

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 separuh (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. Berikut adalah komponen minyak bumi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komponen Minyak Mentah

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

Sumber : <http://www.lpmpsulsel.net/minyak-bumi>

Minyak mentah merupakan campuran yang kompleks dengan komponen utama alkana dan sebagian kecil alkena, alkuna, siklo-alkana, aromatik dan

senyawa anorganik. Minyak mentah mengandung senyawa hidrokarbon dan sisanya merupakan senyawa non-hidrokarbon (Sulfur, Nitrogen, Oksigen dan beberapa logam berat seperti Pb, V, Ni dan Cu). 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.

2.1.1 Logam Berat

Istilah logam berat secara khas mencirikan suatu unsur yang merupakan konduktor yang baik, mudah ditempa, bersifat toksik dalam biologi, mempunyai nomor atom 22-29 dan terletak pada periode III dan IV dalam sistem periodik unsur kimia (Cotton dan Wilkinson, 1986).

Logam berat merupakan salah satu bahan pencemar toksik yang dapat mengakibatkan kematian (*lethal*) maupun bukan kematian (*sub-lethal*) seperti terganggunya pertumbuhan, tingkah laku dan karakteristik morfologi berbagai organisme akuatik (Effendi, 2003).

Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat 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, 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 terlarut dalam air dan mencemari perairan baik air tawar maupun air laut. Meskipun dalam perairan kandungannya relatif rendah logam berat dapat diabsorpsi dan terakumulasi secara biologi pada organisme termasuk ikan yang hidup didalamnya. Jika ikan-ikan tersebut dikonsumsi oleh masyarakat sekitar maka masyarakat yang mengkonsumsinya akan berpotensi

terkontaminasi oleh logam berat melalui proses rantai makanan. Sehingga untuk memonitor kualitas lingkungan suatu perairan dapat dilakukan dengan mengetahui konsentrasi logam berat di perairan tersebut.

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).

2.1.2 Logam Timbal (Pb)

Timbal atau dalam keseharian lebih dikenal dengan nama timah hitam. Dalam bahasa ilmiahnya dinamakan Plumbum, dan logam ini disimbolkan dengan Pb. Logam ini termasuk kedalam kelompok logam-logam golongan IV-A pada tabel periodik unsur kimia. Mempunyai unsur atom (NA) 82 dengan bobot atau berat atom (BA) 207,2; berat jenis 11,4; titik leleh $327,4^{\circ}\text{C}$; titik didih 1.725°C , bersifat lunak serta berwarna silver biru dengan kilau logam.

Timbal atau timah hitam termasuk logam yang sangat populer dan banyak dikenal oleh orang awam. Timbal (Pb) merupakan logam yang amat beracun, tidak dapat dimusnahkan serta tidak terurai menjadi zat lain. Oleh karena itu, apabila timbal terlepas ke lingkungan akan menjadi ancaman bagi makhluk hidup. Timbal (Pb) mempunyai sifat-sifat antara lain:

- 1) Merupakan logam yang lunak sehingga mudah diubah menjadi berbagai bentuk
- 2) Mempunyai titik cair yang rendah sehingga bila digunakan dalam bentuk cair dibutuhkan teknik yang cukup sederhana
- 3) Mempunyai densitas lebih tinggi di bandingkan dengan logam lainnya, kecuali merkuri dan emas (Sunu, 2001).

2.2 Karbon Aktif

Karbon aktif atau sering juga disebut sebagai arang aktif adalah karbon dengan struktur mikrokristalin atau *amorphous* yang memiliki luas permukaan sekitar 300-2.500 m²/gram.

Karbon aktif berfungsi sebagai bahan penyerap, penjernih dan katalis pada industri kimia. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap karbon aktif sangat besar, yaitu 25-1000% terhadap berat karbon aktif. (Darmawan, A.D. 2008)

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). Gambar karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 1.



Sumber : wikipedia.com

Gambar 1. Karbon Aktif

2.2.1 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).

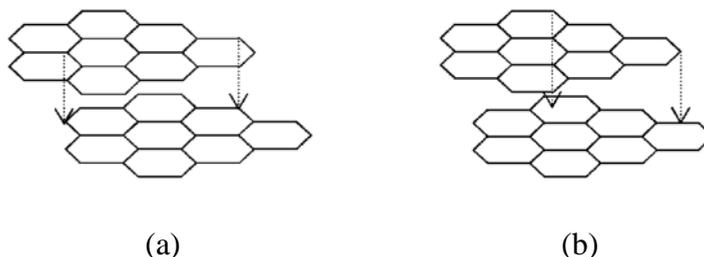
Sifat adsorpsi karbon aktif sangat tergantung pada porositas permukaannya, namun dibidang industri, karakterisasi karbon aktif lebih difokuskan pada sifat adsorpsi dari pada struktur porinya. Bentuk pori bervariasi yaitu berupa silinder, empat persegi panjang dan bentuk lain yang tidak teratur. Berdasarkan ukurannya, pori-pori dibedakan atas 3 jenis, yaitu dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Jenis-jenis karbon aktif berdasarkan ukurannya

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

Sumber : artikelkimia.blogspot.com/2012

Struktur 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 1,42Å. 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

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).

2.3 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°C akan tetapi hal itu juga tergantung pada bahan dasar dan metoda yang digunakan pada aktivasi.

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°C terjadi penghilangan air, pada suhu sekitar 275°C terjadi dekomposisi karbon dan terbentuk hasil seperti tar, methanol, fenol dan lain-lain. Hampir 80% unsur karbon yang diperoleh pada suhu $400-600^{\circ}\text{C}$ (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 :

1. Aktivasi Kimia

Aktivasi ini merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia. Aktivator 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 .

2. 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. Selain itu juga memungkinkan untuk memperlakukan arang kayu dengan uap belerang pada temperatur 500°C dan kemudian desulfurisasi dengan H_2 untuk mendapatkan arang dengan aktivitas tinggi. Dalam beberapa bahan barang yang diaktivasi dengan percampuran 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*), CO_2 dan 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).

2.4 Aktivator Na_2CO_3

Sodium Carbonat (Na_2CO_3) adalah bahan lunak yang larut dalam air dingin dan kelarutan dalam air kira-kira 30% berat larutan, dalam industri kimia

dikenal dengan “*soda ash*”. Di negara Eropa dan beberapa kota distrik di USA istilah soda mengacu pada decahidrat ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) dan monohidrat ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) yang digunakan untuk kebutuhan rumah tangga, tapi komoditi decahidrat ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) dan monohidrat ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) jumlahnya relatif kecil dibandingkan dengan bentuk anhidrat (wordpress, 2011).

a. Sifat Fisis dan Kimia Sodium Carbonat

1. Berat molekul : 106 g/mol
2. Bentuk : Kristal dan bersifat higroskopis
3. Warna : Putih
4. Titik lebur, 0°C : 7,1 g/100 g H_2O
5. Densitas, 20°C : 2,533 g/ml
6. Kapasitas panas : 85°C : 26,41 cal/ gmol $^\circ\text{C}$ (wordpress, 2011)

b. Kegunaan Natrium Karbonat

Sodium karbonat dalam industri kegunaannya sangat luas. Sodium karbonat dalam industri digunakan sebagai bahan baku industri kimia, industri-industri yang menggunakan sodium karbonat untuk bahan baku antara lain :

1. industri sabun
2. industri gula
3. industri gelas
4. industri obat
5. industri kertas
6. industri tekstil
7. industri metalurgi
8. industri keramik
9. dll (wordpress, 2011)

2.5 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 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Syarat Mutu Arang Aktif Teknis (SNI) No. 06-3730-1995

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 I ₂	mg/g	Min. 750	Min. 750
5	Karbon Aktif Murni	%	Min. 80	Min. 65

Sumber : SNI NO. 06-370-1995

Di bawah ini merupakan karakteristik yang menentukan kualitas karbon aktif yaitu :

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 karbon aktif 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 didalam karbon aktif merupakan kadar *mineral matter* yang terkandung didalamnya 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 Cu^{2+} , karbon aktif memiliki ukuran besar butir -24 mesh, ternyata mampu mengurangi konsentrasi ion logam 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 (absorban) dan zat mengumpulkan (absorben). Adsorpsi fisik biasanya melibatkan perubahan energi yang lebih kecil (ikatan lebih lemah) dari pada khemisorpsi.

2.6 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 daripada dalam fasa gas atau zat terlarut dalam larutan. Menurut Giles dalam Osipow

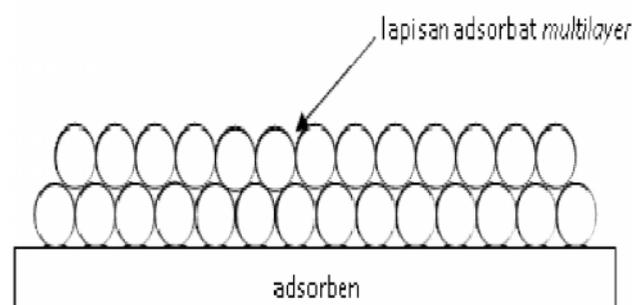
(1962), yang bertanggung jawab terhadap adsorpsi adalah gaya tarik Van Der Waals, pembentukan ikatan hidrogen, pertukaran ion dan pembentukan ikatan kovalen.

Adsorpsi dapat terjadi pada antarmuka 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 pengadsorb (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 adsorben 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. Mekanisme multilayer dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.

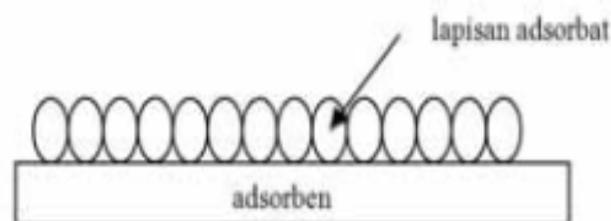


Gambar 3. Mekanisme Freundlich

Panas adsorpsi yang menyertai adsorpsi fisika yaitu berkisar 10 kJ/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 100kJ/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 monomolekular dan relatif lambat tercapai kesetimbangan karena dalam adsorpsi kimia melibatkan energi aktivasi (Oscik, 1982).



Gambar 4. Mekanisme Langmuir

2.6.1 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, rongga tempat 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 di bawah 50°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.

2.6.2 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).

2.6.3 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 Lengmuir (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

2.6.4 Isoterm Langmuir

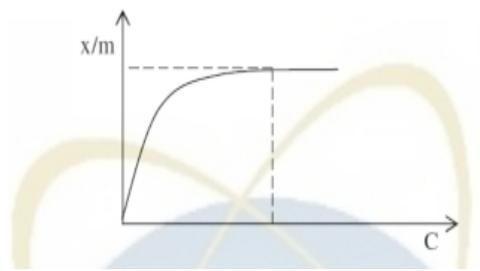
Tipe Isoterm Langmuir merupakan proses adsorpsi yang berlangsung secara kimisorpsi satu lapisan. Kimisorpsi adalah adsorpsi yang terjadi melalui ikatan kimia yang sangat kuat antara sisi aktif permukaan dengan molekul adsorbat dan dipengaruhi oleh densitas elektron. Adsorpsi satu lapisan terjadi karena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

Isoterm Langmuir diturunkan berdasarkan teori dengan persamaan:

$$\frac{w}{m} = \frac{ic}{1 + ic}$$

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 α dan β dapat ditemukan dari kurva hubungan $\frac{c}{x/m}$ terhadap c dengan persamaan:

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



Gambar 5. Kurva Isoterm Lengmuir

2.6.5 Isoterm Freundlich

Isoterm Freundlich merupakan isoterm yang paling umum digunakan dan dapat mencirikan proses adsorpsi dengan lebih baik (Jason, 2004). Isoterm Freundlich menggambarkan hubungan antara sejumlah komponen yang teradsorpsi per unit adsorben dan konsentrasi komponen tersebut pada kesetimbangan.

Freundlich memformulasikan persamaan isotermnya sebagai berikut:

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

Apabila dilogaritmakan, persamaan akan menjadi:

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

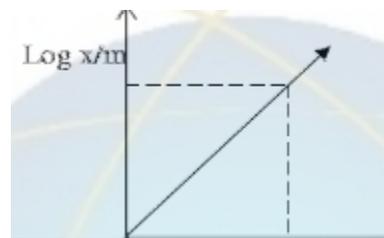
Keterangan:

x/m = jumlah adsorbat teradsorpsi perunit massa adsorben (mg/g)

c = konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah diadsorpsi

k, n = konstanta empiris

Isoterm Freundlich menganggap bahwa pada semua sisi permukaan adsorben akan terjadi proses adsorpsi di bawah kondisi yang diberikan. Isoterm Freundlich 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).



Gambar 6. Kurva Isoterm Freundlich

2.7 Tempurung Kelapa

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kelapa yang utama di dunia. Luas area tanaman kelapa pada tahun 2008 mencapai 3,76 juta ha dengan total produksi diperkirakan sebanyak 14 milyar butir kelapa, yang sebagian besar (95%) merupakan perkebunan rakyat. Luas perkebunan kelapa di Indonesia saat ini mencapai 3,8 juta hektar (Ha) yang terdiri dari perkebunan rakyat seluas 3,7 juta Ha; perkebunan milik pemerintah seluas 4.669 Ha; serta milik swasta seluas 66.189 Ha. Selama 34 tahun, luas tanaman kelapa meningkat dari 1,66 juta Ha pada tahun 1969, menjadi 3,8 juta hektar pada tahun 2011 (Indonesian Commercial Newsletter, 2011).

Berikut gambar tempurung kelapa dapat dilihat pada Gambar 7.



Sumber : Dokumen pribadi, 2014

Gambar 7. Tempurung Kelapa

Buah kelapa terdiri dari sabut kelapa, tempurung kelapa, daging kelapa dan air kelapa. Sabut kelapa merupakan bahan berserat dengan ketebalan sekitar 5 cm, dan merupakan bagian terluar dari buah kelapa. Tempurung kelapa terletak

di sebelah dalam sabut, ketebalannya berkisar 3-5 mm. Ukuran buah kelapa dipengaruhi oleh ukuran tempurung kelapa yang sangat dipengaruhi oleh usia dan perkembangan tumbuhan kelapa. Tempurung kelapa beratnya antara 15–19% berat kelapa. Berikut komposisi kimia tempurung kelapa pada Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi Kimia Tempurung Kelapa

Komponen	Rumus Kimia	Persentase (%)
<i>Cellulose</i>	$(C_6H_{10}O_5)_n$	33,61
<i>Hemicellulose</i>	$(C_5H_8O_4)_n$	19,27
<i>Lignin</i>	$(C_9H_{10}O_3)_n(CH_3)_n$	36,51

Sumber: <http://www.asapcair.com>

Sebagian besar tempurung kelapa dimanfaatkan untuk bahan bakar, baik dalam bentuk tempurung kering atau arang tempurung. Beberapa tahun terakhir ini tempurung kelapa juga sering digunakan sebagai alat peraga edukatif (APE) seperti pada pelajaran biologi, matematika dan fisika, atau juga bisa dipakai sebagai bahan pembuatan souvenir.