

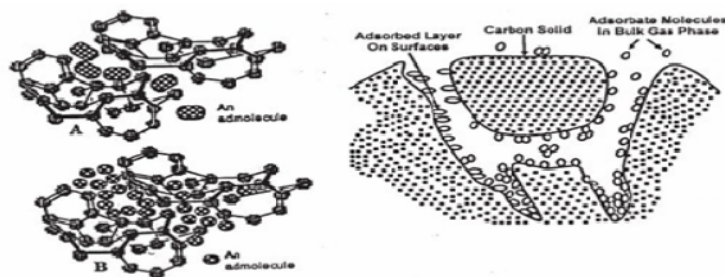
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Adsorpsi

Arang aktif yang merupakan adsorben, adalah suatu padatan berpori yang sebagian besar terdiri dari unsur karbon bebas dan masing-masing berikatan secara kovalen. Dengan demikian, permukaan arang aktif bersifat non polar. Selain komposisi dan polaritas, struktur pori juga merupakan faktor yang penting diperhatikan. Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan, semakin kecil pori-pori arang aktif, mengakibatkan luas permukaan semakin besar. Dengan demikian kecepatan adsorpsi bertambah. Untuk meningkatkan kecepatan adsorpsi, dianjurkan agar menggunakan arang aktif yang telah dihaluskan. Sifat arang aktif yang paling penting adalah daya serap.

Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan suatu substansi pada permukaan zat padat. Pada fenomena adsorpsi, terjadi gaya tarik-menarik antarsubstansi terserap dan penyerapnya. Dalam sistem adsorpsi, fasa teradsorpsi dalam solid disebut adsorbat sedangkan solid tersebut adalah adsorben. Pada proses adsorpsi, molekul adsorbat bergerak melalui bulk fasa gas menuju permukaan padatan dan berdifusi pada permukaan pori padatan adsorben.

Proses adsorpsi hanya terjadi pada permukaan, tidak masuk dalam fasa bulk/ruah. Proses adsorpsi terutama terjadi pada mikropori (pori-pori kecil), sedangkan tempat transfer adsorbat dari permukaan luar ke permukaan mikropori ialah makropori. Ilustrasi proses adsorpsi pada adsorben karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1. Proses Adsorpsi pada Karbon Aktif : Transfer Molekul Adsorbat ke Adsorben (Manocha, 2003)

2.1.1 Jenis-jenis Adsorpsi

Berdasarkan interaksi molekular antara permukaan adsorben dengan adsorbat, adsorpsi dibedakan menjadi 2 jenis yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia.

- **Adsorpsi Fisika**

Adsorpsi fisika merupakan adsorpsi yang terjadi karena adanya gaya Van der Waals. Pada adsorpsi fisika, gaya tarik-menarik antara molekul fluida dengan molekul pada permukaan padatan (intermolekular) lebih kecil dari pada gaya tarik-menarik antar molekul fluida tersebut sehingga gaya tarik-menarik antara adsorbat dengan permukaan adsorben relatif lemah. Pada adsorpsi fisika, adsorbat tidak terikat kuat dengan permukaan adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke permukaan lainnya dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat tersebut dapat digantikan oleh adsorbat lainnya. Keseimbangan antara permukaan padatan dengan molekul fluida biasanya cepat tercapai dan bersifat *reversible*. Adsorpsi fisika memiliki kegunaan dalam hal penentuan luas permukaan dan ukuran pori (Murti, 2008).

- **Adsorpsi Kimia**

Adsorpsi kimia terjadi karena adanya ikatan kimia yang terbentuk antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Ikatan kimia dapat berupa ikatan kovalen atau ion. Ikatan yang terbentuk sangat kuat sehingga spesi aslinya tidak dapat ditemukan. Karena kuatnya ikatan kimia yang terbentuk, maka adsorbat tidak mudah terdesorpsi. Adsorpsi kimia ini diawali dengan adsorpsi fisik dimana adsorbat mendekat ke permukaan adsorben melalui gaya Van der Waals atau ikatan hidrogen kemudian diikuti oleh adsorpsi kimia. Pada adsorpsi kimia, adsorbat melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia yang biasanya merupakan ikatan kovalen (Prabowo, 2009).

Menurut Langmuir, molekul adsorbat ditahan pada permukaan adsorben oleh gaya valensi yang tipenya sama dengan yang terjadi antara atom-atom dalam molekul. Karena adanya ikatan kimia maka pada permukaan adsorben, maka akan terbentuk suatu lapisan dimana lapisan tersebut akan menghambat proses adsorpsi

selanjutnya oleh adsorben sehingga efektifitas berkurang. Adsorpsi kimia biasanya digunakan untuk penentuan daerah pusat aktif dan kinetika reaksi permukaan (Murti, 2008).

2.1.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Daya Adsorpsi

Dalam hal ini, ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap adsorpsi, yaitu :

- Sifat Adsorben

Arang aktif merupakan adsorben adalah suatu padatan berpori, yang sebagian besar terdiri dari unsur karbon bebas dan masing – masing berikatan secara kovalen. Dengan demikian, permukaan arang aktif bersifat non polar. Selain komposisi dan polaritas, struktur pori juga merupakan faktor yang penting diperhatikan. Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan, semakin kecil pori – pori arang aktif, mengakibatkan luas permukaan semakin besar. dengan demikian kecepatan adsorpsi bertambah. Untuk meningkatkan kecepatan adsorpsi dianjurkan agar menggunakan arang aktif yang telah dihaluskan. Jumlah atau dosis arang aktif yang digunakan, juga diperhatikan.

- Sifat Serapan

Banyak senyawa yang dapat diadsorpsi oleh arang aktif, tetapi kemampuannya untuk mengadsorpsi berbeda untuk masing- masing senyawa. Adsorpsi akan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari struktur yang sama, seperti dalam deret homolog. Adsorpsi juga dipengaruhi oleh gugus fungsi, posisi gugus fungsi, ikatan rangkap, struktur rantai dari senyawa serapan.

- Temperatur

Dalam pemakaian arang aktif dianjurkan untuk mengamati temperatur pada saat berlangsungnya proses. Faktor yang mempengaruhi temperatur proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas *thermal* senyawa serapan. Jika pemanasan tidak mempengaruhi sifat-sifat senyawa serapan, seperti terjadi perubahan warna maupun dekomposisi, maka perlakuan dilakukan pada titik didihnya. Untuk senyawa volatil, adsorpsi dilakukan pada temperatur kamar atau bila memungkinkan pada temperatur yang lebih rendah.

- **pH (Derajat Keasaman)**

Untuk asam-asam organik, adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

- **Waktu Singgung**

Bila arang aktif ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah arang yang digunakan. Selisih ditentukan oleh dosis arang aktif, pengadukan juga mempengaruhi waktu singgung. Pengadukan dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada partikel arang aktif untuk bersinggungan dengan senyawa serapan. Untuk larutan yang mempunyai viskositas tinggi, dibutuhkan waktu singgung yang lebih lama.

2.1.3 Karakteristik Adsorben

Ukuran pori adsorben dan luas permukaan merupakan karakteristik penting adsorben. Ukuran pori adsorben berhubungan dengan luas permukaan. Semakin kecil ukuran pori-pori adsorben, luas permukaan semakin tinggi sehingga jumlah molekul yang teradsorpsi akan bertambah. Selain itu, ukuran pori adsorben dengan ukuran adsorbat harus sesuai karena diameter dari pori adsorben harus sedikit lebih besar dari pada diameter adsorbat agar adsorbat dapat menempati pori adsorben. Karakteristik lainnya ialah kemurnian adsorben. Sesuai dengan fungsinya untuk adsorpsi, maka adsorben yang lebih murni lebih diinginkan karena kemampuan adsorpsi yang lebih baik.

2.1.4 Jenis-jenis Adsorben

Pada kebanyakan industri, adsorben yang dipakai dapat dibagi menjadi 3 jenis berdasarkan komponen penyusunnya, yaitu :

- ***Oxygen-containing compounds***

Jenis ini biasanya bersifat hidrofil dan bersifat polar. Contohnya adalah yang silika gel dan zeolit.

- ***Carbon-based compounds***

Jenis ini biasanya bersifat hidrofob dan nonpolar. Contohnya adalah karbon aktif dan grafit.

- ***Polymer-based compounds***

Jenis ini terdiri dari matriks polimer berpori yang mengandung gugus fungsi polar atau nonpolar. Pemilihan jenis adsorben merupakan hal penting dalam proses adsorpsi.

Adsorben yang paling sering digunakan adalah karbon aktif karena memiliki luas permukaan yang besar sehingga daya adsorpsinya lebih besar dari pada adsorben lainnya. Aplikasi proses adsorpsi banyak digunakan di dalam dunia industri. Contoh aplikasi adsorpsi fasa uap adalah pemulihan pelarut organik yang digunakan pada zat, tinta cetak, dan pelapisan tekstil. Sedangkan adsorpsi untuk fasa cair digunakan untuk memisahkan komponen-komponen organik dari limbah cair dan air dari zat cair organik (Atmayudha, 2007).

Untuk mengoptimalkan proses adsorpsi pada aplikasinya, diperlukan adsorben dengan luas permukaan yang tinggi. Semakin luas permukaan adsorben, maka makin banyak zat yang teradsorpsi. Karbon aktif merupakan adsorben yang sangat baik karena karbon aktif memiliki luas permukaan dan daya adsorpsi lebih tinggi dari pada adsorben lainnya.

2.2 Karbon Aktif

Pertama kali karbon aktif diketahui secara komersil karena penggunaannya sebagai “topenguap” pada Perang Dunia I. Namun, pada abad ke-15 sudah diketahui bahwa karbon hasil dekomposisi kayu dapat menyingkirkan bahan berwarna pada abad ke-17 penerapannya secara komersil rangkayudigunakan dalam sebuah pabrik gula di Inggris (Austin, 1996).

Karbon aktif merupakan adsorbent terbaik dalam sistem adsorpsi. Ini karena karbon aktif memiliki luas permukaan yang besar dan daya adsorpsi yang tinggi sehingga pemanfaatannya dapat optimal. Karbon aktif yang baik harus

memiliki luas permukaan yang besar sehingga daya adsorpsinya juga besar (Prabowo, 2009). Luas permukaan karbon aktif umumnya berkisar antara 300-3000 m²/g dan ini terkait dengan struktur pori pada karbon aktif tersebut.

Adsorpsi adalah proses pengumpulan substansi terlarut (*soluble*) yang ada dalam larutan oleh permukaan benda penyerap dimana terjadi suatu ikatan kimia fisika antara substansi dan penyerapnya (Reynold, 1982). Pada umumnya adsorpsi zat cair dengan adsorben karbon digunakan untuk pemucatan warna, pemurnian air, larutan dan lain – lain. Eckenfelder (2000) menyebutkan bahwa adsorpsi zat cair dengan adsorben karbon digunakan untuk menghilangkan bau, rasa, dan warna pada air. Aplikasi pada industri lebih spesifik antara lain pemucatan warna pada limbah pabrik gula, penyisihan kontaminan sulfur, fenol, dan hidrokarbon dari limbah cair.

Istilah karbon aktif dalam pengertian umum adalah suatu karbon yang mampu mengadsorpsi baik dalam fase cair maupun dalam fase gas. Bahan baku yang berasal dari hewan, tumbuh – tumbuhan, limbah ataupun mineral yang mengandung karbon dapat diubah menjadi arang aktif antara lain tulang, kayu lunak, sekam, tongkol jagung, tempurung kelapa, sabut kelapa, ampas penggilingan tebu, ampas pembuatan kertas, serbuk gergaji, kayu keras, dan batubara (Sembiring dan Sinaga, 2003). Kandungan karbon setelah dikarbonisasi identik dengan berat arang (Warjinati dan Agra dalam Trihendardi, 1997).

Karbon aktif adalah material berpori dengan kandungan karbon 87% -97% dan sisanya berupa hidrogen, oksigen, sulfur, dan material lain. Karbon aktif merupakan karbon yang telah diaktivasi sehingga terjadi pengembangan struktur pori yang bergantung pada metode aktivasi yang digunakan. Struktur pori menyebabkan ukuran molekul teradsorpsi terbatas, sedangkan bila ukuran partikel tidak masalah, kuantitas bahan yang diserap dibatasi oleh luas permukaan karbon aktif (Austin, 1996).

Di negara tropis masih dijumpai arang yang dihasilkan secara tradisional yaitu dengan menggunakan drum atau lubang dalam tanah, dengan tahap pengolahan sebagai berikut: bahan yang akan dibakar dimasukkan dalam lubang atau drum yang terbuat dari plat besi. Kemudian dinyalakan sehingga bahan baku

tersebut terbakar, pada saat pembakaran, drum atau lubang ditutup sehingga hanya ventilasi yang dibiarkan terbuka. Ini bertujuan sebagai jalan keluarnya asap. Ketika asap yang keluar berwarna kebiru-biruan, ventilasi ditutup dan dibiarkan selama kurang lebih kurang 8 jam atau satu malam. Dengan hati-hati lubang atau dibuka dan dicek apakah masih ada bara yang menyala. Jika masih ada yang atau drum ditutup kembali. Tidak dibenarkan menggunakan air untuk mematikan bara yang sedang menyala, karena dapat menurunkan kualitas arang.

Karbon aktif memiliki banyak fungsi. Misalnya pada proses pengolahan air, karbon aktif berfungsi untuk menghilangkan polutan seperti seng, timbal, kuprum, krom, besi, timbal, dan amonia (Murti, 2008; Juniordkk, 2009; Prabowo, 2009; Liendendkk, 2010). Karbon aktif juga berfungsi dalam pemurnian gas seperti dengan cara desulfurisasi dan menyerap gas beracun dan busuk. Selain itu, karbon aktif juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan gas hidrogen dan gas metana (*adsorptive gas storage*).

2.2.1 Jenis-jenis Karbon Aktif

Berdasarkan penggunaannya, karbon aktif terbagi menjadi 2 jenis yaitu karbon aktif untuk fasa cair dan karbon aktif untuk fasa uap.

• Karbon aktif untuk fasa cair

Karbon aktif untuk fasa cair biasanya berbentuk serbuk. Karbon aktif untuk fasa cair biasanya dibuat dari bahan yang memiliki berat jenis rendah seperti kayu, batubara lignit, dan bahan yang mengandung lignin seperti limbah hasil pertanian. Karbon aktif jenis ini banyak digunakan untuk pemurnian larutan dan penghilangan rasa dan bau pada zat cair misalnya untuk penghilangan polutan berbahaya seperti gas amonia dan logam berbahaya pada proses pengolahan air.

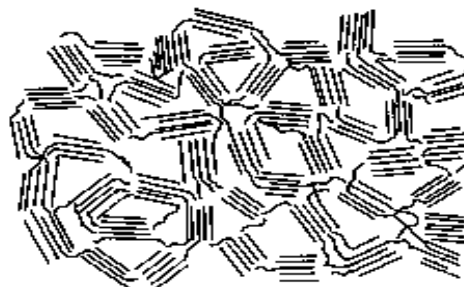
• Karbon aktif untuk fasa uap

Karbon aktif untuk fasa uap biasanya berbentuk butiran/granular. Karbon aktif jenis ini biasanya dibuat dari bahan yang memiliki berat jenis lebih besar seperti tempurung kelapa, batubara, dan residu minyak bumi. Karbon aktif jenis ini digunakan dalam adsorpsi gas dan uap misalnya adsorpsi emisi gas hasil pembakaran bahan bakar pada kendaraan seperti CO dan NOx. Pernyataan mengenai bahan baku yang digunakan dalam pembuatan karbon aktif untuk

masing- masing jenis yang telah disebutkan bukan merupakan suatu keharusan, karena ada karbon aktif untuk fasa cair yang dibuat dari bahan yang mempunyai densitas besar, seperti tulang. Kemudian dibuat dalam bentuk granular dan digunakan sebagai pemucat larutan gula. Begitu pula dengan karbon aktif yang digunakan untuk fasa uap dapat diperoleh dari bahan yang memiliki densitas kecil, seperti serbuk gergaji (Sembiring,2003).

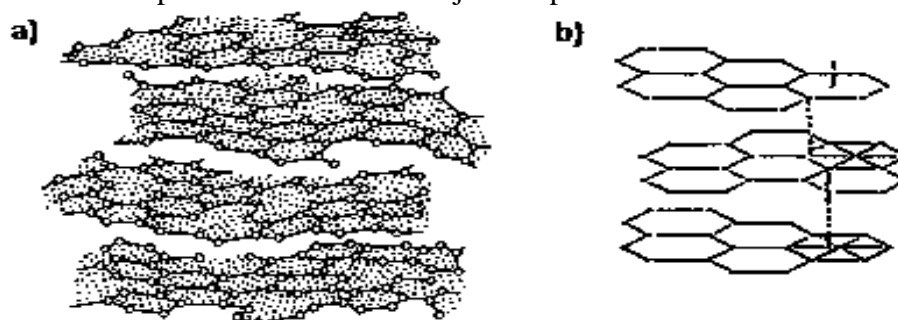
2.2.2 Struktur Fisik Karbon Aktif

Struktur dasar karbon aktif berupa struktur kristalin yang sangat kecil (mikrokristalin). Karbon aktif memiliki bentuk amorf yang tersusun atas lapisan bidang datar dimana atom-atom karbon tersusun dan terikat secara kovalen dalam tatanan atom-atom heksagonal. Gambar 2.2 menunjukkan skema struktur karbon aktif. Setiap garis pada Gambar 2.2 menunjukkan lapisan atom-atom karbon yang berbentuk heksagonal dan adanya mikrokristalin dengan struktur grafit pada Karbon aktif (Sudibandriyo, 2003).



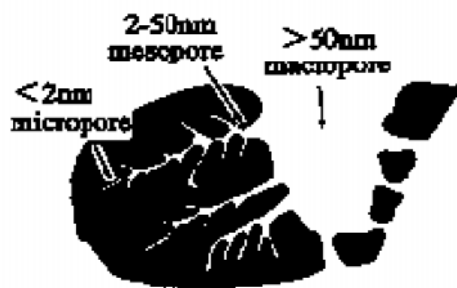
Gambar 2.2. Ilustrasi Skema Struktur Karbon Aktif (Sudibandriyo, 2003)

Adanya lapisan atom-atom karbon yang berbentuk heksagonal dan adanya mikrokristalin pada karbon aktif ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Lapisan Atom Karbon Heksagonal (a) dan Struktur Mikrokristalin Karbon Aktif (b) (Sudibandriyo, 2003; Pujiyanto, 2010)

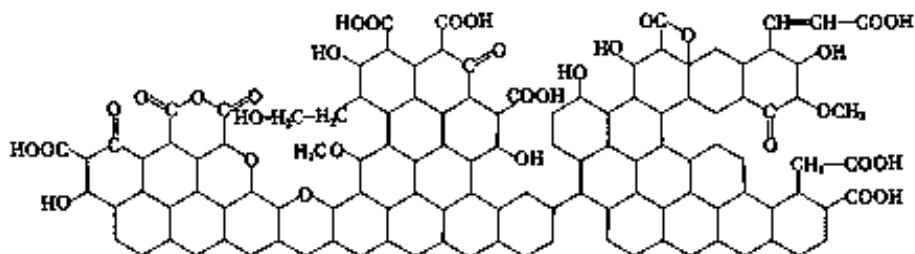
Umumnya karbon aktif berbentuk granular (butiran) dan serbuk. Karbon aktif berbentuk serbuk halus memiliki distribusi ukuran partikel 5-10 μm . Sedangkan karbon aktif berbentuk granular memiliki ukuran 0,8-1,2 mm. Porositas karbon aktif terbentuk pada saat proses karbonisasi. Pada karbon aktif terdapat 3 ukuran pori, yaitu mikropori ($< 2 \text{ nm}$), mesopori (2 nm– 50 nm), dan makropori ($> 50 \text{ nm}$) (Marsh, 2006). Selain itu, lebih jauh terdapat pula ukuran supermikropori (0,7 nm – 2 nm) dan ultramikropori ($< 0,7 \text{ nm}$). Gambar 2.4 menunjukkan skema struktur pori pada karbon aktif.



Gambar 2.4. Skema Struktur Pori Karbon Aktif (Manocha, 2003)

2.2.3 Struktur Kimia Karbon Aktif

Selain terdiri dari atom karbon, karbon aktif mengandung sejumlah kecil hidrogen dan oksigen yang terikat pada gugus fungsi misalnya karboksil, fenol, dan eter. Gugus fungsi ini dapat berasal dari bahan baku karbon aktif. Selain itu, gugus fungsi pada karbon aktif juga terbentuk selama proses aktivasi oleh karena adanya interaksi radikal bebas permukaan karbon dengan oksigen atau nitrogen yang berasal dari atmosfer. Gugus fungsi ini menjadikan permukaan karbon aktif reaktif secara kimia dan dapat mempengaruhi sifat adsorpsinya (Murti, 2008). Ilustrasi struktur kimia karbon aktif dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Ilustrasi Struktur Kimia Karbon Aktif (Sudibandriyo, 2003)

2.3 Proses Pembuatan Karbon Aktif

Secara umum, proses pembuatan karbon aktif terdiri dari 3 tahap yaitu dehidrasi, karbonisasi, dan aktivasi.

2.3.1 Dehidrasi

Dehidrasi adalah proses penghilangan kandungan air yang terdapat dalam bahan baku karbon aktif dengan tujuan untuk menyempurnakan proses karbonisasi dan dilakukan dengan cara menjemur bahan baku di bawah sinar matahari atau memanaskannya dalam oven.

2.3.2 Proses Karbonisasi

Karbonisasi merupakan proses pemecahan atau peruraian selulosa menjadi karbon pada suhu sekitar 275°C. (Taufik, 2001)

Tujuan dari dilakukannya proses karbonisasi adalah untuk menghilangkan senyawa-senyawa yang mudah menguap dalam bentuk unsur-unsur non karbon, hidrogen, dan oksigen.

Karbonisasi adalah proses pembakaran material organik pada bahan baku. Karbonisasi akan menyebabkan terjadinya dekomposisi material organik bahan baku dan pengeluaran pengotor. Sebagian besar unsur non-karbon akan hilang pada tahap ini. Pelepasan unsur-unsur yang volatil ini akan membuat struktur pori-pori mulai terbentuk/pori-pori mulai terbuka. Seiring karbonisasi, struktur pori awal akan berubah.

Karbonisasi dihentikan bila tidak mengeluarkan asap lagi. Penambahan suhu memang diperlukan untuk mempercepat reaksi pembentukan pori. Namun, pembatasan suhu pun harus dilakukan. Suhu yang terlalu tinggi, seperti di atas 1000 akan mengakibatkan banyaknya abu yang terbentuk sehingga dapat menutupi pori-pori dan membuat luas permukaan berkurang serta daya adsorpsinya menurun.

2.3.2.1 Faktor-faktor yang mempengaruhi proses karbonisasi :

1. Waktu karbonisasi

Bila waktu karbonisasi diperpanjang maka reaksi pirolisis akan semakin sempurna sehingga hasil arang semakin turun tetapi cairan dan gas makin

meningkat. Waktu karbonisasi berbeda-beda tergantung pada jenis-jenis dan jumlah bahan yang diolah.

2. Suhu karbonisasi

Suhu karbonisasi yang berpengaruh terhadap hasil arang karena semakin tinggi suhu, arang yang diperoleh makin berkurang tapi hasil cairan dan gas semakin meningkat.

2.3.3 Proses Aktivasi

Aktivasi adalah perubahan secara fisik diamna luas permukaan dari karbon meningkat dengan tajam dikarenakan terjadinya penghilangan senyawa tar dan senyawa sisa-sisa pengarangan. Daya serap karbon aktif akan semakin kuat bersamaan dengan meningkatnya konsentrasi dari aktivator yang ditambahkan. Hal ini memberikan pengaruh yang kuat untuk mengikat senyawa-senyawa tar keluar melewati mikro pori-pori dari karbon aktif sehingga permukaan dari karbon aktif tersebut akan semakin luas yang mengakibatkan semakin besar pula daya serap karbon aktif tersebut (Taufik, 2001). Tujuan dilakukannya proses aktivasi adalah untuk meningkatkan keaktifan dengan adsorpsi karbon dengan cara menghilangkan senyawa karbon pada permukaan karbon yang tidak dapat dihilangkan pada proses karbonisasi.

Proses aktivasi merupakan hal yang penting diperhatikan disamping bahan baku yang digunakan. Yang dimaksud dengan aktivasi adalah suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul – molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi. Metode aktivasi yang umum digunakan dalam pembuatan arang aktif adalah:

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. 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 campuran bahan kimia, diberikan aktivasi kedua dengan uap untuk memberikan sifat fisika tertentu.

Dengan bertambah lamanya destilasi serta bertambah tingginya temperatur destilasi, mengakibatkan jumlah arang yang dihasilkan semakin kecil, sedangkan destilasi dan daya serap makin besar. Meskipun dengan semakin bertambahnya temperatur destilasi, daya serap arang aktif semakin baik, masih diperlukan pembatasan temperatur yaitu tidak melebihi 1000°C, karena banyak terbentuk abu sehingga menutupi pori-pori yang berfungsi untuk mengadsorpsi. Sebagai akibatnya daya serap arang aktif akan menurun. Selanjutnya campuran arang dan aktivator dipanaskan pada temperatur dan waktu tertentu. Hasil yang diperoleh, diuji daya serapnya terhadap larutan Iodium.

Pada aktivasi fisika, terjadi pengurangan massa karbon dalam jumlah yang besar karena adanya pembentukan struktur karbon. Namun, pada aktivasi fisika seringkali terjadi kelebihan oksidasi eksternal sewaktu gas pengoksidasi berdifusi

pada karbon sehingga terjadi pengurangan ukuran adsorben. Selain itu, reaksi sulit untuk dikontrol.

Menurut **SII No.0258 -79**, karbon aktif yang baik mempunyai persyaratan seperti yang tercantum pada tabel berikut ini:

**Tabel 2.1 Spesifikasi karbon aktif
Standar Industri Indonesia (SII No.0258-79) syarat mutu arang aktif**

Uraian	Satuan	Persyaratan	
		Butiran	Serbuk
Bagian yang hilang pada pemanasan 950	%	Maks 15	Maks 25
Air	%	Maks 4,4	Maks 15
Abu	%	Maks 2,5	Maks 10
Daya serap terhadap I2	Mg/g	Min 750	Min 750
Karbon aktif murni	%	Min 80	Min 65
Daya serap terhadap benzene	%	Min 25	-
Daya serap terhadap methylene blue	Mg/g	Min 60	Min 120
Kerapatan jenis curah	-	0,45-0,55	0,30-0,35
Lolos ukuran mesh 325	%	-	Min 90
Jarak mesh	%	90	-
Kekerasan	%	80	-

Sumber : Standar Industri Indonesia, Mutu dan Cara uji Karbon Aktif

2.3.3.1 Faktor-faktor yang mempengaruhi proses aktivasi :

1. Waktu perendaman

Perendaman dengan bahan aktivasi ini dimaksudkan untuk menghilangkan atau membatasi pembentukan lignin, karena adanya lignin dapat membentuk senyawa tar.

2. Konsentrasi aktivator

Semakin tinggi konsentrasi larutan kimia aktivasi maka semakin kuat pengaruh larutan tersebut mengikat senyawa-senyawa tar sisa karbonisasi untuk keluar melewati mikro pori-pori dari karbon sehingga permukaan karbon semakin porous yang mengakibatkan semakin besar daya adsorpsi karbon aktif tersebut.

2.4 Kegunaan Arang Aktif

Arang aktif banyak digunakan oleh berbagai kalangan industri. Hampir 60% produksi arang aktif di dunia ini dimanfaatkan oleh industri-industri gula, pembersihan minyak dan lemak, kimia dan farmasi, juga sebagai penjernih air.

Adapun kegunaan arang aktif secara umum adalah sebagai berikut:

1. Industri obat dan makanan untuk menyaring dan menghilangkan bau dan rasa pada obat dan makanan.
2. Industri gula untuk penghilangan zat-zat warna dan menyerap proses penyaringan menjadi lebih sempurna.
3. Industri minuman keras dan ringan untuk menghilangkan bau dan warna pada minuman.
4. Pembersih air untuk penghilangan bau, warna dan resin.
5. Katalisator untuk reaksi katalisator *vinil chloride* dan *vinil acetate*.
6. Budi daya udang untuk pemurnian, penghilangan amonia dan logam berat.
7. Kimia perminyakan untuk penyulingan bahan mentah.
8. Pemurnian gas untuk menghilangkan sulfur, gas beracun dan bau asap.

9. Pelarut yang digunakan kembali untuk penarikan kembali berbagai pelarut.
10. Pengolahan pupuk untuk pemurnian dan penghilangan bau.

2.5 Penggunaan Arang Aktif

Hampir 60% produksi arang aktif di dunia digunakan pada industri-industri gula dan pembersih minyak dan lemak, kimia dan farmasi. Penggunaan arang aktif secara umum dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Industri Gula

Pemakaian arang aktif pada industri gula dimulai pada tahun 1974 di Inggris. Selain itu menghilangkan zat-zat warna, arang aktif juga dapat menyerap senyawa-senyawa nitrogen, sehingga proses penyaringan menjadi lebih sempurna. Basa yang timbul pada proses penguapan akan berkurang serta akan mempercepat proses kristalisasi. Pada industri gula bit dan glukosa, ternyata pemakaian arang aktif memberikan hasil lebih memuaskan dan operasionalnya lebih fleksibel.

2. Industri Minyak dan Lemak

Pada pengolahan minyak nabati, hasil yang lebih ekonomis akan diperoleh bila pada proses pemurniannya digunakan campuran arang aktif. Dalam hal ini fungsi arang aktif adalah menghilangkan zat-zat warna dan feroksid. Untuk minyak yang mengalami hidrolisa, pemakaian arang aktif berfungsi untuk menghilangkan katalis yang masih tersisa pada minyak. Pada umumnya pemurnian dengan arang aktif dilaksanakan pada temperatur 70 – 120 °C.

3. Industri Kimia dan Farmasi

Arang aktif digunakan untuk menyerap kotoran-kotoran yang tidak diinginkan yang berupa koloid, arang aktif dapat juga berfungsi sebagai filter sehingga proses kristalisasi dapat dipercepat. Penggunaan karbon aktif dalam industri kimia dan farmasi sering dijumpai dalam pembuatan kafein, asam sitrat, gliserin, asam laktat, dan antibiotika penisilin dan streptomysin.

4. Penjernih Air

Pemakaian klorin sebagai disinfektan pada penjernih air akan menimbulkan bau dan rasa yang tidak enak, ini ditimbulkan oleh reaksi antara klorin dengan mikro organisme. Untuk mencegah hal ini maka pada tahapan proses yang terakhir dapat digunakan karbon aktif sebagai adsorben dari reaksi yang ditimbulkan klorin dengan mikro organisme. (Sihite, 2003)

2.6 Serbuk Kayu Gergaji

Serbuk gergaji kayu sebenarnya memiliki sifat yang sama dengan kayu, hanya saja wujudnya yang berbeda. Kayu adalah sesuatu bahan yang diperoleh dari hasil pemotongan pohon – pohon di hutan, yang merupakan bagian dari pohon tersebut dan dilakukan pemungutan, setelah diperhitungkan bagian – bagian mana yang lebih banyak dapat dimanfaatkan untuk sesuatu tujuan penggunaan.

Tanaman kayu dapat diklasifikasikan dalam dua kelompok besar yaitu kelompok Gymnasporea, yaitu yang biasa dikenal dengan Softwood dan kelompok angiospora yang dikenal dengan *Hardwood* (Windyasari, 2004).

Sejauh ini limbah biomassa dari industri tersebut telah dimanfaatkan kembali dalam proses pengolahannya sebagai bahan bakar guna melengkapi kebutuhan energinya. Kenyataannya, saat ini masih ada limbah penggergajian kayu yang ditimbun dan sebagian dibuang ke aliran sungai atau dibakar secara langsung. Produksi total kayu gergajian Indonesia mencapai 2,6 juta meter kubik dalam 1 tahun, dengan asumsi bahwa jumlah limbah yang terbentuk 54,24 % dari produksi total. Oleh karena itu, maka dihasilkan limbah penggergajian kayu sebanyak 1,4 juta meter kubik pertahun dan angka ini cukup besar karena mencapai sekitar separuh dari produksi kayu gergajian (Gustan Pari, 2002).

Komponen kimia didalam kayu mempunyai arti yang penting, karena dapat menentukan kegunaan jenis kayu.

Tabel 2. Komposisi Serbuk Kayu Gergaji (Bambang Trihadi, 2003)

Parameter	% Persentase
Karbon	50 %
Hidrogen	6 %,

Nitrogen	0,04 - 0,10 %,
Abu	0,20 – 0,50 %,
Oksigen	Sisanya

Komponen kimia kayu sangat bervariasi, karena dipengaruhi oleh faktor tumbuh, iklim dan letaknya didalam batang atau cabang, dan serbuk gergaji kayu mempunyai nilai kalor 4.046 kal / gram (Prasetyo, 2000).

2.6.1 Pemanfaatan Limbah Kayu

Limbah serbuk gergaji kayu menimbulkan masalah dalam penanganannya yaitu dibiarkan membusuk, ditumpuk, dan dibakar yang semuanya berdampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu, penanggulangannya perlu dipikirkan. Salah satu jalan yang dapat ditempuh adalah memanfaatkannya menjadi produk yang bernilai tambah dengan teknologi aplikatif dan kerakyatan, sehingga hasilnya mudah disosialisasikan kepada masyarakat.

Teknologi alternatif untuk memanfaatkan limbah biomassa ini, diantaranya adalah teknologi pembuatan arang aktif, briket arang, serat karbon, dan arang kompos. Komponen kimia didalam kayu mempunyai arti yang penting, karena dapat menentukan kegunaan jenis kayu. Komposisi kayu adalah karbon 50%, hidrogen 6%, nitrogen 0,04 – 0,10%, abu 0,20 – 0,50%, dan sisanya adalah oksigen (Bambang Trihadi, 2003).

1. Arang Sales dan Arang Bongkah

Khusus untuk pembuatan arang dari serbuk gergajian kayu, teknologi yang digunakan berbeda dengan cara pembuatan arang sistem timbun dan kiln bata. Teknologi yang digunakan dengan konstruksi yang dibuat dari plat besi siku yang dapat dibongkar pasang dan ditutup dengan seng lembar. Dalam 1 hari dapat mengarangkan serbuk sebanyak 150 – 200 kg yang menghasilkan rendemen arang antara 20-24%. Arang serbuk gergajian yang dihasilkan dapat dibuat dan diolah lebih dahulu menjadi briket arang, arang aktif dan sebagai media semai tanaman.

2. Arang aktif

Arang aktif adalah arang yang diolah lebih lanjut pada suhu tinggi sehingga pori-porinya terbuka dan dapat digunakan sebagai bahan adsorben. Proses pembuatannya dengan cara oksidasi gas pada suhu tinggi dan kombinasi antara cara kimia dengan menggunakan H_3PO_4 sebagai bahan pengaktif dan oksida gas.

Sebuah hasil penemuan Pari (1996), menyimpulkan bahwa arang aktif dari serbuk gergajian sengon yang dibuat secara kimia dapat digunakan untuk menarik logam Zn, Fe, Cl, Mn, dan SO_4 yang terdapat dalam air sumur yang terkontaminasi dan juga dapat digunakan untuk menjernihkan air limbah industri pulp/kertas. Arang aktif yang diaktivasi dengan bahan pengaktif NH_4HCO_3 menghasilkan arang aktif yang memenuhi standar Jepang dengan daya serap yodium lebih dari 1050 mg/g rendemen arang aktifnya sebesar 38,5%. (Pari, 1999)

2.7 Serabut Kelapa

Buah kelapa terdiri dari epicarp yaitu bagian luar yang permukaannya licin, agak keras dan tebalnya $\pm 0,7$ mm, mesocarp yaitu bagian tengah yang disebut sabut, bagian ini terdiri dari serat keras yang tebalnya 3–5 cm, endocarp yaitu tempurung tebalnya 3–6 mm. Sabut merupakan bagian tengah (mesocarp) epicarp dan endocarp.

Sabut kelapa merupakan bagian terluar buah kelapa. Ketebalan sabut kelapa berkisar 5-6 cm yang terdiri atas lapisan terluar (exocarpium) dan lapisan dalam (endocarpium). Endocarpium mengandung serat halus sebagai bahan pembuat tali, karpet, sikat, keset, isolator panas dan suara, filter, bahan pengisi jok kursi/mobil dan papan hardboard. Satu butir buah kelapa menghasilkan 0,4 kg sabut yang mengandung 30% serat.

Sabut kelapa merupakan bagian yang cukup besar dari buah kelapa yaitu 35% dari berat keseluruhan buah. Sabut kelapa terdiri dari serat dan gabus yang menghubungkan satu serat dengan serat lainnya. Serat adalah bagian yang berharga dari sabut. Setiap butir kelapa mengandung serat 525 gram (75% dari

sabut), dan gabus 175 gram (25% dari sabut). Potensi penggunaan serat sabut kelapa sebagai biosorben untuk menghilangkan logam berat dari perairan cukup tinggi. Berikut tabel komposisi serat sabut kelapa.

Tabel 2.3 Komposisi Serat Sabut Kelapa

Parameter	Persentase (%)
Lignin	35-45%
Selulosa	23-43%

Sumber : Carrijo, et al, 2002

Serat sabut kelapa sangat berpotensi sebagai biosorben karena mengandung selulosa yang di dalam struktur molekulnya mengandung asam phenolat yang ikut ambil bagian dalam pengikatan senyawa-senyawa seperti logam. (Pino, et, al 2005)

Pemanfaatannya dijadikan serbuk sabut sebagai media tanam, kompos dan sabut kelapa yang telah dibuang gabusnya merupakan serat alami yang berharga mahal untuk pelapis jok dan kursi serta untuk pembuatan tali, dan dapat pula diolah menjadi bahan pembuatan karbon aktif.

Komposisi kimia sabut kelapa mengandung lignoselulosa. Lignoselulosa merupakan unsur yang banyak mengandung karbon. Lignoselulosa terdiri dari lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Material yang mengandung lignin memiliki kandungan karbon sekitar 35% - 40%, densitas yang rendah sekitar 0,3 kg/m³-0,4 kg/m³, dan kandungan abu yang sangat sedikit (Manocha, 2003). terdiri atas selulosa, lignin, pyroligneous acid, gas, arang, ter, tannin, dan potasium.

Dilihat sifat fisisnya sabut kelapa terdiri dari :

- a. Seratnya terdiri dari serat kasar dan halus dan tidak kaku.
- b. Mutu serat ditentukan dari warna dan ketebalan.
- c. Mengandung unsur kayu seperti lignin, suberin, kutin, tannin dan zat lilin.

Dari sifat mekanik nya :

- a. Kekuatan tarik dari serat kasar dan halus berbeda.
- b. Mudah rapuh.
- c. Bersifat lentur.

Untuk jenis serat sabut siwalan banyak mengandung bahan–bahan berbagai jenis polisakarida, misalnya selulosa, hemiselulosa, lignin, karbohidrat, air dan abu. Komposisi serat sabut buah siwalan kering adalah selulosa 88,80 %, air 5,80 %, karbohidrat 3,70 % dan abu 1,6 % (Pristiano, 2004).

2.7.1 Morfologis Serat Sabut Kelapa

Uji morfologis bertujuan untuk mengetahui dimensi serat dan turunannya. Pengujian yang dilakukan oleh Sunariyo, (2008) dihasilkan sebagai berikut :

Tabel 2.3 Morfologis Serat Sabut Kelapa
Parameter Hasil Uji Satuan

Komposisi (%)

Panjang Serat Minimal	0.37 μ m
Panjang Serat Maksimal	2.49 μ m
Panjang Serat Rata-rata	1.20 μ m
Diamater Luar (D)	23.23 μ m
Diameter dalam (l)	13.26 μ m
Tebal Dinding (W)	4.99 μ m
Bilangan Runkel (2xW/l)	0.75 μ m
Kelangsingan(LD)x1000	55.53 μ m
Kekakuan (W/D)	0.21 μ m
Kelenturan (l/D)	0.57 μ m
Muhisiepratio($D^2 - l^2 / D^2 \times 100$)	67.42 μ m

Sumber: Sunario, 2008 dalam (Laboratorium Balai Besar Pulp dan Kertas)

2.8 Kandungan Lignin pada Serat Sabut Kelapa dan Serbuk Kayu Gergaji

Lignin adalah senyawa polimer tinggi tidak mempunyai bentuk terdapat pada tanaman kayu. Struktur lignin yang sangat kompleks ini pada dasarnya terdiri dari phenil propana. Pada lingkungan asam lignin mempunyai sifat dapat terkondensasi dan pada suhu tinggi sekitar 160 terjadi hidrolisa dari beberapa ikatan dalam lignin pada *hardwood* + 21 % dan pada *softwood* + 25%.Lignin

bukan merupakan bahan baku kertas, tetapi salah satu penyusun utama dalam serat yang merupakan polymer kompleks yang dibentuk dari unit hydroxyphenylpropane dan phenol dengan kadar 20 - 35%. Kemungkinan adanya ikatan - ikatan kovalen antara lignin dan karbohidrat telah dipelajari secara intensif. Ikatan yang terjadi antara lignin dan sellulosa dapat berupa ester atau eter dan di mungkinkan pula berupa ikatan glikoksida. Karena susunannya kompleks, maka sampai sekarang rumus kimia lignin belum diketahui dengan pasti (Sjostrom, 1995)