0,1021 \text{ N}$$

Standarisasi II

$$V_1 N_1 = V_2 N_2$$

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

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

Contoh perhitungan daya serap karbon aktif terhadap iodium untuk karbon 300 $\mu$ m:

Iod yang diadsorpsi (mg/g) :

$$\frac{(V_1 N_1) - (V_2 N_2) \times 126,9 \times 2,5}{W} = \frac{(25 \times 0,1021) - (19 \times 0,1009) \times 126,9 \times 2,5}{W}$$

$$: 613,7684 \text{ mg/g}$$

## LAMPIRAN 3

## Data dan Perhitungan Karakteristik Metilen Biru

$$\text{Daya serap metilen biru} = \frac{[(1200 \text{ ppm} \times 0,05 \text{ L}) - (C \text{ (ppm)} \times 0,05 \text{ L}) \times fp]}{\text{gram contoh}}$$

Keterangan:

C : Konsentrasi metilen biru yang tersisa (ppm)

Tabel Data Karakteristik Daya Serap terhadap Metilen Biru

jenis dan ukuran	Absorbansi	Bobot Contoh (gram)	konsentrasi awal (ppm)	konsentrasi akhir (ppm)	fp	daya serap (mg/g)
karbon aktif merk	0,265	0,1502	400	1,051	1	132,8059
karbon aktif 300 $\mu\text{m}$	0,542	0,1512	400	2,2136	30	110,3147
karbon aktif 500 $\mu\text{m}$	0,646	0,1507	400	2,6510	30	106,3263
karbon aktif 800 $\mu\text{m}$	0,812	0,1515	400	3,3493	30	98,8513

Contoh perhitungan

Daya serap untuk karbon aktif ukuran 300  $\mu\text{m}$

- Absorbansi didapatkan sebesar 0,542
- Dari kurva standar didapat konsentrasi tersisa sebesar

$$\frac{(0,542 - 0,01576)}{0,23773} = 2,21 \text{ ppm}$$

- Jika dimasukkan ke persamaan

$$= \frac{\{(400 \text{ ppm} \times 0,05 \text{ L}) - \{(221 \times 0,005 \text{ L}) \times 30\}}{\text{gram contoh}} = 110,3148 \text{ mg/g}$$

