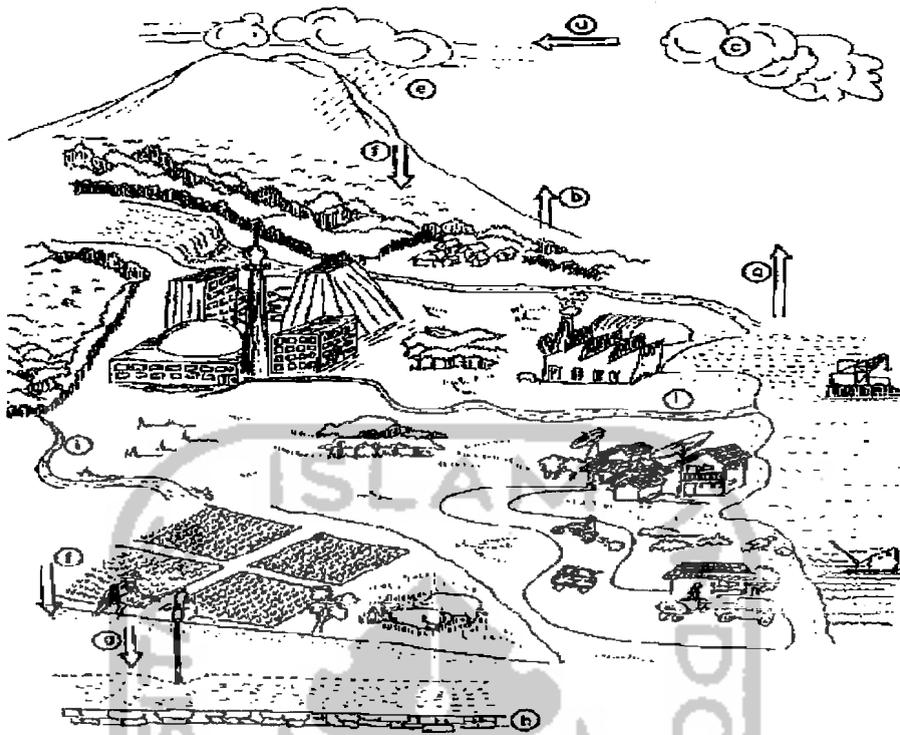


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. AIR TANAH

Kandungan air di bumi sangat berlimpah, volume seluruhnya mencapai 1.400.000.000 km³. Lebih kurang 97% merupakan air laut (air asin) yang tidak dapat dimanfaatkan secara langsung dalam kehidupan manusia. Dari 3% sisanya, 2% berupa gunung-gunung es di kedua kutub bumi. Selebihnya 0,75% merupakan air tawar yang mendukung kehidupan makhluk hidup di darat, terdapat di danau, sungai dan di dalam tanah. Air mempunyai rumus kimia H₂O. Satu molekul air terbentuk dari dua atom hidrogen dan satu atom oksigen. Air adalah pelarut universal, artinya hampir semua zat dapat larut di dalam air. Garam dan oksigen adalah contoh zat yang mudah larut, sedangkan oli atau minyak sulit larut di dalam air. Air mempunyai tiga wujud, yaitu padat (es, salju), cair (air tawar, air laut) dan gas (uap air). Untuk merubah air dari wujud padat ke cair atau dari wujud cair ke gas diperlukan energi (Anonim, 2005).



Gambar 2.1 Siklus air

(Sumber : Agung, www.voctech.org.bn.htm)

Proses-proses dalam Siklus Air, adalah sebagai berikut :

- a) **Penguapan**, yaitu proses perubahan air menjadi uap air dengan bantuan energi panas dari sinar matahari.
- b) **Transpirasi**, yaitu proses penguapan air yang terjadi melalui tumbuhan.
- c) **Kondensasi**, yaitu proses perubahan uap air menjadi tetes-tetes air yang sangat kecil (pengembunan).
- d) **Transportasi**, yaitu proses pengangkutan awan/uap air oleh angin menuju ke daerah tertentu yang akan kejatuhan hujan.

- e) **Hujan**, yaitu proses jatuhnya tetes-tetes air “besar” (tumpukan tetes-tetes air kecil hasil kondensasi) sampai ke permukaan bumi.
- f) **Infiltrasi**, yaitu gerakan air hujan menembus permukaan tanah kemudian masuk ke dalam tanah (Peresapan).
- g) **Perkolasi**, yaitu proses penyaringan air melalui pori-pori halus tanah sehingga air dapat meresap dalam tanah (Peresapan).
- h) **Aliran Air Dalam Tanah**, yaitu air hujan yang meresap ke dalam tanah dan mengalir di atas lapisan kedap air sampai muncul kembali di permukaan tanah sebagai mata air, atau mengalir hingga ke laut.
- i) **Aliran Air Permukaan**, yaitu air hujan yang tidak meresap ke dalam tanah melainkan menggenang atau mengalir di permukaan tanah.

Air tanah adalah air yang menempati rongga-rongga dalam lapisan geologi (Soemarto, 1995).

Air tanah berasal dari air hujan yang meresap dan tertahan di dalam bumi. Air tanah dapat dibagi menjadi air tanah dangkal dan air tanah dalam. Bagaimana mendapatkan air tanah caranya adalah dengan mengebor atau menggali. Macam sumur untuk mendapatkan air tanah adalah :

1. Sumur Gali, adalah sarana mendapatkan air tanah dengan cara menggali dan menaikkan airnya dengan ditimba.

2. Sumur Pompa Tangan adalah sarana mendapatkan air tanah dengan cara mengebor dan menaikkan airnya dengan pompa dengan tenaga tangan.
3. Sumur Pompa Listrik adalah sarana mendapatkan air tanah dengan cara mengebor dan menaikkan airnya dengan dipompa dengan tenaga listrik.

Air permukaan seperti air sungai, air rawa, air danau, air irigasi, air laut dan sebagainya adalah merupakan sumber air yang dapat dipakai sebagai bahan air bersih dan air minum tetapi perlu pengolahan. Air permukaan sifatnya sangat mudah terkontaminasi dan tercemar oleh bahan pengotor dan pencemar yang mengapung, melayang, mengendap dan melarut di air permukaan. Karena sifatnya yang demikian maka sebelum diminum air permukaan perlu diolah terlebih dahulu sampai benar-benar aman dan memenuhi syarat sebagai air bersih atau air minum (Tim NAD hakli pusat, 2005).

Air tanah ada tiga macam :

1. Air tanah dangkal

Terjadi karena adanya proses peresapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan demikian pula bakteri, sehingga air tanah akan jernih tetapi lebih banyak mengandung zat-zat kimia (garam-garam yang terlarut) karena melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur-unsur kimia tertentu untuk masing-masing lapisan tanah. Lapisan tanah disini berfungsi sebagai saringan. Disamping penyaringan, pengotoran juga masih terus berlangsung, terutama pada muka air tanah yang dekat dengan muka tanah. Setelah menemui lapisan rapat air, air akan terkumpul merupakan air tanah dangkal

dimana air ini dimanfaatkan untuk sumber air minum melalui sumur-sumur dangkal. Air tanah dangkal ini didapat pada kedalaman 15 meter. Sebagai sumber air bersih, air tanah dangkal ini ditinjau dari segi kualitas agak baik, kuantitas kurang cukup dan tergantung pada musim.

2. Air tanah dalam

Terdapat setelah lapisan rapat air yang pertama. Pengambilan air tanah dalam tak semudah pada air tanah dangkal. Dalam hal ini harus digunakan bor dan memasukkan pipa ke dalamnya sehingga dalam kedalaman sekitar 100-300 meter akan didapat suatu lapisan air. Jika tekanan air tanah ini besar maka air tanah dapat menyembur keluar maka sumur ini disebut dengan sumur artesis. Jika air tidak mau keluar sendiri maka digunakan pompa untuk membantu pengeluaran air tanah dalam ini. Kualitas dari air tanah dalam pada umumnya lebih baik dari air tanah dangkal karena penyaringannya lebih sempurna dan bebas dari bakteri. Kuantitas dari air tanah dalam pada umumnya mencukupi tidak terpengaruh pada musim.

3. Mata air

Mata air adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari tanah dalam hampir tidak terpengaruh oleh musim dan kualitasnya sama dengan air tanah dalam. Berdasarkan munculnya ke permukaan tanah, mata air terbagi atas :

- Rembesan, dimana keluar dari lereng-lereng.

- Umbul, dimana air keluar ke permukaan pada suatu dataran.

Menurut Otto Soemarwoto Air tanah secara konvensional digolongkan dalam tiga kategori :

- Air higroskopis yang diserap pada permukaan partikel tanah.

Air higroskopis merupakan cairan yang tertahan amat ketat oleh partikel tanah dan berlaku sebagai lapisan yang sangat tipis pada dua permukaan antara yang cair. Pada lapisan paling dalam dari film air, air higroskopis ditahan pada tegangan mendekati 10 000 atm. Di daerah sekitar koefisien higroskopis tegangan turun secara bertahap ke arah permukaan luar film, sampai hanya 31 atm pada film paling luar. Disebabkan tegangan tinggi dimana air ditahan oleh tanah-tanah kebanyakan dari air higroskopis berada dalam keadaan bukan cairan dan ikut berpartisipasi secara minimal dalam aktivitas biologis tanah. Air ini tidak dapat dimanfaatkan oleh tanaman walaupun ia bias diperoleh dalam bentuk bakteri tertentu.

- Air kapiler yang tertahan oleh tegangan permukaan diantara dan disekeliling partikel-partikel tanah.

Air disimpan dengan dua cara didalam tanah: melalui penyerapan pada permukaan-permukaan padat partikel-partikel tanah liat dan zat organik, dan dalam celah atau pori-pori diantara partikel-partikel padat. Air higroskopis merupakan jumlah keseluruhan dari air terserap yang dapat dikandung oleh tanah. Akan tetapi air yang tertahan oleh bahkan tanah yang

cukup kering tak dapat terbagi secara tajam dalam air yang terserap oleh air kapiler. Karena itu pembagian air diantara air higroskopis dan air kapiler adalah agak bersifat arbitrer (tidak berat sebelah). Secara mudahnya air kapiler adalah air yang tertahan oleh tegangan permukaan dalam pori-pori tanah, setelah air yang terbebas itu yang tunduk pada tarikan gravitasi mengalir lepas. Air kapiler berada dalam film tipis dalam pori-pori berbentuk tak tebal dan tak teratur, akan tetapi merupakan perkiraan yang pasti mengenai ukuran pori-pori yang bias menahan air berupa cairan. Jumlah air yang bias ditahan oleh tanah tergantung pada tekstur, struktur dan kandungan organiknya, semakin halus tekstur tanah mineralnya semakin besar kapasitas kapilernya. Kapasitas ini bertambah besar manakala tanah-tanah menjadi semakin granular (berbutir) disebabkan oleh kadar organiknya.

- Air gravitasi yang biasa dibuang (drainase) dari tanah oleh gravitasi.

Air gravitasi itu terlalu berjangka pendek untuk dianggap sebagai bagian terpadu dari tanah, akan tetapi ia bermanfaat untuk diperhitungkan karena jika dibolehkan tetap berada dalam tanah, ia menyingkirkan udara, mempengaruhi penyaringan dan menghambat aktivitas biologis yang normal. Air tanah gravitasi dikandung dalam pori-pori makro. Air yang disimpan dalam pori-pori tanah pada tegangan $1/3$ atm dan kurang dari itu bereaksi terhadap gravitasi dan bergerak terus-menerus kebawah dalam kondisi kondisi yang cocok. Air gravitasi dianggap sebagai aliran air yang berlebihan. Akan tetapi jika terlalu banyak ia menyebabkan perlu adanya drainase dan alirannya mengakibatkan hilangnya zat-zat hara tanaman.

2.2. Air Minum

Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan menjadi air minum setelah dimasak terlebih dahulu. Sebagai batasannya air bersih adalah air yang memenuhi persyaratan bagi sistem penyediaan air minum, dimana persyaratan tersebut adalah persyaratan dari segi kualitas air yang meliputi kualitas fisik, kimia, biologis dan radiologist (Sidharta, 1997).

Air minum adalah air yang langsung bisa diminum tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu yakni yang bebas dari unsur kimia, fisika, dan mikrobiologi sehingga aman untuk diminum (Tjokrokusumo, 1995).

Air minum adalah air yang kualitasnya memenuhi syarat-syarat kesehatan yang dapat diminum (Sidharta, 1997).

Menurut Azrul azwar, air yang tidak memenuhi syarat untuk langsung diminum perlu diolah terlebih dahulu sedemikian rupa sehingga memenuhi standar kesehatan. Ditinjau dari perlu tidaknya pengelolaan air dapat dibedakan menjadi beberapa macam :

- Air yang sama sekali tidak memerlukan pengelolaan, jadi air tersebut dapat langsung diminum, biasanya berupa air tanah yang tidak terkontaminasi.
- Air yang hanya membutuhkan pekerjaan desinfeksi saja, umumnya berupa air dalam tanah ataupun air permukaan yang diperlakukan hampir tidak terkontaminasi.

- Air yang membutuhkan penyaringan pasir cepat atau alat pengolahan air lainnya yang sejenis dengan ini, yang dilanjutkan dengan chlorinasi secara tetap.
- Air yang membutuhkan pengolahan tambahan, setelah sebelumnya dilakukan proses proses pengolahan dengan saringan pasir cepat dan chlorinasi.
- Air yang membutuhkan pengolahan air secara istimewa yang biasa dilakukan pada air yang sama sekali tidak sehat.

Syarat-syarat air minum :

Menurut peraturan Men. Kes No. 416/Men.Kes/Per/IX/1990 bahwa air bersih yang digunakan untuk keperluan sehari-hari kualitasnya harus memenuhi syarat-syarat kualitas kesehatan dan dapat diminum apabila terlebih dahulu dimasak. Adapun syarat-syarat kualitas air minum meliputi :

1. Syarat fisik

Secara fisik air bersih harus bersih, tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak berasa. Disamping itu juga dipertimbangkan soal kenyamanan dari segi estetika dan dapat tidaknya diterima masyarakat sebagai pemakai air minum.

2. Syarat kimia

Secara kimia air tidak boleh mengandung zat-zat beracun, zat-zat yang menimbulkan gangguan teknis, estetika, psikologis serta zat-zat yang mengganggu kesehatan seperti Fe, Mn, Cu, Cr dan unsur-unsur lainnya.

3. Syarat bakteriologis

Air tidak boleh mengandung bakteri-bakteri penyakit (pathogen) sama sekali tidak boleh mengandung bakteri-bakteri golongan coli melebihi batas-batas yang ditentukan yaitu 1 coli / 100 ml air.

Bakteri golongan coli ini berasal dari usus besar (feaces) dan tanah.

Bakteri pathogen yang mungkin ada dalam air antara lain adalah:

- *Bakteri typhsum*
- *Vibri colerae*
- *Bakteri dysentriae*
- *Entamoeba hystolotica*
- *Bakteri enteritis* (penyakit perut)

Air yang mengandung golongan coli dianggap telah berkontaminasi dengan kotoran manusia. Dengan demikian dalam pemeriksaan bakteriologi tidak langsung diperiksa apakah air itu mengandung bakteri pathogen, tetapi diperiksa dengan indikator bakteri coli.

4. Syarat radio aktivitas

Air minum tidak boleh mengandung unsur-unsur yang dapat memancarkan sinar radiasi

(Totok dkk, 1991)

Walaupun air pada umumnya dinyatakan sebagai H_2O , namun air alam selalu mengandung bermacam-macam material dengan konsentrasi berkisar antara beberapa miligram perliter sampai kurang lebih 35.000 mg/lt.

Kontaminan yang mungkin ada di air dalam bentuk-bentuk sebagai berikut :

1. Material-material kasar tersuspensi atau terapung
Daun, cabang, ranting, dll
2. Material-material halus tersuspensi dan koloidal.
Lumpur, lempungm mikroorganisme dll
3. Material-material terlarut
Alkalinitas, kesadahan, asam-asam organik
4. Gas-gas terlarut
Karbon dioksida, hidrogen sulfida
5. Cairan-cairan tak terlarut
Lemak, pelumas, minyak

Unsur Besi (Fe), dan Mangan (Mn) dalam air

Besi dan mangan adalah mineral yang secara umum terdapat dalam kandungan mineral tanah, dimana bentuknya dapat bermacam macam bentuk

oksidasinya. Kandungan besi dan mangan dalam air tanah biasanya bermuatan 2^+ , dengan ciri-ciri larut dalam air dan tidak bisa diendapkan tanpa merubah struktur molekul dari Fe dan Mn.

Baik besi maupun mangan, dalam air biasanya terlarut dalam bentuk senyawa atau garam bikarbonat, garam sulfat, hidroksida dan juga dalam bentuk koloid atau dalam keadaan bergabung dengan senyawa organik (Heru dkk, 1999).

Besi (Fe)

Besi adalah salah satu elemen kimia yang dapat ditemui pada hampir setiap tempat di bumi, pada semua lapisan biologis dan semua bahan air. Besi (Fe) bernomor atom 26, bermassa atom 55,847, mempunyai titik lebur 1536°C dan bermassa jenis $7,869\text{ g/m}^3$ serta mempunyai titik didih 3000°C dan mempunyai struktur elektron (Ar) $3d^6, 4s^2$. Besi dalam senyawa memiliki tingkat oksidasi yaitu 0, +2, +3, +4, +6. (Haris, 2004).

Pada umumnya besi yang ada dalam air bersifat :

- Terlarut sebagai Fe^{2+} (ferro) atau Fe^{3+} feri.
- Tersuspensi sebagai butir koloidal (diameter $< 1\mu\text{m}$) atau lebih besar seperti Fe^2O^3 , FeO , FeOOH , $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan sebagainya.
- Tergabung dengan zat organik atau zat padat yang inorganik (seperti tanah liat).

Pada air permukaan jarang ditemui kadar Fe lebih dari 1 mg/lt, tetapi didalam tanah kadar Fe dapat jauh lebih tinggi. Konsentrasi Fe ini dapat dirasakan dapat menodai kain dan perkakas dapur. Pada air yang tidak mengandung oksigen,

seperti air tanah, besi berada sebagai Fe^{2+} yang cukup dapat terlarut, sedangkan pada sungai dan terjadi aerasi, Fe^{2+} teroksidasi menjadi Fe^{3+} , bahkan dapat menjadi ferihidroksida $\text{Fe}(\text{OH})_3$, atau salah satu jenis oksida yang merupakan zat padat dan dapat mengendap (Alaerts dkk, 1984).

Adanya unsur-unsur besi dalam air diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tubuh akan unsur tersebut. Untuk metabolisme, tubuh memerlukan 7-35 mg unsur tersebut perhari, yang tidak hanya diperoleh dari air (Totok dkk, 1991).

Akan tetapi dalam dosis besar besi dapat merusak usus, garam besi dapat mengiritasi mukosa lambung dan usus terutama pada saat perut dalam keadaan kosong. Debu besi juga dapat terakumulasi di dalam alveolus dan menyebabkan berkurangnya fungsi paru-paru.

Besi dalam bentuk ion Fe^{2+} menjadi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang merupakan endapan (presipitat) yang mengakibatkan kekeruhan dalam air bersih sehingga dapat menimbulkan berbagai gangguan yaitu :

- Menimbulkan warna kuning dalam air
- Pada konsentrasi tinggi menimbulkan rasa dan bau logam
- Menimbulkan noda-noda pada pakaian yang berwarna terang dan alat-alat sanitasi
- Menyokong pertumbuhan bakteri-bakteri besi
- Pada konsentrasi tinggi dapat beracun bagi manusia

(Sugiharto, 1985)

Mangan (Mn)

Mangan di alam dapat ditemukan dalam berbagai bentuk persenyawaan, antara lain seperti : MnO , MnCO_3 , MnSO_3 , MnS dan lain-lain

Mangan (Mn) kurang banyak terdapat di alam dibandingkan dengan Fe, Mn di dalam air dapat bersifat :

- Larut sebagai Mn^{2+} dan Mn^{4+} .
- Mn zat terlarut dapat dioksidasi oleh O_2 terlarut sehingga senyawa berubah dan dapat mengendap.

Mangan seperti halnya besi selalu bermuatan lebih dari 1 (satu) valensi. Dalam air baku kebanyakan berbentuk bivalensi (Mn^{2+}) dan Mangan Quadra valensi (Mn^{4+}). Unsur ini lebih sulit dioksidasi dibandingkan besi dan tidak selalu menimbulkan warna pada air tetapi akan menyebabkan noda pada pakaian dan peralatan medis.

Mangan bersama-sama Cobalt (Co), Tembaga (Cu), Moritderum (Mo) bertindak sebagai katalisator dalam pembentukan Hb darah.

Endapan MnO_2 akan memberikan noda-noda pada bahan atau benda yang berwarna putih. Adanya unsur ini akan menimbulkan bau dan rasa pada minuman. Disamping itu konsentrasi 0,05 mg/lit unsur ini merupakan akhir batas dari usaha penghilangan dari kebanyakan air yang dapat dicapai. Kemungkinan unsur ini merupakan nutrien yang penting dalam kebutuhan perhari 10 mg yang diperoleh dari makanan. Unsur ini bersifat toksis bagi pernafasan (Totok, 1991).

Jadi seperti halnya besi, mangan apabila terhirup melalui pernafasan berupa debu dan uap mangan akan menimbulkan gejala seperti gangguan susunan syaraf, insomnia, kemudian lemah pada kaki dan otot mata, sehingga ekspresi

muka menjadi kaku. Apabila berlanjut maka gejalanya akan lambat dan monoton, terjadi hiper refleksi, clonus pada patella dan tumit serta berjalan seperti penderita parkinsis.

Konsentrasi Mn yang lebih besar dari 0,5 mg/lit dapat menyebabkan rasa yang aneh pada minuman dan meninggalkan warna coklat pada pakaian dan dapat menimbulkan kerusakan pada hati (Totok dkk, 1991).

2.3. Karbon Aktif (Arang Aktif)

Arang merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Ketika pemanasan berlangsung, diusahakan agar tidak terjadi kebocoran udara didalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi. Arang selain digunakan sebagai bahan bakar, juga dapat digunakan sebagai adsorben (penyerap). Daya serap ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika terhadap arang tersebut dilakukan aktivasi dengan aktif faktor bahan-bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Dengan demikian, arang akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia. Arang yang demikian disebut sebagai arang aktif. Arang aktif merupakan senyawa karbon amorph, yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Luas permukaan arang aktif berkisar antara 300-3500 m²/gram dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang

menyebabkan arang aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. Arang 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 arang aktif sangat besar, yaitu 25-1000% terhadap berat arang aktif (Meilita dan Tuti, 2003).

Karbon aktif yaitu karbon dengan struktur amorphous atau mikrokristalin yang dengan perlakuan khusus dapat memiliki luas permukaan dalam yang sangat besar antara 300 - 2000 m²/gram. Pada dasarnya ada dua jenis karbon aktif yaitu karbon aktif fasa cair yang dihasilkan dari material dengan berat jenis rendah, seperti misalnya arang sekam padi dengan bentuk butiran rapuh dan mudah hancur, mempunyai kadar abu yang tinggi berupa silika dan biasanya digunakan untuk menghilangkan bau, rasa, warna dan kontaminan organik lainnya, sedangkan karbon aktif fasa gas dihasilkan dari bahan dengan berat jenis tinggi (Pohan dkk, www.dprin.go.id.htm).

Arang tempurung kelapa adalah produk yang diperoleh dari pembakaran tidak sempurna terhadap tempurung kelapa. Sebagai bahan bakar, arang lebih menguntungkan dibanding kayu bakar. Arang memberikan kalor pembakaran yang lebih tinggi, dan asap yang lebih sedikit.

Arang aktif adalah arang yang diproses sedemikian rupa sehingga mempunyai daya serap/adsorpsi yang tinggi terhadap bahan yang berbentuk larutan atau uap. Karbon aktif secara luas digunakan sebagai adsorben dan secara umum mempunyai kapasitas yang besar untuk mengadsorpsi molekul organik.

Arang aktif atau karbon aktif adalah arang yang dapat menyerap anion, kation dan molekul dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik, larutan ataupun gas (Pri, 1996, dikutip Munawar 2004).

Karbon aktif terdiri dari berbagai mineral yang dibedakan berdasarkan kemampuan adsorpsi (daya serap) dan karakteristiknya. Sumber bahan baku dan proses yang berbeda akan menghasilkan kualitas karbon aktif yang berbeda. Sumber bahan baku karbon aktif terdiri dari kayu, ampas tebu, kulit buah, batok kelapa, batubara muda dan sisa bahan bakar minyak (Reynold, 1982).

Kemampuan arang aktif untuk menyerap diantaranya disebabkan karena arang tersebut selain berpori juga permukaannya terbebas dari deposit senyawa hidro karbon. Rongga atau pori arang aktif dibersihkan dari senyawa lain atau kotoran sehingga permukaannya dan pusat arang aktif menjadi luas atau daya adsorpsinya akan meningkat (Gusmailina dkk, 1994, dikutip Munawar, 2004).

Kegunaan arang aktif

Saat ini, arang aktif telah digunakan secara luas dalam industri kimia, makanan/minuman dan farmasi. Pada umumnya arang aktif digunakan sebagai bahan penyerap, dan penjernih. Dalam jumlah kecil digunakan juga sebagai katalisator.

Table 2.3.1. Kegunaan arang aktif

Maksud/Tujuan	Pemakaian
I. UNTUK GAS	
1. Pemurnian gas	Desulfurisasi, menghilangkan gas beracun, 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 acetat
4. Lain-lain	Menghilangkan bau dalam kamar pendingin dan mobil
II. UNTUK ZAT CAIR	
1. Industri obat dan makanan	Menyaring dan menghilangkan warna, bau, rasa yang tidak enak pada makanan
2. Minuman ringan, minuman keras	Menghilangkan warna, bau pada arak/ minuman keras dan minuman ringan
3. Kimia perminyakan	Penyulingan bahan mentah, zat perantara
4. Pembersih air	Menyaring/menghilangkan bau, warna, zat pencemar dalam air, sebagai pelindung dan penukaran resin dalam alat/penyulingan air
5. Pembersih air buangan	Mengatur dan membersihkan air buangan dan pencemar, warna, bau, logam berat.
6. Penambakan udang dan benur	Pemurnian, menghilangkan bau, dan warna
7. Pelarut yang digunakan kembali	Penarikan kembali berbagai pelarut, sisa metanol, etil acetate dan lain-lain
III. LAIN-LAIN	
1. Pengolahan pulp	Pemurnian, menghilangkan bau
2. Pengolahan pupuk	Pemurnian
3. Pengolahan emas	Pemurnian
4. Penyaringan minyak makan dan glukosa	Menghilangkan bau, warna, dan rasa tidak enak

Sumber: Anonim,2005

Saat ini, arang aktif telah digunakan secara luas dalam industri kimia, makanan/minuman dan farmasi. Pada umumnya arang aktif digunakan sebagai bahan penyerap, dan penjernih. Dalam jumlah kecil digunakan juga sebagai katalisator (lihat Tabel 2.3.1).

Tabel 2.3.2 Penggunaan karbon aktif

No	PEMAKAI	KEGUNAAN	JENIS/MESH
1	Industri obat dan makanan	Menyaring, penghilangan bau dan rasa	8x30,325
2	Minuman keras dan Ringan	Penghilangan warna, bau pada minuman	4x8,4x12
3	Kimia perminyakan	Penyulingan bahan mentah	4x8,4x12,8x30
4	Pembersih air	Penghilangan warna, bau penghilangan resin	
5	Budi daya udang	Pemurnian, penghilangan ammonia, netrite phenol dan logam berat	4x8,4x12
6	Industri gula	Penghilangan zat-zat warna, menyerap proses penyaringan menjadi lebih sempurna	4x8, 4x12
7	Pelarut yang digunakan kembali	Penarikan kembali berbagai pelarut	4x8,4x12,8x30
8	Pemurnian gas	Menghilangkan sulfur, gas beracun, bau busuk asap	4x8, 4x12
9	Katalisator	Reaksi katalisator pengangkut vinil chloride, vinil acetat	4x8, 4x30
10	Pengolahan Pupuk	Pemurnian, penghilangan bau	8x30

Sumber : www.library.usu.ac.id

Menurut Standard Industri Indonesia (SII No. 0258-79) persyaratan arang aktif adalah sebagai berikut :

Tabel 2.3.3 Syarat Mutu Arang Aktif

Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1. Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C	%	Maksimum 15
2. Air	%	Maksimum 10
3. Abu	%	Maksimum 2,5
4. Bagian yang tidak mengarang	%	Tidak ternyata
5. Daya serap terhadap larutan I2	%	Maksimum 20

Sumber: Anonim, 2005

Tempurung kelapa merupakan bahan yang baik sekali untuk dibuat arang aktif yang dapat digunakan sebagai bahan penyerap (*adsorbant*). Selain karena kekerasannya juga karena bentuknya yang tidak terlalu tebal sehingga memungkinkan proses penyerapan berlangsung secara merata.

Pembuatan arang aktif dari tempurung kelapa terdiri dari 2 tahapan, yaitu :

1. Proses pembuatan arang dari tempurung kelapa
2. Proses pembuatan arang aktif dari arang

Rendemen arang aktif dari tempurung kelapa sekitar 25% dan tar 6%

1. Pembuatan arang dari tempurung kelapa Bahan baku :

Kebutuhan tempurung kelapa 1 ton/hari. Tempurung kelapa harus yang sudah tua, kayunya keras, kadar air rendah, sehingga dalam proses pengarangan, pematangannya akan berlangsung baik dan merata. Jika kadar air tinggi berarti kelapa belum cukup tua, proses pengarangan akan berlangsung lebih lama.

2. Proses pembuatan arang aktif dari arang.

Proses pembuatan arang aktif dilakukan dengan cara "destilasi kering" yaitu pembakaran tanpa adanya oksigen pada temperatur tinggi. Untuk kegiatan ini dibutuhkan *prototype* tungku aktivasi (alat destilasi) yang merupakan kisi-kisi tempat arang yang diaktifkan dengan kapasitas 250 kg arang. Proses aktivasi dilakukan hanya dengan mengontrol temperatur selama waktu tertentu (Anonim, 2005)

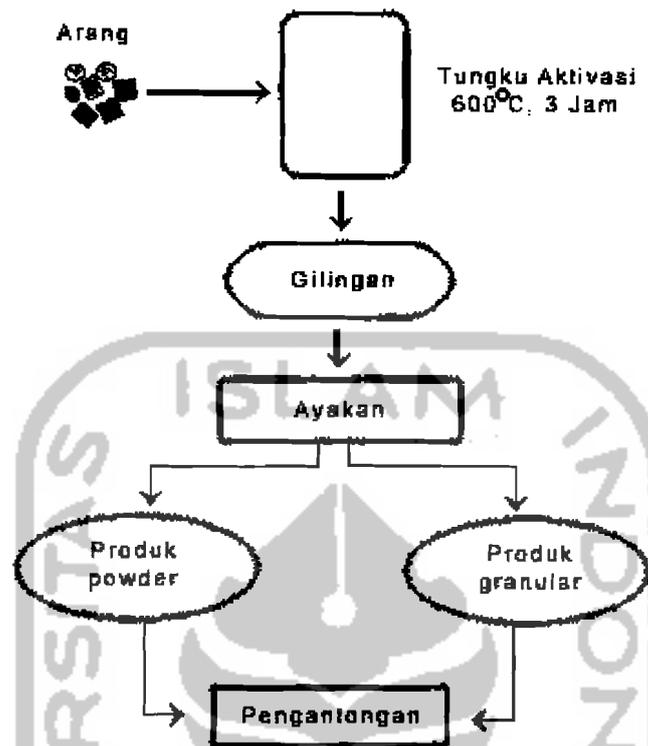
Untuk membentuk arang aktif maka membutuhkan suhu pemanasan dalam suatu uap panas (kukus) pada temperatur 600-700°C dilanjutkan dengan mengalirkan uap panas (*steam*) pada temperatur konstan 800-900°C dengan suplai

udara sedikit, sehingga terbentuk karbon aktif yang mempunyai struktur pori mikro yang maksimum dengan luas permukaan yang maksimum juga.

Ada dua metode dalam pengaktifan karbon yaitu :

1. Dengan menggunakan gas untuk mengoksidasi karbon pada suhu tinggi, gas yang digunakan biasanya adalah CO_2 dan udara / gabungan antara keduanya, pengaktifan gas ini selalu berjalan dalam kecepatan reaksi orde pertama dengan temperatur $100^{\circ} - 1000^{\circ} \text{C}$. Pengaktifan dengan gas ini ditujukan untuk memperluas struktur pori karbon melalui proses oksidasi.
2. Dengan pengaktifan secara kimia, zat kimia yang digunakan adalah ZnCl_2 , asam phosphor, Na_2SO_4 dan KOH . pengaktifan secara kimia berjalan pada temperatur $400-650^{\circ}\text{C}$. Proses ini ditujukan untuk memperluas permukaan pori bagian dalam karbon. (anonim, 1999 dikutip Isnawan, 2000)

BAGAN PROSES PEMBUATAN ARANG AKTIF

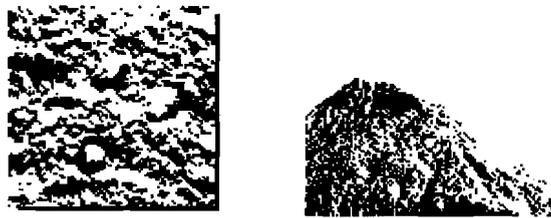


Gambar 2.3.1 Skema pembuatan karbon aktif
Sumber: Anonim, 2005

Karbon aktif diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yakni *powder*: jika ukuran diameter karbon aktif lebih kecil dari 200 mesh dan *granular* jika diameter karbon aktif berukuran lebih besar dari 160 mesh (0,1mm).



Gambar 2.3.2 Karbon aktif granular
(Sumber: Anonim, 2005)



Gambar 2.3.3 Karbon aktif powder
(Sumber: Anonim, 2005)

Bubuk karbon aktif mempunyai ukuran antara 10-50 μm , dan umumnya digunakan dalam proses penjernihan air. Karbon aktif biasanya ditambahkan ke dalam air bersama dengan reagent atau flokulasi. Dalam pengolahan air minum atau air limbah karbon aktif bubuk dan karbon aktif *granular* mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing (Supranto, 1988).

Ukuran partikel dan luas permukaan merupakan hal yang penting dalam karbon aktif. Ukuran partikel karbon aktif mempengaruhi kecepatan adsorpsi, tetapi tidak mempengaruhi kapasitas adsorpsi. Jadi kecepatan adsorpsi yang menggunakan karbon aktif serbuk (*powder*) lebih besar daripada karbon aktif butiran (*granular*). Luas permukaan total mempengaruhi kapasitas adsorpsi total sehingga meningkatkan efektifitas karbon aktif dalam penyisihan senyawa organik dalam air buangan. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 500-1400 m^2/gr . (Graham dkk, 1951).

Penggunaan bubuk karbon aktif mempunyai kelebihan sebagai berikut :

1. Sangat ekonomis karena ukuran butir yang kecil dan luas permukaan kontak persatuan 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.
4. Kemungkinan tumbuhnya mikroorganisme sangat kecil.

Adapun kerugiannya ialah :

1. Penanganan karbon aktif, karena berbentuk bubuk yang sangat halus. Kemungkinan mudah terbang terbawa 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 aktif bercampur dengan lumpur.

Kelebihan dari pemakaian karbon aktif *granular* :

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

Kerugiannya:

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

Ukuran partikel tidak terlalu mempengaruhi luas permukaan total sebagian besar meliputi pori-pori partikel karbon. Jadi berat yang sama dari karbon aktif

serbuk dengan butiran mempunyai kapasitas yang sama. Struktur pori-pori karbon aktif mempengaruhi perbandingan antara luas permukaan dan ukuran partikel. Ada dua macam pori dalam partikel karbon aktif yaitu *mikropore* dan *makropore*.

Diameter pori-pori tersebut dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

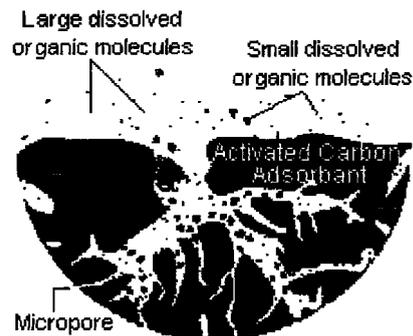
1. Pori-pori makro dengan diameter 200 A.
2. Pori-pori mikro dan pori-pori transisi dengan diameter dibawah 200 A .

Pori-pori ini memegang peranan penting dalam proses adsorpsi.

2.4. Adsorpsi

Adsorpsi adalah mengumpulnya suatu bahan pada permukaan adsorben padat, sedangkan absorpsi adalah masuknya bahan yang mengumpul dalam suatu zat padat. Oleh karenanya keduanya sering muncul bersamaan dalam suatu proses maka ada yang menyebutnya sorpsi. Baik adsorpsi maupun absorpsi terjadi pada karbon aktif maupun padatan lainnya, namun unit operasinya dikenal sebagai adsorpsi.

Adsorpsi adalah proses dimana substansi molekul meninggalkan larutan dan bergabung pada permukaan zat padat oleh ikatan fisika dan kimia. Substansi molekul atau bahan yang diserap disebut adsorbat, dan zat padat penyerapnya disebut adsorben. Proses adsorpsi biasanya dengan menggunakan karbon aktif yang digunakan guna menyisihkan senyawa-senyawa aromatik dan senyawa organik terlarut (Tjokrokusumo, 1991/1992).



Gambar 2.4.1 Proses adsorpsi pada karbon aktif

(Anonim, 2005)

Adsorpsi dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu :

- Adsorpsi fisik yaitu berhubungan dengan gaya Van Der Waals dan merupakan proses bolak-balik. Apabila gaya tarik menarik antara zat terlarut dengan adsorben lebih besar dari pada gaya tarik menarik antara zat terlarut dengan pelarutnya maka zat terlarut akan diadsorpsi pada permukaan adsorben.
- Adsorpsi kimia yaitu reaksi yang terjadi antara zat pada dan zat terlarut yang teradsorpsi.

Adsorpsi secara kuantitatif didefinisikan dengan dua persamaan sebagai berikut :

1. Isotherm Freundlich yang merupakan suatu rumus empiris yang mewakili equilibrium adsorpsi untuk konsentrasi zat terlarut tertentu :

$$\frac{x}{m} = X = K C e^{1/n} \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

x = massa zat terlarut yang teradsorpsi

C_e = konstanta *equilibrium* dari zat terlarut massa/volume.

$K.n$ = konstanta eksperimen

X = rasio massa fase solid

m = massa adsorban

2. Isotherm Langmuir

$$\frac{x}{m} = X = \frac{aKc_e}{1 + Kc_e} \quad (2)$$

dimana :

a = massa zat terlarut yang teradsorpsi yang diperlukan untuk menjenuhkan suatu unit massa adsorbent

K = konstanta eksperimen

(Reynold, 1982)

Mekanisme adsorpsi

Proses adsorpsi dapat digambarkan sebagai proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat akibat ikatan kimia dan fisika. Adsorpsi dibagi menjadi dua yaitu (Reynold, 1982) :

1. Adsorpsi fisik
2. Adsorpsi kimia

Adsorpsi fisik terjadi terutama karena adanya gaya Vander Walls. Apabila gaya tarik antar molekul zat terlarut dengan adsorben lebih besar dari pada gaya tarik antara molekul dengan pelarutnya maka zat terlarut tersebut akan diadsorpsi. Ikatan tersebut sangat lemah, sehingga mudah untuk diputuskan apabila konsentrasi zat terlarut yang teradsorpsi diubah. Jadi proses ini berlangsung bolak-balik sedangkan dalam proses adsorpsi kimia ikatan antara zat terlarut yang teradsorpsi dan adsorben sangat kuat, sehingga sulit untuk dilepaskan dan proses hampir tidak mungkin untuk bolak-balik.

Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi adalah (Hammer, 1977 dikutip petrus, 1996) :

1. Karakteristik fisik dan kimia dari adsorben seperti luas permukaan, ukuran pori-pori, komposisi dan lain-lain.
2. Karakteristik fisik dan kimia dari zat terlarut yang teradsorpsi, seperti ukuran molekul, polaritas molekul, komposisi kimia, PH, suhu dan lain sebagainya.
3. Konsentrasi zat terlarut yang teradsorpsi.
4. Waktu kontak.

Faktor lain yang mempengaruhi mekanisme adsorpsi adalah suhu, pH larutan dan waktu kontak sangat menentukan tingkat laku zat terlarut yang teradsorpsi maupun adsorben (Reynold, 1982).

1. Suhu

Reaksi-reaksi adsorpsi yang terjadi adalah eksoterm. Maka dari itu tingkat adsorpsi umumnya meningkat sejalan dengan menurunnya suhu. Perubahan entalpi proses adsorpsi umumnya terjadi di dalam reaksi kondensasi atau kristalisasi. Perubahan suhu sedikit cenderung tidak mempengaruhi proses adsorpsi.

2. PH (Derajat Keasaman)

Derajat keasaman (pH) berpengaruh besar terhadap adsorpsi, karena pH menentukan tingkat ionisasi larutan. Maka dapat mempengaruhi adsorpsi senyawa-senyawa organik asam atau basa lemah, pH yang baik berkisar antara 8-9. Umumnya beberapa senyawa organik semakin baik diadsorpsi apabila pH semakin rendah. Ini bisa terjadi akibat netralisasi muatan negatif karbon oleh ion-ion nitrogen yang menyebabkan permukaan karbon lebih baik untuk mengadsorpsi. Senyawa asam organik lebih dapat diadsorpsi pada pH rendah. Sebaliknya basa organik lebih dapat diadsorpsi pada pH tinggi.

3. Waktu Kontak

Waktu kontak merupakan hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Gaya adsorpsi molekul dari suatu zat terlarut akan meningkat apabila waktu kontak dengan karbon aktif makin lama. Waktu kontak yang lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang teradsorpsi berlangsung lebih baik.