

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

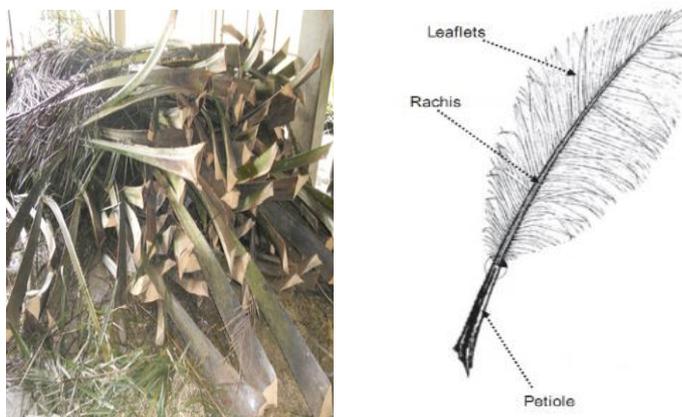
2.1 Pelepah Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis*) adalah tumbuhan industri penting penghasil minyak masak, minyak industri, maupun bahan bakar (biodiesel). Kelapa sawit termasuk tumbuhan yang tingginya dapat mencapai 24 meter. Bunga dan buahnya berupa tandan, serta bercabang banyak. Buahnya kecil dan apabila masak, berwarna merah kehitaman. Daging dan kulit buahnya mengandung minyak. Minyaknya dapat digunakan sebagai bahan minyak goreng, sabun, dan lilin. Ampasnya dimanfaatkan untuk makanan ternak, khususnya sebagai salah satu bahan pembuatan makanan ayam. Tempurungnya digunakan sebagai bahan bakar dan Karbon. Klasifikasi tanaman kelapa sawit adalah sebagai berikut :

Kingdom : Tumbuhan (*Plantae*)
Divisi : *Magnoliophyta*
Kelas : *Liliopsida*
Ordo : *Arecales*
Famili : *Arecaceae*
Genus : *Elaeis*
Spesies : *Elaeis Guineensis*

Kelapa sawit memerlukan curah hujan berkisar 1.500-4.000 mm pertahun, sehingga kelapa sawit akan berbuah lebih banyak di daerah dengan curah hujan yang tinggi. Temperatur udara yang optimal untuk pertumbuhan kelapa sawit adalah 24-28°C. Jadi ketinggian tempat yang ideal untuk kelapa sawit antara 1-500 m dpl (diatas permukaan laut). Kelembaban udara optimum untuk tanaman kelapa sawit sekitar 80-90% dan kecepatan angin 5-6 km/jam untuk membantu proses penyerbukan. Tingkat keasaman (pH) tanah yang optimum untuk sawit dalah 5,0-5,5. Kelapa sawit menghendaki tanah yang gembur, subur, datar, berdrainase (beririgasi) baik dan memiliki lapisan solum cukup dalam (80 cm) tanpa lapisan padas.

Pelepah kelapa sawit merupakan salah satu limbah padat pengolahan minyak sawit yang belum banyak pemanfaatannya. Produksi pelepah sebanyak 22 batang per pohon per tahun dimana berat daging pelepah sekitar 2,2 kg dan biomassa pelepah sawit sebanyak mencapai 6,3 ton per hektar per tahun. Pelepah kelapa sawit biasanya digunakan sebagai bahan pakan untuk hewan ternak. Kandungan senyawa kimia penyusun pada pelepah kelapa sawit terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin secara berurutan yaitu 31,7%, 33,9%, dan 17,4%. Menurut Pope (1999), bahan organik yang mengandung lignin, hemiselulosa, dan selulosa dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif karena sangat efektif mengadsorpsi limbah cair. Selain itu lignin dan selulosa sebagian besar tersusun dari unsur karbon yang pada umumnya dapat dijadikan karbon. Pelepah kelapa sawit termasuk bahan dengan kandungan selulosa yang cukup tinggi dan memiliki massa jenis lebih daripada kayu yaitu sebesar $1,16 \text{ g/cm}^3$, dimana semakin besar massa jenis bahan baku maka daya serap karbon aktif yang dihasilkan akan semakin besar sehingga baik untuk dijadikan karbon aktif (Nurmala, Hartoyo 1999).



Sumber : Afcharina, 2016

Gambar 1. Pelepah Kelapa Sawit

Pelepah kelapa sawit terbagi atas 3 bagian yaitu *petiole* (pangkal batang), *rachis* (batang tempat munculnya daun) dan *leaflets* (daun). Sejak umur 4 tahun tanaman kelapa sawit menghasilkan 18-24 pelepah per tanaman per tahun. Pelepah kelapa sawit tumbuh dan berkembang selama 30 bulan. Pelepah kelapa sawit memiliki panjang 7-8 m dengan panjang *petiole* 1,5 m *rachis* 5,5-6,5 m.

Tabel 1. Kandungan Nutrisi Pelepah Kelapa Sawit

Zat Nutrisi				
Berat Kering (%)	Protein Kasar (%)	Lemak Kasar (%)	Serat Kasar (%)	Gross Energy (K.Cal/g)
80,56	5,8	3,8	9,98	1,54

Sumber : *Laboratorium Loka Kambing Potong Sei Putih, 2014*

Tabel 2. Kandungan Senyawa Kimia Penyusun Serat pada Pelepah Kelapa Sawit

Unsur Kimiawi	Pelepah Kelapa Sawit (%)
Selulosa	33,7
Hemiselulosa	35,9
Lignin	17,4
Silika	2,6
Abu	3,3
Nitrogen	2,38
Kalium	1,316
Kalsium	2,568
Magnesium	0,487
Posfor	0,157
Sulfur	0,40
Klorida	0,70

Sumber : *Ginting dan Elizabeth, 2013*

2.2 Karbon Aktif

Karbon aktif disusun oleh atom-atom karbon yang terikat secara kovalen dalam suatu kisi yang hexagonal. Kemampuan karbon aktif mengadsorpsi ditentukan oleh struktur kimianya yaitu atom C, H, dan O yang terikat secara kimia membentuk gugus fungsional. Karbon aktif terdiri dari 87-97 % karbon dan sisanya berupa hidrogen, oksigen, sulfur dan nitrogen serta senyawa-senyawa lain yang terbentuk dari proses pembuatan. Volume pori-pori karbon aktif biasanya lebih besar dari 0,2 cm³/gram. Sedangkan luas permukaan internal karbon aktif yang telah diteliti umumnya lebih besar dari 400 m²/gr dan bahkan bisa mencapai di atas 1000 m²/gr (M.Sudibandriyo, 2003). Luas permukaan karbon aktif yang dikarakterisasi dengan metode BET berkisar antara 300-4000 m²/gr.

Kebutuhan karbon aktif di Indonesia untuk industri dalam negeri maupun untuk ekspor saat ini cukup tinggi. Hal ini ditunjukkan dengan bertambahnya jumlah perusahaan produsen karbon aktif di Indonesia, dari 13 perusahaan pada tahun 2000 menjadi 19 perusahaan pada tahun 2006.

Produksi karbon aktif yang dihasilkan oleh 19 perusahaan tersebut totalnya mencapai ± 44.000 ton. Sebesar ± 21.000 ton diekspor ke berbagai negara, sedangkan ± 23.000 ton ditambah produksi dari industri yang tidak tercantum di BPS berkisar mencapai total ± 36.000 ton digunakan untuk memenuhi kebutuhan domestik. Berdasarkan survey, beberapa industri besar di Indonesia memperoleh karbon aktif melalui impor. Pada tahun 2007, impor karbon aktif Indonesia mencapai ± 20.000 ton ($\pm 47\%$) diperoleh dari China (Biro Pusat Statistik, 2007).

Karbon aktif memiliki struktur berpori sehingga dapat dilewati oleh molekul. Adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya kapiler yang besar dan struktur pori yang dimilikinya. Karbon aktif bersifat sangat aktif dan akan menyerap apa saja yang dikontak dengan karbon. Dalam waktu 60 jam karbon aktif tersebut akan jenuh dan tidak aktif lagi. Oleh karena itu karbon aktif dikemas dengan kemasan yang kedap udara.

Berdasarkan ukuran pori-porinya karbon aktif dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu:

1. Mikropori, dengan ukuran diameter < 2 nm.
2. Mesopori, dengan ukuran diameter 2-50 nm.
3. Makropori, dengan ukuran diameter > 50 nm.

2.2.1 Jenis-jenis Karbon Aktif

Karbon aktif terbagi atas 2 tipe yaitu :

a. Karbon Aktif Sebagai Pemucat

Biasanya berbentuk serbuk yang sangat halus dengan diameter pori mencapai 1000 \AA yang digunakan dalam fase cair. Umumnya berfungsi untuk memindahkan zat-zat pengganggu yang menyebabkan warna dan bau yang tidak diharapkan dan membebaskan pelarut dari zat-zat pengganggu dan kegunaan yang lainnya pada industri kimia dan industri baru. Karbon aktif ini diperoleh dari serbuk-serbuk gergaji, ampas pembuatan kertas atau dari bahan baku yang mempunyai densitas kecil dan mempunyai struktur yang lemah.



Sumber : Andhira, 2012

Gambar 2. Karbon Aktif sebagai Pemucat (Serbuk)

Keuntungan karbon aktif bentuk serbuk yaitu :

1. Sangat ekonomis karena ukuran butiran yang kecil dan luas permukaan kontak per satuan berat sangat besar.
2. Kontak menjadi sangat baik dengan mengadakan pengadukan cepat dan merata.
3. Tidak memerlukan tambahan alat lagi karena karbon akan mengendap bersama lumpur yang terbentuk.

Kerugian karbon aktif bentuk serbuk yaitu :

1. Cara penanganan karbon aktif, karena berbentuk serbuk yang sangat halus, kemungkinan mudah terbang dibawa angin, sulit tercampur dengan air dan mudah terbakar.
2. Karena tercampur dengan lumpur maka sulit diregenerasi dan biaya operasinya mahal.
3. Kemungkinan terjadi penyumbatan lebih besar karena karbon bercampur dengan lumpur.

b. Karbon Aktif Penyerap Uap

Biasanya berbentuk granula atau pellet yang sangat keras dengan diameter pori berkisar antara 10-200 \AA . Tipe porinya lebih halus dan digunakan dalam fase gas yang berfungsi untuk memperoleh kembali pelarut atau katalis pada pemisahan dan pemurnian gas. Umumnya karbon ini dapat diperoleh dari tempurung kelapa, tulang, batu bata atau bahan baku yang mempunyai struktur keras.



Sumber : Andhira, 2012

Gambar 3. Karbon Aktif Penyerap Uap

Karbon aktif penyerap uap mempunyai kelebihan sebagai berikut :

1. Pengoperasiannya mudah karena air mengalir dalam media karbon.
2. Proses berjalan cepat karena ukuran butiran karbon lebih besar.
3. Karbon tidak tercampur dengan lumpur sehingga dapat diregenerasi.

Kerugiannya yaitu :

1. Perlu tambahan unit pengolahan lagi, yaitu unit filter.
2. Luas permukaan kontak per satuan berat lebih kecil karena ukuran butiran karbon besar.

Menurut Suzuki (1990) karbon aktif dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis sebagai berikut:

a. Karbon Aktif Granular

Jenis ini berbentuk butiran atau pelet. Biasanya digunakan untuk proses pada fluida fase gas yang berfungsi untuk memperoleh kembali pelarut, pemisahan dan pemurnian gas. Karbon aktif granular diperoleh dari bahan baku yang memiliki struktur keras seperti tempurung kelapa, tulang dan batubara. Ukuran partikel dari granular karbon aktif berbeda-beda tergantung pada aplikasinya. Untuk aplikasi adsorpsi fase gas ukuran granular yang sering digunakan adalah 4x8 mesh sampai 10x20 mesh dan untuk bentuk pelet memiliki ukuran partikel 4 mm-6 mm.



Sumber : Andhira, 2012

Gambar 4. Karbon Aktif Granular

b. Karbon Aktif Powder

Karbon aktif powder umumnya diproduksi dari bahan kayu dalam bentuk serbuk gergaji, ampas pembuatan kertas atau dari bahan baku yang mempunyai densitas kecil dan struktur yang lemah. Jenis ini memiliki ukuran rata-rata 15–25 μm . Industri besar menggunakan karbon aktif powder untuk penghilangan warna pada proses pembuatan makanan. Belakangan karbon aktif powder digunakan pada water treatment untuk air minum dan air limbah. Biasanya karbon aktif powder digunakan dalam fase cair yang berfungsi untuk memindahkan zat-zat pengganggu yang menyebabkan warna dan bau yang tidak diharapkan.



Sumber : Andhira, 2012

Gambar 5. Karbon Aktif Powder

c. Karbon Aktif *Molecular Sieves*

Aplikasi utama dari karbon aktif *molecular sieve* adalah pemisahan nitrogen dan oksigen dalam udara. Karbon aktif *molecular sieve* merupakan suatu material yang menarik sebagai model karbon aktif sejak memiliki ukuran mikropori yang seragam dan kecil.



Sumber : Andhira, 2012

Gambar 6. Karbon Aktif *Molecule Sieves*

d. Karbon Aktif Fiber

Karbon aktif fiber memiliki ukuran yang lebih kecil dari karbon aktif powder. Sebagian besar karbon aktif fiber memiliki diameter antara 7–15 μm . Aplikasi karbon aktif fiber dapat ditemukan dalam bidang perlakuan udara seperti penangkapan larutan.



Sumber : Andhira, 2012

Gambar 7. Karbon Aktif Fiber

2.2.2 Bahan Baku Pembuatan Karbon aktif

Bahan baku pembuatan karbon aktif ini berasal dari hewan, tumbuh-tumbuhan, limbah ataupun mineral yang mengandung karbon, bahan tersebut antara lain tulang, kayu lunak, sekam, bambu, tongkol jagung, tempurung kelapa, sabut kelapa, ampas penggilingan tebu, ampas pembuatan kertas, serbuk gergaji, kayu keras, batubara, kulit pisang, kulit durian, biji alpukat, pelepah kelapa sawit dan tandan kosong kelapa sawit.

2.2.3 Pembuatan Karbon Aktif

a. Proses Dehidrasi

Proses dehidrasi bertujuan untuk menghilangkan air yang terkandung didalam bahan baku. Caranya yaitu dengan menjemur di bawah sinar matahari atau pemanasan didalam oven sampai diperoleh bobot konstan. Dari proses dehidrasi ini, diperoleh bahan baku yang kering. Hal ini disebabkan oleh kandungan air dalam bahan baku semakin sedikit.

b. Proses Karbonisasi

Karbonisasi adalah proses pemecahan/peruraian selulosa menjadi karbon pada suhu berkisar 275°C . (Tutik M dan Faizah H, 2001). Proses karbonisasi terdiri dari empat tahap yaitu :

1. Pada suhu $100 - 120^{\circ}\text{C}$ terjadi penguapan air dan sampai suhu 270°C mulai terjadi peruraian selulosa. Distilat mengandung asam organik dan sedikit methanol. Asam cuka terbentuk pada suhu $200-270^{\circ}\text{C}$.

2. Pada suhu 270-310 °C reaksi eksotermik berlangsung dimana terjadi peruraian selulosa secara intensif menjadi larutan piroliganat, gas kayu dan sedikit tar. Asam merupakan asam organik dengan titik didih rendah seperti asam cuka dan methanol sedang gas kayu terdiri dari CO dan CO₂.
3. Pada suhu 310-500 °C terjadi peruraian lignin, dihasilkan lebih banyak tar sedangkan larutan Opirolignat menurun, gas CO menurun sedangkan gas CO₂ dan CH₄ dan H₂ meningkat.
4. Pada suhu 500-1000 °C merupakan tahap dari pemurnian karbon atau kadar karbon. (R. Sudrajat, 1994)

Proses karbonisasi sudah dikenal dan telah dipakai untuk mengolah beraneka ragam bahan padat maupun cair, antara lain cangkang kelapa sawit, tempurung kelapa, limbah kulit hewan, tempurung kemiri. Alat yang digunakanpun bermacam-macam, mulai dari tanah, kiln bata, kiln portable, kiln karbon limbah hasil pertanian, retort sampai tanur. (R. Sudrajat dan S. Soleh 1994)

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses karbonasi :

1. Waktu karbonisasi

Bila waktu karbonisasi diperpanjang maka reaksi pirolisis semakin sempurna sehingga hasil karbon semakin turun tetapi cairan dan gas makin meningkat.

2. Suhu karbonisasi

Suhu karbonisasi yang berpengaruh terhadap hasil karbon karena semakin tinggi suhu, karbon yang diperoleh makin berkurang tapi hasil cairan dan gas semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh makin banyaknya zat zat terurai dan yang teruapkan.

c. Proses Aktivasi

Aktivasi adalah perubahan secara fisik dimana luas permukaan dari karbon meningkat dengan tajam dikarenakan terjadinya penghilangan senyawa tar dan senyawa sisa-sisa pengkarbonan. Daya serap karbon aktif 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 semakin lebar atau luas yang mengakibatkan semakin besar pula daya serap karbon aktif tersebut. (Tutik M dan Faizah H, 2001)

Metode aktivasi yang dapat digunakan adalah :

1. Aktivasi kimia

Pada cara ini, proses aktivasi dilakukan dengan mempergunakan bahan kimia sebagai *activating agent*. Aktivasi karbon ini dilakukan dengan merendam karbon ke dalam larutan kimia, misalnya $ZnCl_2$, HNO_3 , KCl , hidroksida logam alkali, garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah dan asam-asam anorganik seperti H_2SO_4 dan H_3PO_4 . Aktivasi kimia ini berfungsi untuk mendegradasi atau penghidrasi molekul organik selama proses karbonisasi, membatasi pembentukan tar, membantu dekomposisi senyawa organik pada aktivasi berikutnya, dehidrasi air terjebak dalam rongga karbon, membantu menghilangkan endapan hidrokarbon yang dihasilkan saat proses karbonisasi dan melindungi permukaan karbon sehingga kemungkinan terjadinya oksidasi dapat dikurangi. Proses aktivasi kimia dilakukan pada temperatur 500-900 °C. Unsur-unsur mineral aktivator masuk di antara plat heksagon dari kristalit dan membuka permukaan yang mula-mula tertutup. Dengan demikian, saat pemanasan dilakukan senyawa kontaminan yang berada dalam pori menjadi lebih mudah terlepas. Hal ini menyebabkan luas permukaan yang aktif bertambah besar dan meningkatkan daya serap karbon aktif.

Keuntungan penggunaan bahan-bahan mineral adalah waktu aktivasi yang relatif pendek, karbon yang dihasilkan lebih banyak dan daya adsorpsi terhadap suatu adsorbat akan lebih baik, sedangkan kerugian penggunaan bahan-bahan mineral sebagai pengaktif terletak pada proses pencucian karena sult dihilangkan. (Pramiswari, 2011)

2. Aktivasi Fisika

Aktivasi fisika disebut juga aktivasi termal. Aktivasi termal adalah proses aktivasi yang melibatkan adanya gas pengoksidasi seperti udara pada temperatur rendah, Uap, CO₂ atau aliran gas pada temperatur tinggi.

Menurut Kirk and Othmer (1978), proses aktivasi fisika melibatkan gas pengoksidasi seperti pembakaran menggunakan suhu yang rendah dan uap CO₂ atau pengaliran gas pada suhu tinggi. Tetapi pada suhu aktivasi yang terlalu tinggi beresiko terjadinya oksidasi lebih lanjut pada karbon sehingga merusak ikatan C-C dalam bidang lempeng heksagonal karbon yang akan menurunkan luas permukaan internal. Kebanyakan karbon diaktifkan dengan cara fisika. Pengkarbonan biasanya pada suhu 500-900°C dan sebagai bahan pengaktifan dilakukan dengan steam (uap) atau gas CO₂ pada suhu 800-900°C. Dalam proses yang menggunakan steam ini aktivasi berlangsung secara berkesinambungan karena reaksi karbon menjadi CO₂ adalah eksothermis.

Aktivasi fisika adalah proses untuk mengembangkan struktur pori dan memperbesar luas permukaan karbon aktif dengan perlakuan panas pada temperature 800-1000 °C dengan mengalirkan gas pengoksidasi seperti uap atau karbondioksida. Hasil dari proses aktivasi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain laju kenaikan temperatur, laju aliran inert gas, temperatur proses, *activating agent*, lama proses aktivasi dan alat yang digunakan pada penelitian tersebut.

Faktor-faktor yang mempengaruhi :

1. Waktu Aktivasi

Aktivasi dengan bahan aktivasi ini dimaksudkan untuk menghilangkan atau membatasi pembentukan lignin, karena adanya lignin dapat membentuk senyawa tar. Waktu aktivasi untuk bermacam zat tidak sama. H₃PO₄ lamanya aktivasi 12-24 jam.

2. Konsentrasi Aktivator

Semakin tinggi konsentrasi larutan kimia aktivasi maka semakin kuat pengaruh larutan tersebut mengikat senyawa untuk keluar melewati mikro pori karbon semakin porous yang mengakibatkan semakin besar daya

adsorpsi karbon aktif tersebut. Karbon semakin banyak mempunyai mikropori setelah dilakukan aktivasi, hal ini terjadi karena aktivator telah mengikat senyawa senyawa tar sisa karbonisasi keluar dari mikropori Karbon, sehingga permukaannya semakin porous.

3. Ukuran Bahan

Makin kecil ukuran bahan makin cepat perataan keseluruhan umpan sehingga pirolisis berjalan sempurna. Pada pirolisis tempurung kelapa 2-3 mm (Tutik M. Dan Faizah H., 2001).

2.2.4 Aktivator

Aktivasi karbon berarti penghilangan zat-zat yang menutupi pori-pori pada permukaan karbon. 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 pada karbon aktif. Zat aktivator bersifat mengikat air yang menyebabkan air yang terikat kuat pada pori-pori karbon yang tidak hilang pada saat karbonisasi menjadi lepas. Selanjutnya zat aktivator tersebut akan memasuki pori dan membuka permukaan karbon yang tertutup. Dengan demikian pada saat dilakukan aktivasi, senyawa pengotor yang berada dalam pori menjadi lebih mudah terserap sehingga luas permukaan karbon aktif semakin besar dan meningkatkan daya serapnya.

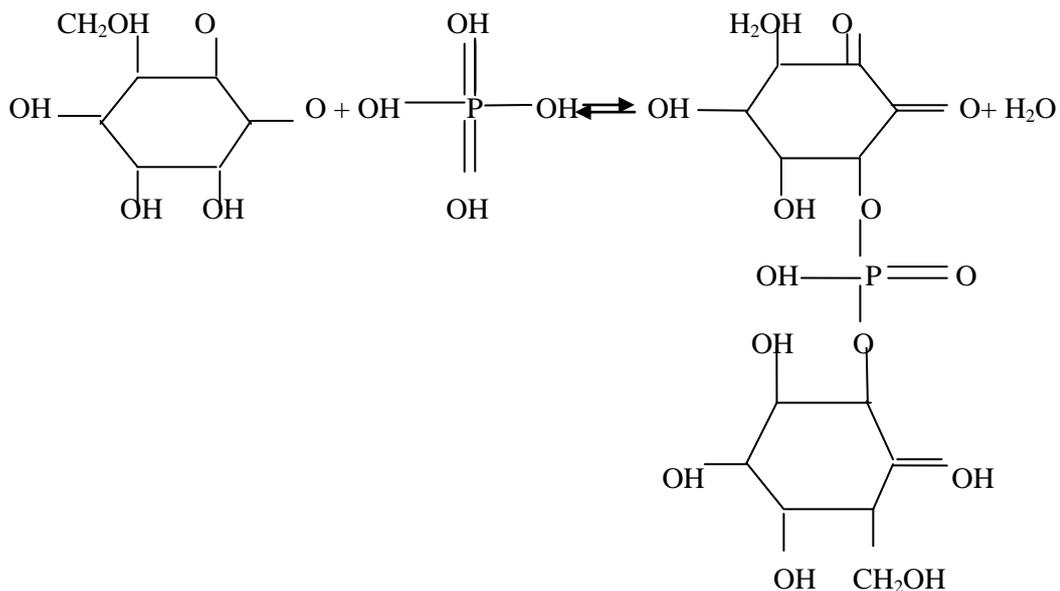
Menurut Hsu dan Teng (2000) dalam pembuatan karbon aktif dengan aktivasi kimia, aktivator yang lebih baik digunakan untuk material lignoselulosa, seperti pelepah kelapa sawit, ialah aktivator yang bersifat asam dibandingkan dengan aktivator yang bersifat basa. Hal ini dikarenakan material lignoselulosa memiliki kandungan oksigen yang tinggi dan aktivator yang bersifat asam tersebut bereaksi dengan gugus fungsi yang mengandung oksigen. Gugus OH yang terikat pada selulosa apabila dipanaskan pada suhu tinggi akan kehilangan atom-atom hidrogen dan oksigen sehingga tinggal atom karbon yang terletak pada setiap sudutnya.

Gugus fungsional misalnya gugus karboksilat, gugus hidroksifenol, gugus kuinon tipe karbonil, gugus normalakton, lakton tipe *fluoresence*, asam

karboksilat anhidrida dan peroksida siklis dibentuk selama proses aktivasi oleh interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen.

a. Asam Phosfat (H_3PO_4)

H_3PO_4 merupakan aktivator terbaik. Mekanisme aktivasi karbon dengan larutan H_3PO_4 bisa dijelaskan dengan gambar reaksi di bawah ini :



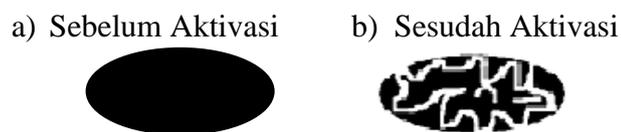
Sumber : Adinata, 2013

Gambar 8. Mekanisme Pengaktifan Karbon dengan Larutan H_3PO_4

Proses aktivasi, aktivator menembus celah atau pori-pori di antara pelat-pelat kristalit karbon pada karbon aktif yang berbentuk heksagonal dan menyebar didalam celah atau pori-pori tersebut, sehingga terjadi pengikisan pada permukaan kristalit karbon. *Amorphous* carbon yang menghalangi pori bereaksi pada tahap oksidasi awal dan sebagai hasilnya *closed pore* akan terbuka. Selanjutnya reaksi akan berlanjut dengan mengikis dinding karbon untuk membentuk pori-pori baru. Peningkatan daya serap ini memperlihatkan atom karbon yang membentuk kristalit heksagonal makin banyak sehingga celah atau pori yang terbentuk di antara lapisan kristalit juga makin besar. Adanya senyawa P_2O_5 hasil dekomposisi H_3PO_4 yang terperangkap di dalam Karbon akan menimbulkan struktur mikropori dan mesopori pada struktur bagian dalam. Selain itu semakin tinggi konsentrasi

H_3PO_4 juga menghasilkan struktur mesopori yang mempunyai luas permukaan dan volume pori yang besar.

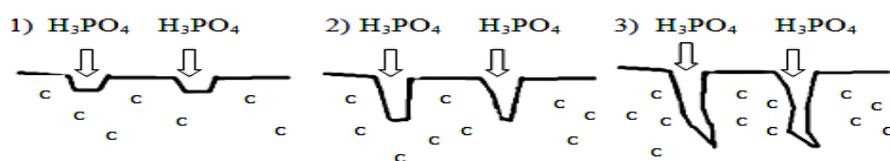
H_3PO_4 yang merupakan *activating agent* akan mengoksidasi karbon dan merusak permukaan bagian dalam karbon sehingga akan terbentuk pori dan meningkatkan daya adsorpsi. *Activating agent* ini berperan sebagai *dehydrating agent* yang akan mempengaruhi dekomposisi pirolisis, menghambat pembentukan tar, dan mengurangi pembentukan asam asetat, metanol, dan lain-lain (Ahmadpour, 1995; Manocha, 2003). Karbon aktif semakin banyak mempunyai mikro pori-pori setelah dilakukan aktivasi, hal ini karena aktivator telah menikat senyawa-senyawa tar sisa karbonisasi keluar dari mikropori karbon, sehingga permukaannya semakin porous (Tutik & Faizah, 2001)



Sumber : Adinata, 2013

Gambar 9. Struktur Karbon Aktif Sebelum dan Sesudah Aktivasi

Seiring bertambahnya konsentrasi aktivator dan waktu aktivasi dicapai, H_3PO_4 sebagai *activating agent* akan bereaksi dengan karbon dan merusak bagian dalam karbon sehingga membentuk pori-pori yang semakin banyak.



Sumber : Adinata, 2013

Gambar 10. Ilustrasi Pembentukan Pori Karbon Aktif melalui Aktivasi

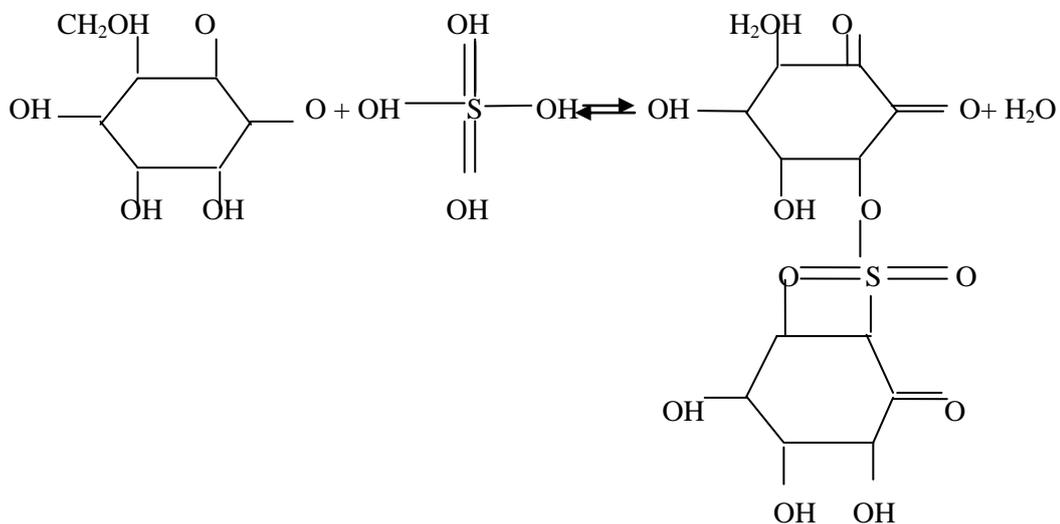
Sifat fisik :

1. Berbentuk Cair
2. Specific Gravity (25°C) : 1.685 gr/cm³
3. Viskositas : 3.86 mPa.s
4. Boiling point : 158°C

5. Melting point : 42.35°C
 6. Vapor Density : 3,4
 7. Rumus molekul : H₃PO₄
 8. Berat molekul : 98 gr/mol

a. Asam Sulfat (H₂SO₄)

Asam Sulfat mempunyai rumus kimia H₂SO₄ , merupakan asam mineral yang kuat. Zat ini larut dalam air pada semua kepekatan.



Sumber : Adinata, 2013

Gambar 11. Mekanisme Pengaktifan Karbon dengan Larutan H₂SO₄

Penggunaan asam sulfat banyak terdapat dalam kegiatan pemrosesan bijih mineral, proses sintesis kimia, pemrosesan air buangan (limbah) dan dalam industri kilang minyak. Selain itu asam sulfat juga biasa dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan pupuk, bahan peledak, detergen, zat pewarna, insektisida, medisinal atau obat-obatan, plastik, baja dan baterai.

Reaksi asam sulfat dengan air (reaksi hidrasi) sangat eksotermik, yakni menghasilkan panas yang cukup banyak. Sehingga apabila asam sulfat direaksikan dengan air, akan terasa hangat atau panas disekitar tempat berlangsungnya reaksi. Selain itu dalam mereaksikan asam sulfat dengan air penting untuk diketahui bahwa pencampurannya selalu dengan cara

menambahkan asam sulfat ke dalam air daripada air ke asam sulfat. Air memiliki massa jenis yang lebih rendah dibandingkan asam sulfat dan cenderung mengapung di atasnya, sehingga apabila air ditambahkan ke dalam asam sulfat, maka dapat mendidih ataupun bereaksi dengan keras, terlebih apabila asam sangat pekat. Hal tersebut berlaku juga dalam proses pengenceran asam sulfat. Disamping itu asam sulfat juga bertindak sebagai dehidrator yang baik, karena afinitas asam sulfat terhadap air sangatlah kuat sehingga senyawa ini mampu memisahkan atom hidrogen dan oksigen pada suatu senyawa (menarik air). Sebagai contoh, mencampurkan pati ($C_6H_{12}O_6$)_n dengan asam sulfat pekat akan menghasilkan karbon dan air yang terserap dalam asam sulfat (yang akan mengencerkan asam sulfat). Reaktivitas asam sulfat mengalami penguraian bila kena panas, mengeluarkan gas SO_2 . Asam encer bereaksi dengan logam menghasilkan gas hidrogen yang eksplosif bila kena nyala atau panas. Asam sulfat bereaksi hebat dengan air.

Tabel 3. Sifat-Sifat Fisik Asam Sulfat

Rumus molekul	H_2SO_4
Massa molar	98,08 g/mol
Penampilan	Cairan higroskopis, berminyak, tak berwarna, tak berbau
Densitas	1,84 g/cm ³
Titik lebur	10 °C (283 K)
Titik didih	337 °C (610 K)
Kelarutan dalam air	tercampur penuh
Tekanan uap	<10 Pa pada 20°C (diabaikan)
Keasaman (pK_a)	1,98 pada 25°C
Viskositas	26,7 cP (20 °C)

Sumber : Lide, D.R, (2007)

2.2.5 Karakterisasi Karbon Aktif

Karakterisasi dalam penelitian ini meliputi :

a. Penentuan Kadar Air

Penentuan kadar air dapat dilakukan dengan mengasumsi bahwa dalam karbon aktif tersebut hanya air yang merupakan senyawa mudah menguap. Pada dasarnya penentuan kadar air adalah dengan menguapkan air dari karbon aktif dengan pemanasan 150°C sampai didapatkan berat yang konstan. Penetapan kadar

air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis karbon aktif, dimana karbon aktif mempunyai sifat afinitas yang besar terhadap air. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia karbon aktif yang baik mempunyai kadar air maksimal 15%. (SNI 06-3730-1995)

b. Penentuan Kadar Zat Terbang

Prinsip dalam penentuan kadar zat terbang adalah sample dari air menguap pada suhu diatas 100°C sehingga tercapai berat konstan selama ± 4 jam (kadar air) diambil sebanyak 1 gram lalu dipanaskan dalam furnace pada suhu 900°C selama 7 menit. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia karbon aktif yang baik mempunyai kadar zat terbang maksimal 25% (SNI 06-3730-1995)

c. Penentuan Kadar Abu

Karbon aktif yang dibuat dari bahan alam tidak hanya mengandung senyawa karbon saja, tetapi juga mengandung beberapa mineral. Sebagian mineral ini hilang selama proses karbonisasi dan aktivasi, sebagian lagi tertinggal dalam karbon aktif. Kadar abu karbon aktif adalah sisa yang tertinggal pada saat karbon dibakar, biasanya pada temperature $600 - 900^{\circ}\text{C}$. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia karbon aktif yang baik mempunyai kadar abu maksimal 10%. (SNI 06-3730-1995)

d. Penentuan Kadar Karbon Terikat

Karbon dalam Karbon adalah zat yang terdapat pada fraksi padat hasil pirolisis selain abu (zat anorganik) dan zat-zat yang masih terdapat pada pori-pori Karbon. Prosedur pengujian dan perhitungan kadar karbon mengacu pada SNI 06-3730-1995.

e. Penentuan Daya Serap Iod

Adsorpsi iodin telah banyak dilakukan untuk menentukan kapasitas adsorpsi karbon aktif. Penetapan ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan karbon aktif untuk menyerap larutan berwarna. Angka iodine didefinisikan sebagai jumlah milligram iodine yang diadsorpsi oleh satu gram karbon aktif. (SNI 06-3730-1995).

Tabel 4. Syarat Mutu Karbon Aktif (SII.0258-88)

Uraian	Satuan	Persyaratan	
		Butiran	Padatan
Kadar Air	%	Max 4,5	Max 10
Kadar Abu	%	Max 2,5	Max 10
Daya Serap Terhadap Larutan I ₂	mg/gram	Min 750	Max 750
Daya Serap Terhadap Benzene	mg/gram	Min 25	-
Daya Serap Terhadap Methylenblue	mg/gram	Min 60	Min 120
Lolos Ukuran Mesh 325	%	-	Min 90

Sumber : Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah, LIPI, 1997

Tabel 5. Syarat Mutu Karbon Aktif (SNI 06-3730-1995)

Jenis Persyaratan	Parameter
Kadar Air	Max 15%
Kadar Abu	Max 10%
Kadar Zat Menguap	Max 25%
Kadar Karbon Terikat	Max 65%
Daya Serap Terhadap Iodin	Min 750 mg/gr
Daya Serap Terhadap Benzene	Min 25%

Sumber : Dewan Standarisasi Nasional, 1995

2.2.6 Kegunaan Karbon Aktif

Tabel 6. Aplikasi Penggunaan Karbon Aktif dalam Industri

Tujuan	Pemakaian
A. Untuk Gas	
1. Pemurnian gas	Desulfurisasi, menghilangkan gas racun, bau busuk, asap, menyerap racun.
2. Pengolahan LNG	Desulfurisasi dan penyaringan berbagai bahan mentah dan reaksi gas.
3. Katalisator	Reaksi katalisator atau pengangkut vinil klorida dan vinil acetate.
4. Lain-lain	Menghilangkan bau dalam kamar pendingin dan mobil.
B. Untuk Zat Cair	
1. Industri obat dan makanan	Menyaring dan menghilangkan warna, bau dan rasa yang tidak enak pada makanan.
2. Minuman ringan dan minuman keras	Menghilangkan warna dan bau pada arak/minuman keras dan minuman ringan.
3. Kimia Perminyakan	Penyulingan bahan mentah, zat perantara.
4. Pembersih air	Menyaring atau menghilangkan bau, warna dan zat pencemar dalam air sebagai pelindung atau penukar resin dalam penyulingan air.
5. Pembersih air buangan	Mengatur dan membersihkan air buangan dan pencemaran.
6. Penambakan udang dan benur	Pemurnian, menghilangkan bau dan warna.
7. Pelarut yang digunakan kembali	Penarikan kembali berbagai pelarut, sisa methanol, etil acetate dan lain-lain.
C. Lain-lain	
1. Pengolahan pulp	Pemurnian , menghilangkan bau
2. Pengolahan pupuk	Pemurnian
3. Pengolahan emas	Pemurnian, menghilangkan bau, warna, dan rasa tidak enak
4. Penyaringan minyak	Pemurnian, menghilangkan bau, warna, dan rasa tidak enak

Sumber : Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah, LIPI, 1997

2.3 Adsorpsi

Adsorpsi adalah salah satu proses penyerapan dimana suatu cairan atau gas akan terikat pada suatu padatan atau cairan (absorben) dan membentuk lapisan film (adsorbat) pada permukaannya. Adsorpsi oleh zat padat dibedakan menjadi dua, yaitu adsorpsi fisis (*fisisorpsi*) dan adsorpsi khemis (*chemisorpsi*).

a. *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 fisika yaitu adsorpsi oleh zeolit, silika gel, dan karbon aktif. Aktivasi karbon 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.

b. *Chemisorption* (adsorpsi kimia)

Chemisorption terjadi ketika terbentuknya ikatan kimia (bukan ikatan van Dar Waals) antara senyawa terlarut dalam larutan dengan molekul dalam media. Chemisorpsi terjadi diawali dengan adsorpsi fisik, yaitu partikel adsorbat tertarik ke permukaan katalis melalui gaya Van der Waals atau bisa melalui ikatan hidrogen. Dalam Chemisorbption partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen), dan cenderung mencari tempat yang memaksimumkan bilangan koordinasi dengan substrat. Contoh : *Metal hydride, calcium sholide, dan Ion exchange*.

Tabel 7. Perbedaan Adsorpsi Fisika dan Adsorpsi Kimia

Adsorpsi fisika	Adsorpsi kimia
Molekul terikat pada katalis oleh gaya Van der Waals	Molekul terikat pada katalis oleh ikatan kimia
Mempunyai entalpi reaksi -4 sampai -40 kJ/mol	Mempunyai entalpi reaksi -40 sampai 800 kJ/mol
Dapat membentuk lapisan multilayer	Membentuk lapisan Monolayer
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 katalis dan adsorbat
Tidak melibatkan energi aktivasi tertentu	Melibatkan energi aktivasi tertentu
Bersifat tidak spesifik	Bersifat sangat spesifik

Sumber : Adinata, 2013

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

a. Kecepatan Pengadukan,

Jika pengadukan terlalu lambat maka proses akan berjalan proses adsorpsi akan berjalan lambat juga. Tetapi jika pengadukan terlalu cepat maka akan muncul kemungkinan struktur adsorbat mengalami kerusakan.

b. Luas Permukaan

Semakin luas permukaan katalis maka semakin banyak zat yang teradsorpsi.

c. Jenis dan Karakteristik Adsorban

Ukuran partikel karbon mempengaruhi tingkat adsorpsi yaitu tingkat adsorpsi naik jika ukuran partikel kecil. Oleh karena itu adsorpsi menggunakan karbon PAC (*Powdered Activated Carbon*) lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan karbon GAC (*Granular Activated Carbon*). Kapasitas total adsorpsi karbon tergantung pada luas permukaannya. Ukuran partikel karbon tidak mempengaruhi luas permukaannya. Oleh sebab itu GAC atau PAC dengan berat yang sama memiliki kapasitas adsorpsi yang sama.

d. Jenis Dan Karakteristik Adsorbat

Jenis adsorbat dengan rantai yang bercabang biasanya lebih mudah diadsorpsi dibandingkan rantai yang lurus. Kemampuan adsorpsi adsorbat biasanya akan meningkat jika memiliki polarisabilitas dan berat molekul yang tinggi.

e. Kelarutan Adsorbat

Senyawa yang terlarut memiliki gaya tarik-menarik yang kuat terhadap pelarutnya sehingga lebih sulit diadsorpsi dibandingkan senyawa tidak larut.

f. Struktur molekul adsorbat dan konsentrasinya

Hidroksil dan amino dapat mengurangi kemampuan adsorpsi, sedangkan Nitrogen meningkatkan kemampuan tersebut. Semakin besar konsentrasi adsorbat dalam larutan maka semakin banyak jumlah substansi yang terkumpul pada permukaan katalis.

g. pH

Tingkat keasaman adsorbat berpengaruh pada proses adsorpsi. Asam organik lebih mudah teradsorpsi pada pH rendah, sedangkan adsorpsi basa organik efektif pada pH tinggi.

h. Temperatur

Naik turunnya tingkat adsorpsi di pengaruhi oleh temperatur. Pemanasan katalis akan menyebabkan pori-pori katalis terbuka sehingga daya serapnya meningkat. Tetapi pemanasan yang terlalu juga dapat membuat struktur katalis rusak sehingga daya serapnya menurun.

i. Tekanan (P)

Kenaikan tekanan adsorbat dapat menaikkan jumlah yang diadsorpsi.

j. Waktu Singgung

Bila karbon aktif ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik

dengan jumlah karbon yang digunakan. Selisih ditentukan oleh dosis karbon aktif, pengadukan juga mempengaruhi waktu singgung. Pengadukan dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada partikel karbon aktif untuk bersinggungan dengan senyawa serapan. Untuk larutan yang mempunyai viskositas tinggi, dibutuhkan waktu singgung yang lebih lama.

2.4 Logam Cu

Tembaga adalah logam merah-muda yang lunak, dapat ditempa, melebur pada 1038 .Dalam table periodik unsur-unsur kimia, tembaga menempati posisi dengan nomor atom (NA) 29 dan mempunyai bobot atau berat atom (BA) 63,546. Unsur tembaga di alam, dapat ditemukan dalam bentuk logam bebas, akan tetapi lebih banyak ditemukan dalam bentuk persenyawaan atau sebagai senyawa padat dalam bentuk mineral. Selain itu, tembaga (Cu) juga terdapat dalam makanan. Sumber utama tembaga adalah tiram, kerang, kacang-kacangan, sereal, dan coklat. Dalam bidang industri Cu berfungsi untuk :

1. Sebagai bahan untuk kabel listrik dan kumparan dinamo.
2. Sebagai bahan penahan untuk bangunan dan beberapa bagian dari kapal.
3. Serbuk tembaga digunakan sebagai katalisator untuk mengoksidasi methanol menjadi metanal.
4. Digunakan untuk menambah kekuatan dan kekerasan mata uang dan perkakas – perkakas yang terbuat dari emas dan perak.
5. Dalam industri, tembaga banyak digunakan dalam industri cat, industri fungisida serta dapat digunakan sebagai katalis, baterai elektroda, sebagai pencegah pertumbuhan lumut, turunan senyawa – senyawa karbonat banyak digunakan sebagai pigmen dan pewarna kuning.

Dalam tubuh Cu berfungsi untuk :

1. Penting dalam pembentukan Hb dan eritrosit.
2. Tembaga adalah komponen dari berbagai enzim yang diperlukan untuk menghasilkan energi, anti oksidasi, dan sintesa hormon adrenalin serta untuk pembentukan jaringan ikat.
3. Membantu absorpsi unsur Fe.

4. Memelihara fungsi sistem syaraf.
5. Sintesis substansi hormon.

Gejala orang yang kekurangan tembaga, diantaranya adalah :

1. Terjadi pendarahan berupa titik kecil di kulit dan aneurisma arterial.
2. Penurunan jumlah sel darah merah (anemia) dan sel darah putih (leukopenia).
3. Penurunan jumlah kalsium dalam tulang
4. Kadar tembaga rendah dalam darah
5. rambut yang sangat kusut.
6. keterbelakangan mental.
7. kegagalan sintesa enzim yang memerlukan tembaga.

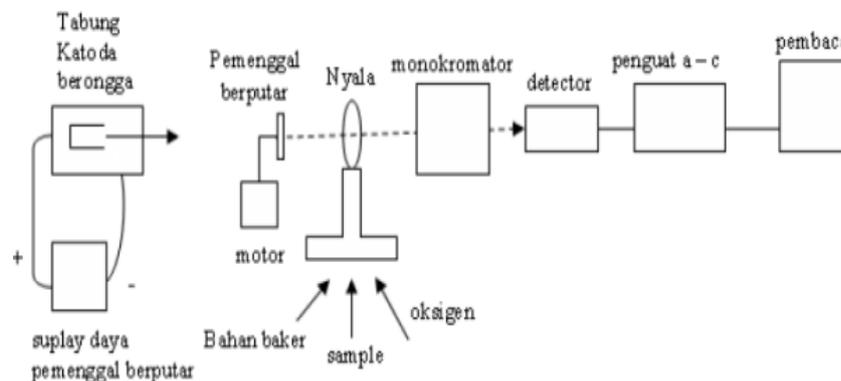
Keberadaan Cu di lingkungan perlu mendapat perhatian mengingat kecilnya batas konsintrasi yang diijinkan. Berdasarkan keputusan Menteri Negara LH Kep.No.03/Men-KLH tahun 2010 tentang penetapan Baku Mutu Air Limbah, batas maksimal keberadaan Cu yang diperbolehkan adalah 2 ppm. Mengingat kecilnya batas konsentrasi yang diperbolehkan dan pengaruh dari toksisitas logam berat Cu, maka diperlukan adanya metode analisis yang memiliki ketelitian dan ketepatan tinggi.

2.5 Spektrometri Serapan Atom (SSA)

Sejarah singkat tentang serapan atom pertama kali diamati oleh *Frounhof*, yang pada saat itu menelaah garis-garis hitam pada spectrum matahari. Spektrometri Serapan Atom (SSA) adalah suatu alat yang digunakan pada metode analisis untuk penentuan unsur-unsur logam dan metalloid yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas. Metode ini sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah.

Metode SSA berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya Spektrometri Serapan Atom (SSA) meliputi absorpsi sinar oleh atom-

atom netral unsur logam yang masih berada dalam keadaan dasarnya (Ground state).



Sumber : Gunandjar, 1985

Gambar 12. Skema Proses Spektrometri Serapan Atom

Instrumentasi Spektrometri Serapan Atom (SSA)

a. Sumber Sinar

Sumber sinar yang lazim dipakai adalah lampu katoda berongga (*hallow cathode lamp*) yang terdiri atas tabung kaca tertutup yang mengandung suatu katoda dan anoda.

b. Tempat sampel

Dalam analisis dengan SSA, sampel yang akan dianalisis harus di uraikan menjadi atom-atom netral.

c. Monokromator

Pada SSA monokromator dimaksudkan untuk memisahkan dan memilih panjang gelombang yang digunakan dalam analisis.

d. Detektor

Digunakan untuk mengukur intensitas cahaya yang melalui tempat pengatoman.

e. Readout

Hasil pembacaan dapat berupa angka atau kurva dari suatu recorder yang menggambarkan absorbansi atau intensitas emisi (Sudjadi, 2007)

Tabel.8 Hasil Penelitian Sebelumnya dengan Aktivator Asam Sulfat dan Asam Fosfat

Nama	Tahun	Judul	Aktivator	Konsentrasi aktivator (m)	Kadar air (%)	Kadar abu (%)	Daya serap iod (mg/gr)	Adsorbat	Kadar adsorpsi adsorbat (%)
Drs. Suhartana, M.Si	2008	Karbon aktif dari tempurung kelapa	H ₃ PO ₄	4	3,35	0,62	1275,3	Fenol	27,027
Al Nailil Mana Sm	2011	Karbon aktif dari batang pisang	H ₃ PO ₄	2,5	7,8	6,75	796,75	Cr	33,333
Haika Rahmah	2009	Karbon aktif dari bambu	H ₂ SO ₄	2,5	0,4	6,6	1015,28	Cu	0,7969
Drs. Suhartana, m.si	2008	Karbon aktif dari tempurung kelapa	H ₂ SO ₄	4	3,43	0,58	1243,6	Fenol	24,390
Gustan pari, dkk	2008	Karbon aktif dari serbuk gergaji	H ₃ PO ₄	2,5	3,07	4,50	1171,5	Benzena	10,38
Elly kurniati	2008	Karbon aktif dari cangkang kelapa sawit	H ₃ PO ₄	1,5	7,36	2,77	761,21	Pb	0,024
I ketut gede intan kurniawan	2009	Karbon aktif dari tempurung buah lontar	H ₂ SO ₄	5	5,74	9,459	1236	Fenol	0,680
Ruci aprianti	2009	Karbon aktif dari kulit durian	H ₃ PO ₄	0,3	12,33	7,33	356,46	Metil biru	98
Haika rahmah	2009	Karbon aktif dari bambu	H ₂ SO ₄	2,5	0,4	6,6	1015,28	Cu	0,7696
Friskilia gultom	2012	Karbon aktif dari kulit durian	H ₂ SO ₄	1	8,3052	2,9294	977,207	Cu	2,8716

Sumber : Gultom, 2012