

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Minyak Mentah (*Crude Oil*)

Minyak mentah (*crude oil*) yang baru keluar dari sumur eksplorasi mengandung bermacam-macam zat kimia yang berbeda baik dalam bentuk gas, cair maupun padatan. Lebih dari separoh (50-98%) dari zat-zat tersebut adalah merupakan hidrokarbon. Senyawa utama yang terkandung di dalam minyak bumi adalah alifatik, alisiklik dan aromatik (Supriharyono 2000).

Minyak bumi ditemukan bersama-sama dengan gas alam. Minyak bumi yang telah dipisahkan dari gas alam disebut juga minyak mentah (*crude oil*). Minyak mentah dapat dibedakan atas:

- a. **Minyak mentah ringan** (*light crude oil*), mengandung kadar logam dan belerang rendah, berwarna terang dan bersifat encer (viskositas rendah).
- b. **Minyak mentah berat** (*heavy crude oil*), mengandung kadar logam dan belerang tinggi, memiliki viskositas tinggi sehingga harus dipanaskan agar meleleh.

Minyak mentah merupakan campuran yang kompleks dengan komponen utama alkana dan sebagian kecil alkena, alkuna, siklo-alkana, aromatik, dan senyawa anorganik. Minyak mentah mengandung sekitar 50–98 % senyawa hidrokarbon dan sisanya merupakan senyawa non-hidrokarbon (sulfur, nitrogen, oksigen, dan beberapa logam berat seperti V, Ni dan Cu).

Tabel 1. Komposisi Kimia Minyak Mentah

Komponen Minyak Mentah	Komposisi (%)
Karbon	84
Hidrogen	14
Belerang	1-3
Nitrogen	<1
Oksigen	<1
Logam (Ni, Cu, As, Fe, V)	<1
Garam (NaCl, MgCl <sub>2</sub> , CaCl <sub>2</sub> )	<1

Air dan garam hampir selalu terdapat dalam minyak bumi dalam keadaan terdispersi. Bahan-bahan bukan hidrokarbon ini biasanya dianggap sebagai kotoran karena pada umumnya akan memberikan gangguan dalam proses pengolahan minyak dalam kilang dan mempengaruhi kualitas minyak yang dihasilkan.

## 2.2 Logam Berat

Logam berat adalah unsur-unsur yang umumnya digunakan dalam industri, bersifat toksik bagi makhluk hidup dalam proses aerobik maupun anaerobik. Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat ini dapat dibagi dalam dua jenis yaitu logam berat esensial dan non esensial. Jenis pertama adalah logam berat esensial, dimana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Contoh logam berat ini adalah Zn, Cu, Fe, Co, Mn dan lain sebagainya. Sedangkan jenis kedua adalah logam berat non esensial atau beracun, dimana keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya atau bahkan dapat bersifat racun, seperti Hg, Cd, Pb, Cr dan lain-lain (Widowati,dkk,2008)

Logam berat dapat menimbulkan efek gangguan terhadap kesehatan manusia, tergantung pada bagian mana dari logam berat tersebut yang terikat dalam tubuh serta besarnya dosis paparan. Efek toksik dari logam berat mampu menghalangi kerja enzim sehingga mengganggu metabolisme tubuh, menyebabkan alergi, bersifat mutagen, karsinogen bagi manusia dan hewan (Widowati, dkk, 2008)

### 2.2.1 Tembaga (Cu)

Unsur tembaga dialam, dapat ditemukan dalam bentuk logam bebas, akan tetapi lebih banyak ditemukan dalam bentuk persenyawaan atau sebagai senyawa padat dalam bentuk mineral.

Secara kimia, senyawa-senyawa dibentuk oleh logam Cu (tembaga) mempunyai valensi +1 dan +2. Berdasarkan pada bilangan valensi yang

dibawanya logam Cu dinamakan juga Cuppro untuk yang bervalensi +1 dan Cuppry untuk yang bervalensi +2. Kedua jenis ion Cu tersebut dapat membentuk kompleks ion yang sangat stabil seperti  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_2$ . Logam Cu dan beberapa bentuk persenyawaan seperti  $\text{CuO}$ ,  $\text{CuCO}_3$ ,  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  dan  $\text{Cu}(\text{CN})_2$  tidak dapat larut dalam air dingin atau panas, tetapi mereka dapat dilarutkan dalam asam seperti  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dalam larutan basa  $\text{NH}_4\text{OH}$ .

Logam Cu merupakan jenis logam penghantar listrik terbaik setelah perak karena itu banyak digunakan dalam bidang elektronika atau perlistrikan. Cu dapat membentuk alloy dengan berbagai macam logam lainnya seperti dengan seng, timah atau timbal (Cu-Zn-Sn-Pb) dalam bentuk kuningan yang banyak digunakan dalam peralatan rumah tangga. Senyawa Cu banyak digunakan dalam industri cat sebagai antifoling, industri insektisida dan fungisida sebagai katalis, baterai elektroda, penarik sulfur dan sebagai pigmen serta pencegah lumut.

Secara alamiah, Cu masuk ke dalam badan perairan sebagai akibat dari peristiwa erosi atau pengikisan bantuan mineral dan melalui persenyawaan Cu di atmosfer yang dibawa oleh air hujan serta berasal dari buangan industri pertambangan Cu dan lainnya. Hal tersebut dapat mempercepat terjadinya peningkatan kelarutan Cu dalam badan perairan. Dalam kondisi normal, keberadaan Cu dalam perairan ditemukan dalam bentuk senyawa  $\text{CuCO}_3$ ,  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  dan lain sebagainya. Bila dalam badan perairan terjadi peningkatan kelarutan Cu melebihi ambang batas yang seharusnya, maka akan terjadi peristiwa biomagnifikasi terhadap biota-biota perairan.

Tembaga bersifat toksik bagi organisme. Bentuk tembaga yang paling beracun adalah debu-debu Cu yang dapat mengakibatkan kematian pada dosis 3,5 mg/kg. Pada manusia efek keracunan utama yang ditimbulkan akibat terpapar oleh debu atau uap logam Cu adalah terjadi gangguan pada jalur pernafasan sebelah atas dan terjadinya kerusakan atropik pada selaput lendir yang berhubungan dengan hidung (Palar,2004)

## 2.3 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh padatan tertentu terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap ke dalam (Atkins,1999)

Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang. Adanya gaya ini, padatan cenderung menarik molekul- molekul yang lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas atau fasa larutan ke dalam permukaannya. Akibatnya, konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar dari pada dalam fasa gas atau zat terlarut dalam larutan. Menurut Giles dalam Osipow (1962), yang bertanggung jawab terhadap adsorpsi adalah gaya tarik van der Waals, pembentukan ikatan hidrogen, pertukaran ion dan pembentukan ikatan kovalen.

Adsorpsi dapat terjadi pada antarfasa padat- cair, padat-gas atau gas-cair. Molekul yang terikat antarmuka disebut adsorbat, sedangkan permukaan yang menyerap molekul- molekul adsorbat disebut adsorben. Pada adsorpsi, interaksi antara adsorben dengan adsorbat hanya terjadi pada permukaan adsorben. Adsorpsi adalah gejala pada permukaan sehingga makin besar luas permukaan, maka makin banyak zat yang teradsorpsi. Walaupun demikian, adsorpsi masih bergantung pada sifat zat pengadsorpsi (Fatmawati, 2006)

Berdasarkan besarnya interaksi antara adsorben dan adsorbat, adsorpsi dibedakan menjadi dua macam yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia.

### a. Adsorpsi Fisika

Dalam adsorpsi fisika, molekul- molekul teradsorpsi pada permukaan adsorben dengan ikatan yang lemah. Adsorpsi fisika terjadi bila gaya intermolekular lebih besar dari gaya tarik antarmolekul atau gaya tarik- menarik yang relatif lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben, gaya ini disebut gaya Van der Waals sehingga adsorbat dapat bergerak dari satu bagian permukaan ke bagian permukaan lain dari adsorben. Adsorpsi ini berlangsung cepat, dapat membentuk lapisan jamak (multilayer) dan dapat bereaksi balik

(reversibel), sehingga molekul-molekul yang teradsorpsi mudah dilepas kembali dengan cara menurunkan tekanan gas atau konsentrasi zat terlarut.

Panas adsorpsi yang menyertai adsorpsi fisika yaitu berkisar 10kJ/mol (kira-kira mempunyai orde yang sama dengan kalor yang dilepaskan pada proses kondensasi adsorbat) dan lebih panas dari adsorpsi kimia. Adsorpsi fisika umumnya terjadi pada temperatur yang rendah dan jumlah adsorpsi akan semakin kecil dengan naiknya suhu. Banyaknya zat yang teradsorpsi beberapa lapisan monomolekular, demikian juga kondisi kesetimbangan tercapai segera setelah adsorben bersentuhan dengan adsorbat. Hal ini dikarenakan dalam fisika tidak melibatkan energi aktivasi.

#### b. Adsorpsi Kimia

Pada adsorpsi kimia, molekul-molekul yang teradsorpsi pada permukaan adsorben bereaksi secara kimia, karena adanya reaksi antara molekul-molekul adsorbat dengan adsorben dimana terbentuk ikatan kovalen dengan ion, sehingga terjadi pemutusan dan pembentukan ikatan (Reza,2002). Oleh karena itu, panas adsorpsinya mempunyai kisaran yang sama seperti reaksi kimia, yaitu 100 kJ/mol (mempunyai orde besaran yang sama dengan energi ikatan kimia). Ikatan antara adsorben dengan adsorbat dapat ditemukan kembali. Adsorpsi ini bersifat irreversibel, hanya dapat membentuk lapisan tunggal (monolayer) dan diperlukan energi yang banyak untuk melepaskan kembali adsorbat (dalam proses adsorpsi). Pada umumnya dalam adsorpsi kimia jumlah (kapasitas) adsorpsi bertambah besar dengan naiknya temperatur. Zat yang teradsorpsi membentuk satu lapisan monomolekuler dan relatif lambat tercapai kesetimbangan karena dalam adsorpsi kimia melibatkan energi aktivasi (Oscik, 1982).

### 2.3.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Daya Adsorpsi

Menurut Gol (2001) banyaknya adsorbat yang terserap pada permukaan adsorben dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Jenis Adsorbat, dapat ditinjau dari:
  - a. Ukuran molekul adsorbat, ronggatempat terjadinya adsorpsi dapat dicapai melalui ukuran yang sesuai, sehingga molekul-molekul yang bisa

diadsorpsi adalah molekul-molekul yang berdiameter sama atau lebih kecil dari diameter pori adsorben.

- b. Polaritas molekul adsorbat, apabila diameter sama, molekul-molekul polar lebih kuat diadsorpsi daripada molekul-molekul yang kurang polar, sehingga molekul-molekul yang lebih polar bisa menggantikan molekul-molekul yang kurang polar.
2. Sifat adsorben, dapat ditinjau dari
- a. Kemurnian adsorben, adsorben yang lebih murni memiliki daya serap yang lebih baik.
  - b. Luas permukaan, semakin luas permukaan adsorben maka jumlah adsorbat yang terserap akan semakin banyak pula.
  - c. Temperatur, adsorpsi merupakan proses eksotermis sehingga jumlah adsorbat akan bertambah dengan berkurangnya temperatur adsorbat. Adsorpsi fisika yang substansial biasa terjadi pada temperatur dibawah titik didih adsorbat, terutama dibawah  $50^{\circ}\text{C}$ , sebaliknya pada adsorpsi kimia jumlah yang teradsorpsi berkurang dengan naiknya temperatur adsorbat.
  - d. Tekanan, untuk adsorpsi fisika kenaikan tekanan adsorbat mengakibatkan kenaikan jumlah zat yang teradsorpsi.

### 2.3.2 Metode Sorpsi

Metode Sorpsi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu statis (*batch*) dan dinamis (kolom).

1. Cara statis yaitu kedalam wadah yang berisi sorben dimasukkan larutan yang mengandung komponen yang diinginkan, selanjutnya diaduk dalam waktu tertentu, kemudian dipisahkan dengan cara penyaringan atau dekantasi. Komponen yang telah terikat oleh sorben dilepaskan kembali dengan melarutkan sorben dalam pelarut tertentu dan volumenya lebih kecil dari volume larutan mula-mula.

2. Cara dinamis (kolom) yaitu ke dalam kolom yang telah diisi dengan sorben dilewatkan larutan yang mengandung komponen tertentu selanjutnya komponen yang telah terserap dilepaskan kembali dengan mengalirkan pelarut (*eluent*) sesuai yang volumenya lebih kecil.

Karena selektivitasnya yang tinggi, proses adsorpsi sangat sesuai untuk memisahkan bahan dengan konsentrasi yang kecil dari campuran yang mengandung bahan lain yang berkonsentrasi tinggi. Bentuk lain dari adsorpsi adalah pertukaran ion (*Ion exchange*).

Kecepatan adsorpsi tidak hanya tergantung pada perbedaan konsentrasi dan luas permukaan adsorben, melainkan juga pada suhu, pH larutan, tekanan (untuk gas), ukuran partikel dan porositas adsorben tetapi juga bergantung pada ukuran molekul bahan yang akan diadsorpsi dan viskositas campuran yang akan dipisahkan (Hanjono, 1995).

## 2.4 Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi merupakan fungsi konsentrasi zat terlarut yang terserap pada padatan terhadap konsentrasi larutan. Persamaan yang dapat digunakan untuk menjelaskan data percobaan isoterm Freunlich, Lengmuir, dan Breneur, Emmet dan Teller (BET). Tipe isoterm adsorpsi dapat digunakan untuk mempelajari mekanisme adsorpsi. Adsorpsi cair-padat pada umumnya menganut tipe isoterm Freunlich dan Langmuir (Atkins, 1999). Adsorben yang baik memiliki kapasitas adsorpsi dan persentasi penyerapan yang tinggi.

Kapasitas adsorpsi dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Q = \frac{C_1 - C_2}{m} \times V$$

Sedangkan persentasi adsorpsi (efisiensi adsorpsi) dan dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\%E = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}} \times 100\%$$

Keterangan:

Q	= kapasitas adsorpsi per bobot molekul (mg/g)
C1	= konsentrasi awal larutan (mg/L)
C2	= konsentrasi akhir larutan (mg/L)
M	= massa adsorben (g)
V	= volume larutan (mL)
%E	= efisiensi adsorpsi

### 2.4.1 Isoterm Freunlich

Isoterm Freunlich merupakan isoterm yang paling umum digunakan dan dapat mencirikan proses adsorpsi dengan lebih baik (Jason,2004). Isoterm Freunlich menggambarkan hubungan antara sejumlah komponen yang teradsorpsi per unit adsorben dan konsentrasi komponen tersebut padakesetimbangan. Freunlich memformulasikan persamaan isotermnya sebagai berikut:

$$\frac{x}{m} = kC^{1/n}$$

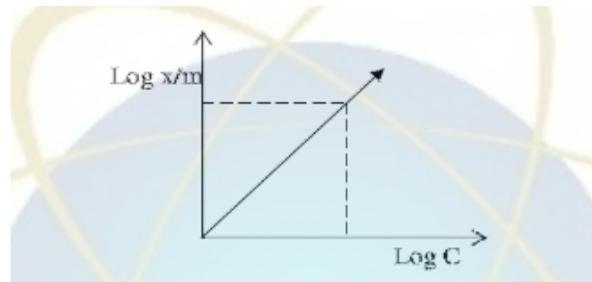
Apabila dilogartimakan, persamaan akan menjadi:

$$\log \frac{x}{m} = \log k + \frac{1}{n} \log C$$

Keterangan:

x/m	= jumlah adsorbat teradsorpsi perunit massa adsorben (mg/g)
c	= konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah diadsorpsi
k,n	= konstanta empiris

Isoterm Freunlich menganggap bahwa pada semua sisi permukaan adsorben akan terjadi proses adsorpsi dibawah kondisi yang diberikan. Isoterm Freunlich tidak mampu memperkirakan adanya sisi-sisi pada permukaan yang mampu mencegah adsorpsi pada saat kesetimbangan tercapai dan hanya ada beberapa sisi aktif saja yang mampu mengadsorpsi molekul terlarut (Jason,2004).



sumber: Ade Apriliani,2010

Gambar 1. Kurva Isoterm Freunlich

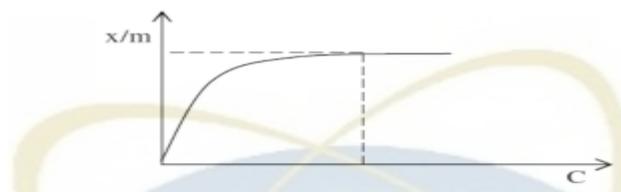
#### 2.4.2 Isoterm Langmuir

Tipe Isoterm Langmuir merupakan proses adsorpsi yang berlangsung secara kimisorpsi satu lapisan. Kimisorpsi adalah adsorpsi yang terjadi melalui ikatan kimia yang sangat kuat antara sisi aktif permukaan dengan molekul adsorbat dan dipengaruhi oleh densitas elektron. Adsorpsi satu lapisan terjadi karena ikatan kimia biasanya bersifat spesifik sehingga permukaan adsorben mampu mengikat adsorbat dengan ikatan kimia. Isoterm Langmuir diturunkan berdasarkan teori dengan persamaan:

$$\frac{w}{m} = \frac{\alpha\beta c}{1 + \beta c}$$

Isoterm Langmuir dipelajari untuk menggambarkan pembatasan sisi adsorpsi dengan asumsi bahwa sejumlah tertentu sisi sentuh adsorben ada pada permukaannya dan semua memiliki energi yang sama, serta adsorpsi bersifat balik (Atkins, 1999). Konstanta  $\alpha$  dan  $\beta$  dapat ditemukan dari kurva hubungan  $\frac{c}{x/m}$  terhadap  $c$  dengan persamaan:

$$\frac{c}{x/m} = \frac{1}{\alpha\beta} + \frac{1}{\alpha} c$$



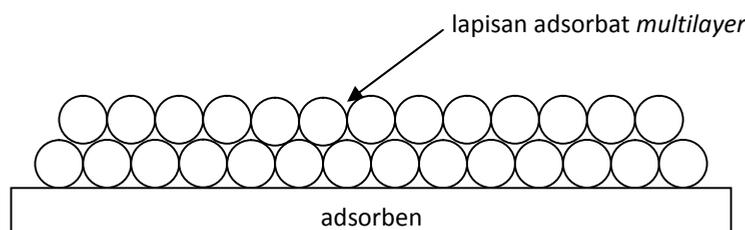
sumber:Ade Apriliani, 2010

Gambar 2. Kurva Isoterm Langmuir

### 2.4.3 Isoterm Brunauer, Emmet and Teller (BET)

Teori isoterm adsorpsi BET merupakan hasil kerja dari S. Brunauer, P.H. Emmet, dan E. Teller. Teori ini menganggap bahwa adsorpsi juga dapat terjadi di atas lapisan adsorbat *monolayer*. Sehingga, isoterm adsorpsi BET dapat diaplikasikan untuk adsorpsi *multilayer*. Keseluruhan proses adsorpsi dapat digambarkan sebagai

- Penempelan molekul pada permukaan padatan (adsorben) membentuk lapisan *monolayer*
- Penempelan molekul pada lapisan *monolayer* membentuk lapisan *multilayer*



**Gambar 3 . Pendekatan Isoterm Adsorpsi BET**

Pada pendekatan ini, perbandingan kekuatan ikatan pada permukaan adsorben dan pada lapisan adsorbat *monolayer* didefinisikan sebagai konstanta  $c$ . Lapisan adsorbat akan terbentuk sampai tekanan uapnya mendekati tekanan uap dari gas yang teradsorpsi. Pada tahap ini, permukaan dapat dikatakan "basah (*wet*)". Bila  $V$  menyatakan volume gas teradsorpsi,  $V_m$  menyatakan volume gas yang diperlukan untuk membentuk lapisan *monolayer*, dan  $x$  adalah  $P/P^*$ , maka isoterm adsorpsi BET dapat dinyatakan sebagai

$$\frac{V}{V_m} = \frac{cx}{(1-x)(1-x+cx)}$$

Kesetimbangan antara fasa gas dan senyawa yang teradsorpsi dapat dibandingkan dengan kesetimbangan antara fasa gas dan cairan dari suatu senyawa. Dengan menggunakan analogi persamaan Clausius – Clapeyron, maka

$$\frac{d(\ln P)}{dT} = -\frac{\Delta H_{ads}}{RT^2}$$

dimana  $H_{ads}$  adalah entalpi adsorpsi. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa tekanan kesetimbangan dari gas teradsorpsi bergantung pada permukaan dan entalpi adsorpsi.

## 2.5 Karbon Aktif

Karbon aktif atau sering juga disebut sebagai arang aktif adalah suatu jenis karbon yang memiliki luas permukaan yang sangat besar. Hal ini bisa dicapai dengan mengaktifkan karbon atau arang tersebut. Hanya dengan satu gram dari karbon aktif, akan didapatkan suatu material yang memiliki luas permukaan kira-kira sebesar 500 m<sup>2</sup> (didapat dari pengukuran adsorpsi gas nitrogen). Biasanya pengaktifan hanya bertujuan untuk memperbesar luas permukaannya saja, namun beberapa usaha juga berkaitan dengan meningkatkan kemampuan adsorpsi karbon aktif itu sendiri. Karbon aktif merupakan bentuk umum untuk senyawa berbahan dasar karbon yang telah diolah, sehingga menghasilkan derajat porositas tinggi. Karbon atau arang aktif adalah material yang berbentuk butiran atau bubuk yang berasal dari material yang mengandung karbon misalnya batubara, kulit kelapa, dan sebagainya. (Anonym, 2012).

Dalam satu gram karbon aktif, pada umumnya memiliki permukaan seluas 500-1500 m<sup>2</sup>, sehingga sangat efektif dalam menangkap partikel-partikel yang sangat halus berukuran 0.01-0.0000001 mm. Karbon aktif bersifat sangat aktif dan akan menyerap apa saja yang kontak dengan karbon tersebut. Dalam waktu 60 jam biasanya karbon aktif tersebut menjadi jenuh dan tidak aktif lagi. Oleh karena itu biasanya karbon aktif dikemas dalam kemasan kedap udara.

### 2.5.1 Sifat Karbon Aktif

Sifat karbon aktif secara umum berwarna hitam, tidak berbau, tidak berasa serta mempunyai daya serap yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan arang yang belum diaktivasi. Karbon aktif mengandung 5-15% abu dan sisanya adalah karbon. Selain unsur karbon yang tinggi, karbon aktif juga mengandung sejumlah

unsur-unsur lainnya yang terikat secara kimia seperti nitrogen, oksigen, belerang, dan berbagai unsur lain yang berasal dari bahan mentahnya (Suarya, 1990).

Sifat adsorpsi karbon aktif sangat tergantung pada porositas permukaannya, namun dibidang industri, karakterisasi karbon aktif lebih difokuskan pada sifat adsorpsi dari pada struktur porinya. Bentuk pori bervariasi yaitu berupa: silinder, empat persegi panjang dan bentuk lain yang tidak teratur. Berdasarkan ukurannya, pori-pori dibedakan atas 3 jenis, yaitu dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

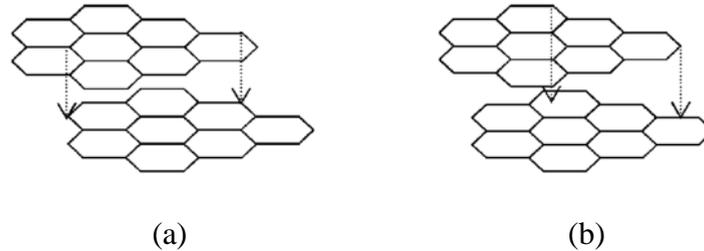
Tabel 2. Jenis-Jenis Karbon Aktif Berdasarkan Ukurannya

No.	Jenis Pori	Jari-jari (nm)	Volume pori (cm <sup>3</sup> /g)	Luas Permukaan (m <sup>2</sup> /g)	Fungsi
1	Makropori	25	0,2 – 0,5	0,5-2	sebagai pintu masuk ke karbon aktif
2	Mesopori	Jan-25	0,02 – 0,05	1-100	sebagai sarana transportasi
3	Mikropori	< 1	0,15-0,5	100-1000	sebagai adsorpsi

Gugus fungsi dapat terbentuk pada karbon aktif ketika dilakukan aktivasi, yang disebabkan terjadinya interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen, yang berasal dari proses pengolahan ataupun atmosfer. Gugus fungsi ini menyebabkan permukaan karbon aktif menjadi reaktif secara kimiawi dan mempengaruhi sifat adsorpsinya. Oksidasi permukaan dalam produksi karbon aktif, akan menghasilkan gugus hidroksil, karbonil, dan karboksilat yang memberikan sifat amfoter pada karbon, sehingga karbon aktif dapat bersifat sebagai asam maupun basa. (Sudirjo, E. 2006)

Struktur arang/karbon aktif menyerupai struktur grafit. Grafit mempunyai susunan seperti pelat-pelat yang sebagian besar terbentuk dari atom karbon yang berbentuk heksagonal. Jarak antara atom karbon dalam masing-masing lapisan 1,42 Å. Pada grafit, jarak antara pelat-pelat lebih dekat dan

terikat lebih teratur daripada struktur karbon aktif. Gambar a struktur grafit dan gambar b struktur umum karbon aktif.



Gambar 2. (a) Struktur grafit dan (b) Struktur karbon aktif

### 2.5.2 Tahap Pembuatan Karbon Aktif

Proses pembuatan karbon aktif dibagi menjadi dua tahapan utama, yaitu proses karbonisasi dan proses aktivasi.

#### 1. Karbonisasi

Karbonisasi adalah suatu proses dimana unsur-unsur oksigen dan hidrogen dihilangkan dari karbon dan akan menghasilkan rangka karbon yang memiliki struktur tertentu. Hessler berpendapat bahwa untuk menghasilkan arang yang sesuai untuk dijadikan karbon aktif, karbonisasi dilakukan pada temperatur lebih dari  $600^{\circ}\text{C}$  akan tetapi hal itu juga tergantung pada bahan dasar dan metoda yang digunakan pada aktivasi.

Smisek dan Cerny, menjelaskan bahwa saat karbonisasi terjadi beberapa tahap yang meliputi penghilangan air atau dehidrasi, perubahan bahan organik menjadi unsur karbon dan dekomposisi tar sehingga pori-pori karbon menjadi lebih besar. Pada suhu pemanasan sampai  $170^{\circ}\text{C}$  terjadi penghilangan air, pada suhu sekitar  $275^{\circ}\text{C}$  terjadi dekomposisi karbon dan terbentuk hasil seperti tar, methanol, fenol dan lain-lain. Hampir 80% unsur karbon yang diperoleh pada suhu  $400\text{-}600^{\circ}\text{C}$  (Smisek, M. dan Cerny, S. 1970).

Produk dari hasil proses karbonisasi memiliki daya adsorpsi yang kecil. Hal ini disebabkan pada proses karbonisasi suhunya rendah, sebagian dari tar yang dihasilkan berada dalam pori dan permukaan sehingga mengakibatkan adsorpsi terhalang. Produk hasil karbonisasi dapat diaktifkan dengan cara mengeluarkan produk tar melalui pemanasan dalam suatu aliran gas inert, atau

melalui ekstraksi dengan menggunakan pelarut yang sesuai misalnya selenium oksida, atau melalui sebuah reaksi kimia. Karbon aktif dengan daya adsorpsi yang besar, dapat dihasilkan oleh proses aktivasi bahan baku yang telah dikarbonisasi dengan suhu tinggi (Hassler, S. J. W, 1951).

## 2. Aktivasi

Aktivasi adalah perlakuan terhadap arang yang bertujuan memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika atau kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Trisnawati 2009 dalam Nuarti 2011).

Adanya interaksi antara zat pengaktivasi dengan struktur atom-atom karbon hasil karbonisasi adalah mekanisme dari proses aktivasi. Selama aktivasi, karbon dibakar pada suasana oksidasi yang akan menambah jumlah atau volume pori dan luas permukaan produk melalui proses eliminasi atau penghilangan volatil produk pirolisis.

Aktivasi dibagi menjadi 2 yaitu sebagai berikut :

### a. Aktivasi Kimia

Aktivasi ini merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia. Aktifator yang digunakan adalah bahan-bahan kimia seperti: hidroksida logam alkali garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah dan khususnya  $ZnCl_2$ , asam-asam anorganik seperti  $H_2SO_4$  dan  $H_3PO_4$ .

### b. Aktivasi Fisika

Aktivasi ini merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan  $CO_2$ . Umumnya arang dipanaskan didalam tanur pada temperatur 800-900°C. Oksidasi dengan udara pada temperatur rendah merupakan reaksi eksoterm sehingga sulit untuk mengontrolnya. Sedangkan pemanasan dengan uap atau  $CO_2$  pada temperatur tinggi merupakan reaksi endoterm, sehingga lebih mudah dikontrol dan paling umum digunakan.

Beberapa bahan baku lebih mudah untuk diaktivasi jika diklorinasi terlebih dahulu. Selanjutnya dikarbonisasi untuk menghilangkan hidrokarbon yang terklorinasi dan akhirnya diaktivasi dengan uap. Juga memungkinkan untuk memperlakukan arang kayu dengan uap belerang pada temperatur  $500^{\circ}\text{C}$  dan kemudian desulfurisasi dengan  $\text{H}_2$  untuk mendapatkan arang dengan aktifitas tinggi. Dalam beberapa bahan barang yang diaktivasi dengan campuran bahan kimia, diberikan aktivasi kedua dengan uap untuk memberikan sifat fisika tertentu.

Aktivator dapat meningkatkan keaktifan adsorben melalui mekanisme sebagai berikut:

1. Aktivator menembus celah atau pori-pori diantara pelat-pelat kristalit karbon (pada karbon aktif) yang berbentuk heksagonal dan menyebar di dalam celah atau pori-pori tersebut, sehingga terjadi pengikisan pada permukaan kristalit karbon.
2. Aktivator mencegah senyawa organik bereaksi dengan oksigen yang akan bereaksi dengan kristalit oksigen.
3. Menurut teori interkalasi, struktur dari suatu komposisi senyawa akan mengalami modifikasi jika disisipkan ion atau atom lain kedalam struktur tersebut. Pada aktivasi maka ion atau atom yang disisipkan adalah aktivator.
4. Aktivasi dapat berupa aktivasi fisik dimana digunakan gas-gas inert seperti uap air (steam),  $\text{CO}_2$  dan  $\text{N}_2$ . sedangkan pada aktivasi kimia, digunakan aktivator yang berperan penting untuk meningkatkan luas permukaan adsorben dengan cara mengusir senyawa non karbon dari pori-pori. (Hassler, S. J. W, 1951).

### 2.5.3 Kualitas Karbon Aktif

Dalam pembuatan karbon aktif harus memenuhi syarat mutu karbon aktif, di mana syarat mutu tersebut digunakan sebagai standar untuk suatu karbon aktif.

Tabel 3. Syarat Mutu Karbon Aktif Teknis (SII) No. 0258-79

No.	Uraian	Satuan	Persyaratan	
			Butiran	Serbuk
1	Bagian yang hilang pada pemanasan 950 °C	%	Maks. 15	Maks. 25
2	Air	%	Maks. 4,4	Maks. 15
3	Abu	%	Maks. 2,5	Maks. 10
4	Daya Serap I2	mg/g	Min. 750	Min. 750
5	Karbon Aktif Murni	%	Min. 750	Min. 65

Sumber : LIPI, 2005

#### a. Rendemen

Penetapan rendemen karbon aktif bertujuan untuk mengetahui jumlah karbon aktif yang dihasilkan setelah melalui proses karbonisasi. Karbon aktif yang baik akan memberikan nilai rendemen yang tinggi, terdapatnya rendemen yang rendah dapat disebabkan oleh masih meningkatnya laju reaksi antara karbon dan gas-gas serta banyaknya jumlah senyawa zat menguap yang terlepas.

#### b. Kadar Air Terikat (*Inherent Moisture*)

Kandungan air merupakan banyaknya air yang terkandung dalam karbonaktif setelah bahan baku berkarbon melalui tahapan karbonisasi dan aktivasi kimia, baik yang terikat secara kimiawi maupun akibat pengaruh kondisi luarseperti iklim, ukuran butiran maupun proses penyaringan. Penetapan ini bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis karbon aktif.

#### c. Abu (*Ash Content*)

Abu di dalam karbon aktif merupakan kadar mineral matter yang terkandung di dalamnya yang tidak terbakar pada proses karbonisasi dan tidak terpisah pada proses aktivasi.

#### d. Daya Serap Arang Aktif

Sifat yang paling utama dari karbon aktif adalah kemampuannya untuk menyerap. Sifat ini didasari pada padatan sifat karbon aktif yang memiliki luas permukaan atau pori-pori yang besar. Daya serap karbon aktif erat hubungannya dengan sifat keaktifan karbon tersebut. Apabila suatu larutan terkontak dengan

butiran karbon aktif yang berpori, maka molekul-molekul zat terlarut tertarik pada permukaan pori dan tertahan ditempat tersebut melalui gaya-gaya yang lemah.

Kemampuan karbon aktif untuk mengadsorpsi sejumlah besar adsorbat adalah karena struktur pori yang sangat berkembang yang dimiliki karbon aktif. Berdasarkan hasil percobaan terhadap larutan yang mengandung 80 ppm logam  $\text{Cu}^{2+}$ , karbon aktif memiliki ukuran besar butir -24 mesh, ternyata mampu mengurangi konsentrasi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  hingga 31,31%.

Sifat dan daya serap karbon aktif terbagi atas dua bagian yaitu absorpsi (gaya van der waals) tetapi dalam hal-hal tertentu dapat melibatkan adsorpsi kimia (khemisorpsi). Keduanya didapat dari ada atau tidaknya perubahan kimia yang terjadi antara zat yang dikumpulkan (adsorban) dan zat mengumpulkan (adsorben). Adsorpsi fisik biasanya melibatkan perubahan energi yang lebih kecil (ikatan lebih lemah) dari pada khemisorpsi.

## 2.6 Ampas Tebu

Ampas tebu atau lazimnya disebut bagas, merupakan limbah yang dihasilkan dari proses pemerahan atau ekstraksi batang tebu. Dalam satu kali proses ekstraksi dihasilkan ampas tebu sekitar 35 – 40% dari berat tebu yang digiling secara keseluruhan. Dari sekian banyak ampas tebu yang dihasilkan, baru sekitar 50% yang sudah dimanfaatkan misalnya sebagai bahan bakar dalam proses produksi dan transportasi tebu dari lahan pertanian ke tempat pemerahan. Namun selebihnya masih menjadi limbah yang perlu penanganan lebih serius untuk diolah kembali. Disamping itu ampas tebu dijual untuk dimanfaatkan sebagai bahan tambahan bahan baku pembuatan kertas (Birowo,1992).

Ampas tebu umumnya digunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan energi yang diperlukan pada pembuatan gula. Selain itu, ampas tebu juga dapat digunakan sebagai pakan ternak, bahan baku serat, papan plastik dan kertas (Witono, 2003). *Keur dkk*, (2008) mengemukakan bahwa ampas tebu tanpa diarangkan dapat dimanfaatkan sebagai adsorben ion logam berat seperti

seng, kadmium, tembaga dan timbal dengan efisiensi berturut-turut sebesar 90, 70, 55 dan 80%.

Ampas tebu memiliki sifat fisik yaitu berwarna kekuning-kuningan, berserat (berserabut), lunak dan relatif membutuhkan tempat yang luas untuk penyimpanan dalam bentuk arang dengan jumlah yang sama. Ampas tebu yang dihasilkan dari tanaman tebu tersusun atas penyusun-penyusunnya antara lain air (kadar air 44,5%, serat yang berupa zat padat (kadar serat 52%) dan brix yaitu zat padat yang dapat larut, termasuk gula larut (3,5%). Gambar ampas tebu dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini.



Sumber: Dokumen Pribadi, 2014

Gambar 3. Ampas Tebu

Secara kimiawi, komponen utama penyusun ampas tebu adalah serat yang didalamnya terkandung selulosa, poliosa seperti hemiselulosa dan lignin. Susunan ketiga komponen tersebut dalam ampas tebu hampir sama dengan susunan yang ada dalam tanaman monokotil berkayu lunak.

Tabel 4. Komponen Penyusun Serat Ampas Tebu

Komponen	Kandungan (%)
Selulosa	45
Pentosan	32
Lignin	18
Komponen Lainnya	5

Sumber: Ade Apriliani, 2010

## 2.7 Tongkol Jagung

Jagung (*Zea mays L.*) merupakan salah satu tanaman pangan dunia yang terpenting, selain gandum dan padi. Sebagai sumber karbohidrat utama di Amerika tengah dan selatan, jagung juga menjadi alternatif sumber pangan di Amerika Serikat. Penduduk beberapa daerah di Indonesia (misalnya di Madura dan Nusa Tenggara) juga menggunakan jagung sebagai pangan pokok. Selain sebagai sumber karbohidrat, jagung juga ditanam sebagai pakan ternak (hijauan maupun tongkolnya) diambil minyaknya (dari biji), dibuat tepung (dari biji dikenal dengan istilah tepung jagung atau maizena), dan bahan baku industri (dari tepung biji dan tepung tongkolnya).

Banyak teori mengenai asal tanaman jagung, tetapi secara umum para ahli sependapat bahwa jagung berasal dari Amerika Tengah atau Amerika Selatan. Jagung secara historis terkait erat dengan suku Indian, yang telah menjadikan jagung sebagai bahan makanan sejak 10.000 tahun yang lalu. Gambar tongkol jagung dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini .



Sumber: Dokumen Pribadi, 2014

Gambar 4. Tongkol Jagung

Klasifikasi tanaman:

Kingdom	: Plantae (Tanaman)
Divisi	: Magnoliophyta (Tumbuhan Berbunga)
Kels	: Liliopsida (berkeping satu/monokotil)
Sub Kelas	: Commolinidae

Ordo	: Poales
Famili	: Poaceae (Suku Rumput-rumputan)
Genus	: Zea
Spesies	: Zea mays L

Pada proses pengolahan produk jagung, biasanya tongkol jagung adalah limbah yang kurang dimanfaatkan. Bahkan tongkol jagung sering berakhir sebagai limbah yang mengganggu lingkungan. Pemanfaatan limbah tongkol jagung masih sangat minim dan hanya sebatas sebagai pakan ternak seperti sapi, kerbau atau hanya sebatas sebagai bahan bakar untuk keperluan memasak sehari-hari (Suryana dkk, 2005 dan Indradewa, 2005).

Pada perkembangan teknologi pengolahan produk jagung telah diteliti bahwa kandungan tongkol jagung juga berpotensi sebagai bahan baku industri pangan maupun industri non pangan yang memiliki prospek yang menguntungkan bagi perekonomian. Kandungan tongkol jagung dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5. Kandungan kimia dari tongkol jagung

Komponen	Kandungan (%)
Air	7,68
Serat	38,99
Selulosa	19,49
Xylan	12,4
Lignin	9,1

Sumber: Richana *dkk*, (2004)