

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan senyawa *amorf* yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau arang yang diperlakukan secara khusus untuk mendapatkan daya adsorpsi yang tinggi. 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, 2008)

Dalam satu gram karbon aktif, pada umumnya memiliki permukaan seluas 500-1500 m², 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 akan menjadi jenuh dan tidak aktif lagi. Oleh karena itu biasanya karbon aktif dikemas dalam kemasan kedap udara.

Ada tiga jenis karbon aktif yang banyak dipasarkan yaitu:

1. bentuk serbuk

Karbon aktif berbentuk serbuk dengan ukuran lebih kecil dari 0,18mm. terutama digunakan pada industri pengolahan air minum, industri farmasi, terutama untuk pemurnian *monosodium glutamate*, bahan tambahan makanan, penghilang warna asam furan, pengolahan pemurnian jus buah, penghalus gula, pemurnian asam sitrat, asam tartarik, pemurnian *glukosa* dan pengolahan zat pewarna kadar tinggi.



Sumber : Ady Saputro, 2011

Gambar 1. Karbon aktif bentuk serbuk

2. bentuk granular

Karbon aktif bentuk granular/ tidak beraturan dengan ukuran 0,2-5 mm. jenis ini umumnya digunakan dalam aplikasi fasa cair dan gas. Beberapa aplikasi dari jenis ini digunakan untuk : pemurnian emas, pengolahan air, air limbah dan air tanah, pemurni pelarut dan penghilang bau busuk.



Sumber: Ady Saputro, 2011

Gambar 2. Karbon aktif bentuk granular

3. bentuk pellet

Karbon aktif berbentuk pellet dengan diameter 0,8-5 mm. kegunaan utamanya adalah untuk aplikasi fasa gas karena mempunyai tekanan rendah, kekuatan mekanik tinggi dan kadar abu rendah. Digunakan untuk pemurnian udara, kontrol emisi, tromol otomotif, penghilang bau kotoran dan pengontrol emisi pada gas buang.



Sumber: Ady Saputro, 2011

Gambar 3. Karbon aktif bentuk pellet

2.1.1 Sifat karbon aktif

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. Syarat Mutu karbon aktif dapat dilihat pada tabel 1. berikut ini

Tabel 1. Syarat Mutu Karbon Aktif SNI 06 – 3730 – 1995

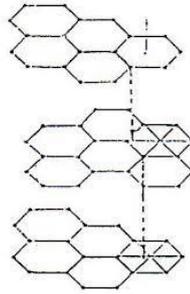
No.	Uraian	Satuan	Persyaratan	
			Butiran	Serbuk
1	Bagian yang hilang pada pemanasan 950 °C	%	Max 15	Max 25
2	Kadar air	%	Max 4,5	Max 15
3	Kadar abu	%	Max 2,5	Max 10
4	Daya serap terhadap larutan I ₂	mg/gram	Min 750	Min 750
5	Karbon aktif murni	%	Min 80	Min 65

(Sumber : Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah, LIPI 1997)

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, 2006).

2.1.2 Struktur Fisika dan Kimia Karbon Aktif

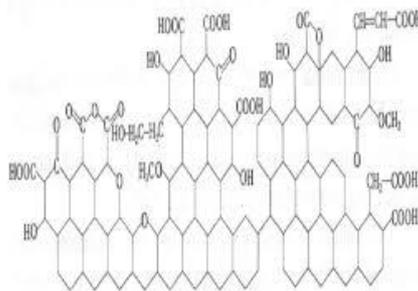
Karbon aktif mempunyai bentuk yang amorf yang terdiri dari pelat-pelat datar di mana atom-atom karbonnya tersusun dan terikat secara kovalen dalam kisi heksagonal. Hal tersebut telah dibuktikan dengan penelitian menggunakan sinar-X yang menunjukkan adanya bentuk-bentuk kristalin yang sangat kecil dengan struktur grafit.



(Sumber: Sontheimer, 1985)

Gambar 4. Struktur fisika karbon aktif

Selain mengandung karbon, karbon aktif juga mengandung sejumlah kecil hidrogen dan oksigen yang secara kimiawi terikat dalam berbagai gugus fungsi seperti karbonil, karboksil, fenol, *lakton*, *quinon*, dan gugus-gugus eter. Gugus fungsional dibentuk selama proses aktivasi oleh interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen. Gugus fungsional ini membuat permukaan karbon aktif reaktif secara kimiawi dan mempengaruhi sifat adsorbsinya. Ilustrasi struktur kimia karbon aktif dengan gugus fungsionalnya dapat dilihat pada Gambar 5 berikut:



(Sumber : Sudibandriyo, 2003)

Gambar 5. Struktur kimia karbon aktif

2.1.3 Proses Pembuatan Karbon Aktif

Secara umum proses pembuatan karbon aktif terdiri dari tiga tahap yaitu:

1. Dehidrasi

Dehidrasi ialah proses penghilangan kandungan air didalam bahan baku dengan cara pemanasan didalam oven dengan temperatur 170 °C. 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 °C (Cerny, 1970).

2. Karbonisasi

Karbonisasi adalah suatu proses dimana unsur-unsur oksigen dan hidrogen dihilangkan dari karbon dan akan menghasilkan rangka karbon yang memiliki struktur tertentu. Hesseler berpendapat bahwa untuk menghasilkan arang yang sesuai untuk dijadikan karbon aktif, karbonisasi dilakukan pada temperatur lebih dari 400 °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.

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, 1951).

3. Aktivasi

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 (Sembiring, 2003).

Produk dari karbonisasi tidak dapat diaplikasikan sebagai adsorben (karena struktur porusnya tidak berkembang) tanpa adanya tambahan aktivasi. Dasar metode aktivasi terdiri dari perawatan dengan gas pengoksidasi pada temperatur tinggi. Proses aktivasi menghasilkan karbon oksida yang tersebar dalam

permukaan karbon karena adanya reaksi antara karbon dengan zat pengoksidasi (Kinoshita, 1988).

Tujuan utama dari proses aktivasi adalah menambah atau mengembangkan volume pori dan memperbesar diameter pori yang telah terbentuk pada proses karbonisasi serta untuk membuat beberapa pori baru. 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. 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*), CO₂ dan N₂. sedangkan pada aktivasi kimia, digunakan aktivator yang berperan penting untuk meningkatkan luas permukaan adsorben dengan cara menngusir senyawa non karbon dari pori-pori. (Hassler, 1951).

Aktivasi karbon aktif dapat dilakukan melalui 2 cara, yakni aktivasi secara kimia dan aktivasi secara fisika (Kinoshita, 1988).

1. Aktivasi Secara Kimia

Aktivasi kimia merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakian bahan-bahan kimia (Sembiring, 2003). Aktivasi secara

kimia biasanya menggunakan bahan-bahan pengaktif seperti garam kalsium klorida (CaCl_2), magnesium klorida (MgCl_2), seng klorida (ZnCl_2), natrium hidroksida (NaOH), natrium karbonat (Na_2CO_3) dan natrium klorida (NaCl). Selain garam mineral biasanya digunakan ialah berbagai asam dan basa organik seperti asam sulfat (H_2SO_4), asam klorida (HCl), asam hipoklorit (H_3PO_4), kalium hidroksida (KOH), dan natrium hidroksida (NaOH).

Kerugian penggunaan bahan-bahan mineral sebagai pengaktif terletak pada proses pencucian bahan-bahan mineral tersebut kadang-kadang sulit dihilangkan lagi dengan pencucian (Jankowska, 1991). Sedangkan keuntungan penggunaan bahan-bahan mineral sebagai pengaktif adalah waktu aktivasi yang relatif pendek, karbon aktif yang dihasilkan lebih banyak dan daya adsorpsi terhadap suatu adsorbat akan lebih baik (Jankowska, 1991).

Bahan-bahan pengaktif tersebut berfungsi untuk mendegradasi atau penghidrasi molekul organik selama proses karbonisasi, membatasi pembentukan tar, membantu dekomposisi senyawa organik pada aktivasi berikutnya, dehidrasi air yang terjebak dalam rongga-rongga karbon, membantu menghilangkan endapan hidrokarbon yang dihasilkan saat proses karbonisasi dan melindungi permukaan karbon sehingga kemungkinan terjadinya oksidasi dapat dikurangi (Manocha, 2003).

2. Aktivasi Secara Fisika

Aktivasi fisika merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO_2 (Sembiring, 2003). Metode aktivasi secara fisika antara lain dengan menggunakan uap air, gas karbon dioksida, oksigen, dan nitrogen. Gas-gas tersebut berfungsi untuk mengembangkan struktur rongga yang ada pada arang sehingga memperluas permukaannya, menghilangkan konstituen yang mudah menguap dan membuang produksi tar atau hidrokarbon-hidrokarbon pengotor pada arang.

Aktivasi fisika dapat mengubah material yang telah dikarbonisasi dalam sebuah produk yang memiliki luas permukaan yang luar biasa dan struktur pori. Tujuan dari proses ini adalah mempertinggi volume, memperluas diameter pori

yang terbentuk selama karbonisasi dan dapat menimbulkan beberapa pori yang baru. *Fluidized bed reactor* dapat digunakan untuk proses aktivasi fisika. Tipe reaktor ini telah digunakan untuk pembuatan karbon aktif dari batu (Swiatkowski, 1998).

Penggunaan gas nitrogen selama proses aktivasi karena nitrogen merupakan gas yang inert sehingga pembakaran karbon menjadi abu dan oksidasi oleh pemanasan lebih lanjut dapat dikurangi, selain itu dengan aktivasi gas akan mengembangkan struktur rongga yang ada pada arang sehingga memperluas permukaannya (Sugiharto, 1978). Kenaikan temperatur aktivasi pada kisaran 450 °C - 700 °C dapat meningkatkan luas permukaan spesifik dari karbon aktif (Raharjo, 1997).

2.1.4 Faktor yang Mempengaruhi Daya Serap Karbon Aktif

1. 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. Adsorpsi juga dipengaruhi oleh gugus fungsi, posisi gugus fungsi, ikatan rangkap, struktur rantai dari senyawa serapan.

2. 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.

3. 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.

4. Waktu Kontak

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

2.1.5 Penggunaan Karbon Aktif

Pada umumnya karbon/arang aktif digunakan sebagai bahan pembersih, dan penyerap, juga digunakan sebagai bahan pengemban katalisator. Pada industri karet ban arang aktif yang mempunyai sifat radikal dan serbuk sangat halus, digunakan sebagai bahan aditif kopolimer.

Pemakaian arang aktif pada berbagai industri diantaranya adalah:

1. Industri makanan

Untuk menyaring dan menghilangkan warna, bau, dan rasa tidak enak pada makanan.

2. Industri Pengolahan Air Minum

Untuk menghilangkan bau, warna, rasa yang tidak enak, gas-gas beracun, zat pencemar air dan sebagai pelindung resin pada pembuatan *demineralis water*.

3. Industri minuman

Menghilangkan warna, bau dan rasa yang tidak enak.

4. Industri obat

Menyaring dan menghilangkan warna dan senyawa-senyawa yang tidak diinginkan.

5. Industri Pengolahan Limbah Cair

Membersihkan air buangan dari pencemar warna, bau, zat beracun, dan logam berat. Mengambil Gas Polutan (pollutant remover): Menghilangkan gas beracun, bau busuk, asap, uap air raksa, uap benzen dan lain-lain.

6. Industri Plastik

Sebagai katalisator, pengangkut vinil klorida dan vinil asetat.

7. Industri Gas Alam Cair (LNG)

Desulfurisasi, penyaringan berbagai bahan mentah dan reaksi gas.

8. Industri Refinery

Zat perantara dan penyaringan bahan mentah.

9. Industri Pengolahan Emas dan Mineral

Pemurnian, uap merkuri dan menyerap pulutan.

10. Mendaur Ulang Pelarut

Mengambil kembali berbagai pelarut, sisa methanol, ethanol, Etil asetat dan lain-lain.

11. Industri Perikanan

Pemurnian, menghilangkan bau dan warna.

12. Industri Gula dan Glukosa

Selain menghilangkan warna, bau, dan rasa yang tidak enak, juga mempunyai kemampuan yang sangat baik untuk menyerap senyawa nitrogen dan *lyophilic koloids* yang akan membantu menyempurnakan proses penyaringan dan akan mengurangi busa yang timbul pada proses penguapan, sehingga akan mempercepat proses kristalisasi gula.

13. Industri Minyak Goreng

Karbon aktif dicampur dengan bleaching earth sangat efektif dan ekonomis untuk menghilangkan peroksida, zat warna, rasa, dan bau yang tidak enak akibat proses sponifikasi.

14. Industri Karet

Karbon aktif yang diproduksi secara khusus dari bahan minyak bumi fraksi minyak bakar akan dihasilkan karbon aktif yang mempunyai mesh halus dan memiliki komponen karbon bebas radikal sehingga dapat dipakai sebagai bahan pembuat polimer karet alam menjadi karet yang kuat dan ulet, seperti karet ban mobil, karet untuk seal dan lain-lain.

2.2 Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium hidroksida (NaOH) juga dikenal sebagai soda kaustik, soda api, atau sodium hidroksida adalah sejenis basa logam kaustik. Natrium Hidroksida terbentuk dari oksida basa Natrium Oksida dilarutkan dalam air. Natrium hidroksida membentuk larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air. Ia digunakan di berbagai macam bidang industri, kebanyakan digunakan sebagai basa dalam proses produksi bubur kayu dan kertas, tekstil, air minum, sabun dan deterjen. Natrium hidroksida adalah basa yang paling umum digunakan dalam laboratorium kimia.



Sumber : Nia Zahlia, 2011

Gambar 6. Natrium Hidroksida

Natrium hidroksida murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pelet, serpihan, butiran ataupun larutan jenuh 50% yang biasa disebut larutan Sorensen. Ia bersifat lembap cair dan secara spontan menyerap karbon dioksida dari udara bebas. Ia sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas ketika dilarutkan, karena pada proses pelarutannya dalam air bereaksi secara eksotermis. Ia juga larut dalam etanol dan metanol, walaupun kelarutan NaOH dalam kedua cairan ini lebih kecil daripada kelarutan KOH. Ia tidak larut dalam dietil eter dan pelarut non-polar lainnya. Larutan natrium hidroksida akan meninggalkan noda kuning pada kain dan kertas.

Larutan natrium hidroksida akan menyebabkan luka bakar kimia, cedera atau bekas luka permanen, dan kebutaan jika kontak langsung dengan tubuh manusia atau hewan (Faizeinstein, 2011).

Pemanfaatan NaOH pada laboratorium biasanya digunakan untuk meneralkan asam sedangkan di bidang industri untuk memurnikan minyak tanah, pembuatan sabun dan detergen, pembuatan pulp dan kertas, penetralan asam pada limbah dan membuat garam-garam natrium (Asnan Rifa'I dkk, 2014). Sifat fisik NaOH dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Sifat Fisik NaOH

Sifat Fisik	
Rumus molekul	NaOH
Massa Molar	40 g/mol
Penampilan	Berwarna putih
Densitas	2.1 g/cm ³
Titik Didih	1390 °C
Bentuk	Padatan

Sumber : Anonim, 1995

Sedangkan sifat-sifat kimia dari NaOH ialah sebagai berikut :

1. Natrium hidroksida memiliki sifat mudah menguap
2. Higroskopis yang artinya zat yang dapat menyerap air
3. Natrium hidroksida ini juga merupakan zat kimia yang mudah terionisasi
4. Larutannya merupakan elektrolit kuat karena terionisasi sempurna pada air
5. Bisa didapat dari reaksi NaOH dan HCl sehingga pHnya netral

2.3 Adsorpsi

2.3.1 Pengertian Adsorpsi

Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan suatu zat pada permukaan zat lain. Zat yang diserap disebut fase terserap (adsorbat), sedangkan zat yang menyerap disebut adsorben. Kecuali zat padat, adsorben dapat pula zat cair. Karena itu adsorpsi dapat terjadi antara : zat padat dan zat cair, zat padat dan gas, zat cair dan zat cair atau gas dan zat cair.

Adsorpsi secara umum adalah proses penggumpalan substansi terlarut yang ada dalam larutan oleh permukaan benda atau zat penyerap. Adsorpsi adalah masuknya bahan yang mengumpul dalam suatu zat padat. Keduanya sering muncul bersamaan dengan suatu proses maka ada yang menyebutnya sorpsi. Baik adsorpsi maupun absorpsi sebagai sorpsi terjadi pada tanah liat maupun padatan lainnya, namun unit operasinya dikenal sebagai adsorpsi (Giyatmi, 2008: 101). Menurut Sukardjo bahwa molekul-molekul pada permukaan zat padat atau zat cair, mempunyai gaya tarik ke arah dalam, karena tidak ada gaya-gaya yang mengimbangi. Adanya gaya-gaya ini menyebabkan zat padat dan zat cair, mempunyai gaya adsorpsi. Adsorpsi berbeda dengan absorpsi. Pada absorpsi zat yang diserap masuk ke dalam adsorben sedang pada adsorpsi, zat yang diserap hanya pada permukaan (Sukardjo, 2002).

Kebanyakan zat adsorben adalah bahan-bahan yang sangat berpori, dan adsorpsi berlangsung pada dinding pori-pori yang sangat kecil, luas permukaan dalam menjadi beberapa orde besaran lebih besar dari permukaan luar. Pemisahan terjadi karena perbedaan molekul atau karena perbedaan polaritas yang menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan yang lebih erat daripada molekul-molekul lainnya. Dalam kebanyakan hal, komponen yang diadsorpsi atau adsorbat melekat sedemikian kuat sehingga memungkinkan pemisahan komponen itu secara menyeluruh dari fluida tanpa terlalu banyak adsorpsi terhadap komponen yang lain. Regenerasi adsorben dapat dilaksanakan untuk mendapatkan adsorbat dalam bentuk terkonsentrasi atau hampir murni (Mc. Cabe, 1999).

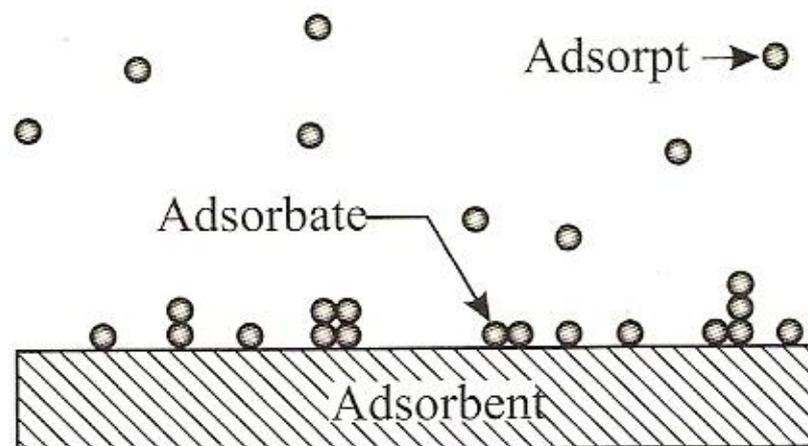
Karbon aktif yang merupakan adsorben adalah suatu padatan berpori, yang sebagian besar terdiri dari unsur karbon bebas dan masing-masing diberikatan secara kovalen, dengan demikian permukaan yang mana semakin kecil pori-pori karbon aktif mengakibatkan luas permukaan yang semakin besar sehingga kecepatan adsorpsi bertambah. Untuk meningkatkan kecepatan adsorpsi dianjurkan agar menggunakan karbon aktif yang telah dihaluskan.

2.3.2 Mekanisme Adsorpsi

Mekanisme yang terjadi pada proses adsorpsi yaitu :

- Molekul-molekul adsorben berpindah dari fase bagian terbesar ke permukaan antara adsorben yaitu lapisan film yang melapisi permukaan adsorben.
- Molekul-molekul adsorben berpindah dari permukaan antara adsorben ke permukaan luar.
- Molekul-molekul adsorbat berpindah dari permukaan luar adsorben, dimana molekul tersebut menyebar menuju pori-pori adsorben.
- Molekul-molekul adsorbat menempel pada permukaan pori-pori adsorben.

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.



Sumber : addy rachmat, 2011

Gambar 7. Mekanisme adsorpsi

Proses adsorpsi dibedakan menjadi 3 tahap :

1. Tahap Adsorpsi

Tahap dimana terjadi proses adsorpsi. *Adsorbate* tertahan pada permukaan adsorbent (tertahannya gas atau uap atau molekul pada permukaan padatan). Pada proses adsorpsi umumnya dilakukan untuk senyawa organik dengan berat molekul

BM) lebih besar dari 46 dan dengan konsentrasi yang kecil.. Semakin besar BM maka proses adsorpsi akan semakin baik.

2. Tahap Desorpsi

Tahap ini merupakan kebalikan pada tahap adsorpsi, dimana adsorbate dilepaskan dari adsorbent (lepasnya gas atau uap atau molekul pada permukaan padatan). Desorpsi dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya adalah :

- Meningkatkan temperature *adsorbent* di atas temperature didih adsorbent, dengan cara mengalirkan uap panas/ udara panas atau dengan pemansan.
- Menambahkan bahan kimia atau secara kimia
- Menurunkan tekanan

3. Tahap *Recovery*

Tahap ini merupakan tahap pengolahan dari gas, uap atau molekul yang telah di desorpsi, dimana *recovery* dapat di lakukan dengan :

- Kondensasi
- Dibakar
- Solidifikasi

2.3.3 Jenis Adsorpsi

Adsorpsi ada dua jenis, yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia

1. *Physisorption* (adsorpsi fisika)

Terjadi karena gaya Van der Waals dimana ketika gaya tarik molekul antara larutan dan permukaan media lebih besar daripada gaya tarik substansi terlarut dan larutan, maka substansi terlarut akan diadsorpsi oleh permukaan media. *Physisorption* ini memiliki gaya tarik Van der Waals yang kekuatannya relatif kecil. Molekul terikat sangat lemah dan energi yang dilepaskan pada adsorpsi fisika relatif rendah sekitar 20 kJ/mol.

Contoh : adsorpsi oleh arang aktif. Aktivasi arang aktif pada temperatur yang tinggi akan menghasilkan struktur berpori dan luas permukaan adsorpsi yang besar. Semakin besar luas permukaan, maka semakin banyak substansi terlarut yang melekat pada permukaan media adsorpsi.

2. *Chemisorption* (Adsorpsi Kimia)

Chemisorption terjadi ketika terbentuknya ikatan kimia antara substansi terlarut dalam larutan dengan molekul dalam media. *Chemisorpsi* terjadi diawali dengan adsorpsi fisik, yaitu partikel-partikel adsorbat mendekat ke permukaan adsorben melalui gaya Van der Waals atau melalui ikatan hidrogen. Dalam adsorpsi kimia partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen), dan cenderung mencari tempat yang memaksimalkan bilangan koordinasi dengan substrat. Contoh : *Ion exchange* (Atkin, 1999).

Seperti yang telah dijelaskan diatas, bahwa adsorpsi secara fisika dan kimia berbeda antara satu sama lain, secara rinci perbedaannya dapat dilihat pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Perbedaan adsorpsi secara fisika dan kimia

Adsorpsi Fisika	Adsorpsi Kimia
Molekul terikat pada adsorben oleh gaya van der Waals.	Molekul terikat pada adsorben oleh ikatan kimia.
Mempunyai entalpi reaksi -4 sampai -40 kJ/mol.	Mempunyai entalpi reaksi -40 sampai -800 kJ/mol.
Dapat membentuk lapisan <i>multilayer</i>	Membentuk lapisan <i>monolayer</i>
Adsorpsi hanya terjadi pada suhu dibawah titik didih adsorbat.	Adsorpsi dapat terjadi pada suhu tinggi.
Jumlah adsorpsi pada permukaan merupakan fungsi adsorbat.	Jumlah adsorpsi pada permukaan merupakan karakteristik adsorben dan adsorbat.
Tidak melibatkan energi aktivasi.	Melibatkan energi aktivasi tertentu.
Bersifat tidak spesifik.	Bersifat sangat spesifik.

Sumber: Atkin, 1999

2.3.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap adsorpsi yaitu:

1. Waktu Kontak

Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik.

2. Karakteristik Adsorben

Ukuran partikel merupakan syarat yang penting dari suatu arang aktif untuk digunakan sebagai adsorben. Ukuran partikel arang mempengaruhi kecepatan dimana adsorpsi terjadi. Kecepatan adsorpsi meningkat dengan menurunnya ukuran partikel.

3. Luas Permukaan

Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang diserap, sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif. Semakin kecil ukuran diameter adsorben maka semakin luas permukaannya. Kapasitas adsorpsi total dari suatu adsorbat tergantung pada luas permukaan total adsorbennya.

4. Kelarutan Adsorbat

Agar adsorpsi dapat terjadi, suatu molekul harus terpisah dari larutan. Senyawa yang mudah larut mempunyai afinitas yang kuat untuk larutannya dan karenanya lebih sukar untuk teradsorpsi dibandingkan senyawa yang sukar larut. Akan tetapi ada perkecualian karena banyak senyawa yang dengan kelarutan rendah sukar diadsorpsi, sedangkan beberapa senyawa yang sangat mudah larut diadsorpsi dengan mudah. Usaha-usaha untuk menemukan hubungan kuantitatif antara kemampuan adsorpsi dengan kelarutan hanya sedikit yang berhasil.

5. Ukuran Molekul Adsorbat

Ukuran molekul adsorbat benar-benar penting dalam proses adsorpsi ketika molekul masuk ke dalam mikropori suatu partikel arang untuk diserap. Adsorpsi paling kuat ketika ukuran pori-pori adsorben cukup besar sehingga memungkinkan molekul adsorbat untuk masuk.

6. pH

pH di mana proses adsorpsi terjadi menunjukkan pengaruh yang besar terhadap adsorpsi itu sendiri. Hal ini dikarenakan ion hidrogen sendiri diadsorpsi

dengan kuat, sebagian karena pH mempengaruhi ionisasi dan karenanya juga mempengaruhi adsorpsi dari beberapa senyawa. Asam organik lebih mudah diadsorpsi pada pH rendah, sedangkan adsorpsi basa organik terjadi dengan mudah pada pH tinggi. pH optimum untuk kebanyakan proses adsorpsi harus ditentukan dengan uji laboratorium.

7. Temperatur

Temperatur di mana proses adsorpsi terjadi akan mempengaruhi kecepatan dan jumlah adsorpsi yang terjadi. Kecepatan adsorpsi meningkat dengan meningkatnya temperatur, dan menurun dengan menurunnya temperatur. Namun demikian, ketika adsorpsi merupakan proses eksoterm, derajat adsorpsi meningkat pada suhu rendah dan akan menurun pada suhu yang lebih tinggi .

2.3.5 Aplikasi Adsorpsi

1. Pemutihan gula tebu

Gula yg masih berwarna dilarutkan dalam air kemudian dialirkan melalau tanah diatomae dan arang tulang. Zat-zat warna dalam gula akan diadsorpsi sehingga diperoleh gula yang putih bersih.

2. Norit

Tablet yg terbuat dari karbon aktif norit. Di dalam usus norit membentuk sistem kolid yg dapat mengadsorpsi gas/zat racun.

3. Penjernihan air

Dengan menambahkan tawas/ Aluminium sulfat (akan terhidrolisis membentuk $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang berupa koloid). Koloid ini dapat mengadsorpsi zat-zat warna / zat pencemar dalam air.

2.4 Kulit Durian

Buah durian sudah dikenal di Asia Tenggara sejak abad ke-7 M. Tanaman durian berasal dari hutan Malaysia, Sumatera, dan Kalimantan yang berupa tanaman liar. Kemudian, tanaman ini mulai menyebar ke arah barat, yaitu ke Thailand, Birma, India, dan Pakistan. Buah ini memiliki nama latin *Durio zibethinus* yang berasal dari kata duri dan *zhibet* atau *civet* yang berarti musang,

karena memang durian dianggap memiliki bau yang menyerupai musang. Jenis tanaman durian diperkirakan mencapai 30 jenis. Dari 30 jenis tersebut, hanya *Durio zibethinus* yang ditanam untuk dikonsumsi sebagai buah-buahan. Tanaman durian merupakan jenis pohon hutan basah yang memiliki tinggi mencapai 30-40 m dan garis tengah 2-2,5 m. Walaupun umumnya tidak dikenal di negara barat, durian adalah sebuah komoditas berharga di Asia Tenggara yang memberikan pengaruh pada kultur dan sejarah dunia. Durian merupakan jenis buah yang cukup lama ada di dunia.

Durian merupakan buah asli nusantara, sehingga keragaman genetik buah durian di Indonesia sangat besar. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai negara yang memiliki potensi durian unggul paling tinggi di dunia. Hingga tahun 2009 telah ditetapkan sebanyak 71 buah durian dengan varietas unggul. Jumlah ini terbilang sangat tinggi, jika dibandingkan dengan Thailand yang hanya memiliki 4 varietas unggul, yaitu monthong, kra dum thong, chanee, dan puang manee. Indonesia memiliki wilayah andalan sentra produksi durian. Wilayah tersebut adalah Nangroe Aceh Darusalam, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Sumatera Selatan, Jambi, Lampung, Banten, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Kalimantan Barat, Kalimantan Timur, dan Sulawesi Selatan.

Upaya peningkatan produksi durian di dalam negeri sebenarnya masih bisa dilakukan melalui perbaikan sistem produksi sehingga jumlah pasokan durian dengan mutu baik dapat ditingkatkan. Indonesia memiliki potensi produsen durian yang bagus mengingat varietas durian dan agroklimat yang beragam sehingga durian dapat dihasilkan sepanjang tahun.

Selain daging buahnya yang enak untuk dinikmati, kulit durian, dan biji durian juga ternyata memberikan nilai manfaat. kandungan pati dalam biji durian cukup tinggi, sehingga biji durian berpotensi sebagai alternatif pengganti makanan. Kulit durian bisa dikeringkan dan digunakan sebagai bahan bakar, terutama untuk mengasapi ikan. Selain itu, kulit durian juga dipakai sebagai bahan abu gosok yang bagus. Caranya dengan menjemurnya hingga kering dan membakarnya sampai hancur. Kulit durian juga bisa digunakan untuk menghilangkan bau buah durian yang menyengat. Caranya, berikan air di bagian

dalam kulit durian yang bentuknya cekung. Kemudian, air tersebut digunakan untuk cuci tangan sehabis makan durian. Zat-zat dalam kulit durian akan bercampur dengan air yang kemudian akan menetralkan bau durian.



Sumber : yudi, 2015

Gambar 8. Kulit Durian

Pada kulit buah Durian memiliki kandungan selulose yang tinggi yaitu sekitar 50-60%, kandungan lignin (5%) dan kandungan pati (5%). Menurut pada kandungan pada kulit buah durian, kulit tersebut dapat digunakan sebagai campuran dari bahan baku papan olahan. Pada papan partikel yang terbuat dari limbah kulit durian dengan menggunakan semen sebagai perekatnya memiliki nilai *modulus of elasisity* sebesar 360 kg/cm² dan nilai *modulus of rupture* adalah sebesar 543 kg/cm². Selain digunakan dalam campuran bahan bangunan, kulit durian dapat digunakan sebagai pengental makanan karena mengandung senyawa pektin. Senyawa ini dapat dimanfaatkan untuk pengental pada pembuatan cendol dan dapat dijadikan tepung.

Kulit durian memiliki nilai kalori sebanyak 3786.95 kal/gr dengan kadar abu rendah sekitar 4%. Kulit durian dapat digunakan sebagai energi alternatif yang berupa briket yang biasanya berbahan dasar batubara. Dalam kulit terdapat minyak atsiri, falv oniod, lignin, unsur selulosa, saponin yang mudah terbakar.

2.5 Zat Warna Tekstil

Tekstil adalah material fleksibel yang terbuat dari tenunan benang. Tekstil dibentuk dengan cara penyulaman, penjahitan, pengikatan, dan cara ressing.

Istilah tekstil dalam pemakaiannya sehari-hari sering disamakan dengan istilah kain. Namun ada sedikit perbedaan antara dua istilah ini, tekstil dapat digunakan untuk menyebut bahan apapun yang terbuat dari tenunan benang, sedangkan kain merupakan hasil jadinya, yang sudah bisa digunakan. Pada proses pewarnaan, zat warna yang digunakan pada umumnya tidak akan masuk seluruhnya ke dalam bahan tekstil, sehingga efluen yang dihasilkan masih mengandung residu zat warna. Menurut sumber diperolehnya zat warna tekstil digolongkan menjadi 2, yaitu:

1. Zat Pewarna Alam (ZPA)

Yaitu zat warna yang berasal dari bahan-bahan alam pada umumnya dari tumbuhan atau hewan. Pada tumbuhan biasanya diambil dari bagian daun, buah, bunga ataupun kulitnya. Dari masing-masing bahan tersebut akan menghasilkan warna yang beragam meskipun tidak selengkap jika menggunakan zat pewarna sintetis. Warna yang dihasilkan dari pewarna alami ini cenderung kurang stabil, karena mudah berubah oleh pengaruh tingkat keasaman tertentu, sehingga untuk mendapatkan warna yang bagus diperlukan bahan pewarna dalam jumlah yang banyak. Adapun tumbuhan penghasil zat pewarna alam dapat dilihat pada gambar 9 berikut:

Fiksasi	Jenis Bahan			
	Satin	Santung	Birkadin	Sutera
Sebelum difiksasi				
Tawas				
Kapur Tohor				
Tunjung				

Sumber : Fitrihana, 2008

Gambar 9. Tumbuhan penghasil zat pewarna alam

2. Zat Pewarna Sintesis (ZPS)

Yaitu zat warna buatan atau sintesis yang dibuat dengan reaksi kimia dengan bahan dasar ter, arang, batu bara atau minyak bumi yang merupakan hasil

senyawa turunan hidrokarbon aromatik seperti benzena, naftalena dan antrasena. Pada awalnya proses pewarnaan tekstil menggunakan zat warna alam. Namun, seiring kemajuan teknologi dengan ditemukannya zat warna sintetis untuk tekstil maka semakin terkikislah penggunaan zat warna alam. Keunggulan zat warna sintetis adalah lebih mudah diperoleh, ketersediaan warna terjamin, jenis warna bermacam-macam, dan lebih praktis dalam penggunaannya. Contoh zat pewarna sintetis dapat dilihat pada gambar 10.



Sumber : Fienhasidwi, 2010

Gambar 10. Contoh zat pewarna sintesis

2.5.1 Sebaran Limbah Cair Songket di Palembang

Masalah lingkungan yang utama dalam industri tekstil adalah limbah dari proses pencelupan. Zat warna, logam berat dan konsentrasi garam yang tinggi merupakan polutan air. Usaha utama yang perlu dilakukan guna mengurangi bahan kimia tersebut adalah penghilangan material toksik dari efluen (Balai Besar Tekstil, 2005).

Residu zat warna maupun garam dalam efluen akan menyebabkan polusi dan residu zat warnanya adalah cukup tinggi, yaitu sekitar 20-50 % dari zat warna yang digunakan. Diketahui pula apabila digunakan pada pencelupan dengan sistem perendaman, maka zat warna yang terdapat dalam efluen adalah sekitar 60-70 mg/L. Pengolahan efluen yang mengandung zat warna tersebut, baik dari segi penurunan beban pencemaraan maupun warnanya adalah sangat sulit, karena sukar didegradasi baik secara metoda kimia maupun biologi (Balai Besar Tekstil, 2005).



Sumber : reza hendrawan,2009

Gambar 11. Limbah Cair Tekstil

Limbah tekstil merupakan limbah cair dominan yang dihasilkan industri tekstil karena terjadi proses pemberian warna (*dyeing*) yang di samping memerlukan bahan kimia juga memerlukan air sebagai media pelarut. Industri tekstil merupakan suatu industri yang bergerak dibidang *garment* dengan mengolah kapas atau serat sintetik menjadi kain melalui tahapan proses : *Spinning* (Pemintalan) dan *Weaving* (Penenunan

Zat warna tekstil merupakan gabungan dari senyawa organik tidak jenuh, *kromofor* dan *auksokrom* sebagai pengaktif kerja kromofor dan pengikat antara warna dengan serat. Limbah air yang bersumber dari pabrik yang biasanya banyak menggunakan air dalam proses produksinya. Di samping itu ada pula bahan baku yang mengandung air sehingga dalam proses pengolahannya air tersebut harus dibuang.

Limbah hasil pewarnaan pada industri songket mengandung komponen di antaranya sisa zat warna (*dyestuff*), garam (*glauber salt*), *coustic* soda dan bahan-bahan aditif seperti urea, *sodium alginite*, *sodium bicarbonat*, serta air (sisa pewarnaan dan pencucian). Sumatera Selatan khususnya di kota Palembang pada tahun 2005 terdapat 83 industri songket, sedangkan pada tahun 2008 meningkat sekitar 94 unit industri. Menurut data Dinas Perindustrian, Perdagangan, dan Koperasi Palembang pada tahun 2010 tercatat sekitar 230 industri songket. Dengan demikian setiap tahun terjadi peningkatan jumlah industri songket yang

ada di Palembang. Wardhana (2004) dalam Ita (2012) menjelaskan limbah dari industri tekstil merupakan salah satu sumber pencemar logam berat terutama logam krom yang dihasilkan dari proses pencelupan dan pewarnaan. sumber utama limbah krom adalah industri pelapisan logam, penyamakan kulit dan industri kimia, seperti industri tekstil. Industri tekstil menggunakan logam krom untuk pelapisan benang yang dicelup agar benang emas tidak mudah pudar dan mengkilap.(Darmono, 1995 dalam Ita 2012).

Pengolahan limbah cair ini cukup rumit karena banyaknya zat warna dan zat-zat warna pembantu pencelupan yang digunakan, sehingga agar tidak mencemari air lingkungan, pengolahannya pun harus sesuai dengan karakteristik dari air limbah itu sendiri. Adapun karakteristik dari air limbah pencelupan dapat dilihat pada tabel-tabel berikut:

Tabel 4. Karakteristik Air Limbah Pencelupan

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
Suhu	oC	29-35
<i>Biochemical oxygen demand (BOD)</i>	mg/L	159,7 – 168
<i>Chemical oxygen demand (COD)</i>	mg/L	1712,7 – 1793
<i>Total suspended solid (TSS)</i>	mg/L	1233,7 – 1317
pH	-	6,8 – 8,5

Sumber : Rosyadi, 2006 dalam Catur 2012

Adapun karakteristik dan baku mutu limbah cair industri tekstil yang ditetapkan untuk wilayah Sumatera Selatan:

Tabel 5. Karakteristik dan Baku Mutu Limbah Cair Industri

Parameter	Satuan	Baku Mutu Limbah
<i>Biochemical oxygen demand (BOD)</i>	mg/L	60,0
<i>Chemical oxygen demand (COD)</i>	mg/L	150,0
<i>Total suspended solid (TSS)</i>	mg/L	50,0
pH	-	6,0-9,0

Sumber: Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 8 Tahun 2012 dalam Catur 2012