

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Kebutuhan Air Bagi Manusia**

Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1405/Menkes/SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan industri terdapat pengertian mengenai Air Bersih yaitu air yang dipergunakan untuk keperluan sehari-hari dan kualitasnya memenuhi persyaratan kesehatan air bersih sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku dan dapat diminum apabila dimasak.

Bagi manusia kebutuhan akan air sangat mutlak karena sebenarnya zat pembentuk tubuh manusia sebagian besar terdiri dari air yang jumlahnya sekitar 73% dari bagian tubuh. Air di dalam tubuh manusia berfungsi sebagai pengangkut dan pelarut bahan-bahan makanan yang penting bagi tubuh. Sehingga untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya manusia berupaya mendapatkan air yang cukup bagi dirinya (Denis, 2010). Dalam menjalankan fungsi kehidupan sehari-hari manusia amat tergantung pada air, karena air dipergunakan pula untuk mencuci, membersihkan peralatan, mandi, dan lain sebagainya. Manfaat lain dari air berupa pembangkit tenaga, irigasi, alat transportasi, dan lain sebagainya yang sejenis dengan ini. Semakin maju tingkat kebudayaan masyarakat maka penggunaan air makin meningkat.

Rata-rata pemakaian air bersih harian per orang Indonesia adalah 144 L atau setara dengan sekitar 8 botol galon air kemasan. (Survey Direktorat Pengembangan Air Minum, Ditjen Cipta Karya pada tahun 2006). Tapi rata-rata pemakaian air harian per orang Indonesia yang tinggal di kota besar bisa sampai 250 L atau setara dengan sekitar 13 botol galon air kemasan. (Sulistyoweni Widanarko, Guru Besar Ilmu Teknik Penyehatan Lingkungan UI, 2004).

Hasil survei Kementerian Lingkungan Hidup menyatakan pemenuhan air minum untuk penduduknya di tahun 2011 masih kurang. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik pemenuhan air minum aman baru 55,04 persen dan masih 80 juta masyarakat yang belum terpenuhi kebutuhan air minumnya. Kondisi tersebut akan

terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk kita. (<http://health.liputan6.com/read/542/hari-air-sedunia-80-juta-penduduk-Indonesia-kekurangan-air>, diakses 9 Juni 2014)

## 2.2 Air Gambut

Air gambut adalah air permukaan atau air tanah yang banyak terdapat di daerah pasang surut, berawa dan dataran rendah, berwarna merah kecoklatan, berasa asam (tingkat keasaman tinggi), dan memiliki kandungan organik tinggi. Gambut adalah material organik yang terbentuk dari dekomposisi tidak sempurna dari tumbuhan daerah basah dan dalam kondisi sangat lembab serta kekurangan oksigen. Air gambut secara umum tidak memenuhi persyaratan kualitas air bersih yang distandarkan oleh Departemen Kesehatan RI melalui PERMENKES No.416/MENKES /PER/IX/1990 (Rustanti, 2008).

Penelitian oleh Randi Mahardika tahun 2013 didapatkan data komposisi air gambut di daerah sungai Merang desa Muara Merang, Kecamatan Bayung Lencir, Kabupaten Musi Banyuasin memiliki komposisi yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi air gambut di sungai Merang, Musi Banyuasin

No	Parameter	Standar Nomor : 907/ MENKES/SK/VII/2012	Nilai	Satuan
1	pH	6,5 - 8,5	2,68	-
2	Kekeruhan	5	180	FTU
3	Warna	15	337,816	Pt-Co
4	Besi (Fe)	0,3	3,50	mg/L
5	Mangan (Mn)	0,1	0,22	mg/L
6	Zat Organik	10	61,94	ppm
7	Kesadahan	500	232,44	ppm

Sumber: Randi Mahardika, 2013

Selain dari data diatas, terdapat juga hasil penelitian dari Suryadipura tahun 1998 tentang kualitas air gambut yang ada di sekitar Taman Nasional Berbak, Jambi yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi air gambut di sekitar Taman Nasional Berbak, Jambi

No	Parameter	Satuan	Simpang Datuk	Air Hitam Dalam	Sungai Palas Rawa Gamut	Sungai Rambut
1	Padatan suspensi	mg/L	6	2 - 10	2 - 8	34 - 38
2	Konduktivitas	umhos/cm	3,28-3,40	4,20- 5,20	700- 1050	500-900
3	pH	-	3,28-3,40	4,20- 5,20	3,30-3,51	3,35-3,49
4	Total Fe Kesadahan	mg/L	3,22-5,32	1,31-5,49	1,71-4,65	4,56-6,43
5	Total	mg/L	280-320	20-70	140-240	100-140
6	Alkalinitas Oksigen	mg/L	ttd	ttd	ttd	ttd
7	Terlarut	mg/L O <sub>2</sub>	3,7-5,6	2,8-5,7	1,5-5,3	3,2-4,2
8	Asiditas	mg/L	280-760	44-46 0,05 -	120-220	160 0,05 -
9	Kalsium (Ca)	mg/ L	0,05-0,24	0,55	0,26- 3,77	0,31
10	COD	mg/ L	7,5- 20,0	8,0 - 80	7,5 - 20,0	45-74
11	Sulfat (SO <sub>4</sub> )	mg/ L	682- 695	38 - 385	137- 477	136- 333

Sumber : Suryadipura, 1998 dalam Jurnal Jati, 2010

Air di wilayah gambut merupakan sumber air baku yang potensial untuk diolah menjadi air bersih, terutama di daerah-daerah pedalaman Kalimantan, Sumatera maupun Papua. Adapun ciri-ciri air gambut adalah (Ignasius, 2009):

- memiliki kadar pH yang rendah (3 – 4) sehingga bersifat sangat asam,
- memiliki kadar organik yang tinggi,
- kadar besi dan mangan tinggi,
- berwarna kuning atau coklat tua (pekat).

Pada air gambut, senyawa humus menyusun 90% material organik yang mempunyai berat molekul beragam dari 200 - 300.000 g/mol. Material ini merupakan produk sintesis sekunder dari senyawa organik sederhana yang terbentuk karena pemecahan material organik oleh mikrobiologi, bahan organik ini bersifat stabil dan tahan terhadap proses biodegradasi. Senyawa humus ini

dapat diklasifikasikan berdasarkan kelarutannya dalam alkali dan asam menjadi asam humat, asam fulvat dan humin.

Karakteristik asam humat, asam fulvat dan humin adalah sebagai berikut:

#### 1. Asam Humat

- a. Asam humat atau humus dapat didefinisikan sebagai hasil akhir dekomposisi bahan organik oleh organisme secara aerobik. Asam ini mempunyai berat molekul 10.000 hingga 100.000 g/mol. Senyawa ini dibentuk oleh polimerisasi asam fulvat melalui rantai ester, larut dalam basa tapi tidak larut dalam asam ( $\text{pH} < 2$ ) terjadi presipitasi.
- b. Asam humat merupakan senyawa organik yang sangat kompleks, yang secara umum memiliki ikatan aromatik panjang dan *non-biodegradable* yang merupakan hasil oksidasi dari senyawa lignin (gugus fenolik).
- c. Asam humat bersifat heterogen yang memiliki komponen aromatik dan alifatik serta mengandung tiga gugus fungsi utama yaitu karboksil (-COOH), alkohol fenolik (-OH), dan metoksi karbonil (C=O). Dalam molekul asam humat juga terdapat ikatan hidrogen aktif yang banyak sehingga molekul ini sangat reaktif secara kimia. Sifat lain dari asam humat adalah sebagai bahan kelator alami yang membawa mineral

#### 2. Asam Fulvat

- a. Asam fulvat berasal dari kata fulvus yang berarti kuning, warna dari asam fulvat adalah kuning terang hingga mendekati coklat. Asam fulvat merupakan senyawa asam organik alami yang berasal dari humus, larut dalam air, sering ditemukan dalam air permukaan dengan berat molekular yang rendah yaitu antara rentang 1000 hingga 10.000.
- b. Asam ini larut dalam air pada berbagai kondisi pH dan sangat rentan terhadap serangan mikroba. Asam-asam fulvat mengandung atom oksigen dua kali lebih banyak dari pada asam humat. Karena banyaknya gugus karboksil (COOH) dan hidroksil (COH) sehingga secara kimia asam fulvat lebih reaktif dibandingkan senyawa-senyawa humus lainnya.

### 3. Humin

Humin adalah bagian dari senyawa humat yang tidak dapat larut baik di dalam larutan basa kuat-asam kuat maupun dalam asam lemah-basa lemah, atau tidak larut dalam air pada setiap pH. Kompleks humin dianggap sebagai molekul yang paling besar dari senyawa humus karena rentang berat molekulnya mencapai 100,000 hingga 10,000,000. Sedangkan sifat kimia dan fisika humin belum banyak diketahui. Karakteristik humin adalah berwarna coklat gelap, tidak larut dalam asam dan basa, dan sangat resisten akan serangan mikroba. Tidak dapat diekstrak oleh asam maupun basa (Darmayanto, 2009).

Dalam berbagai kasus, intensitas warna akan semakin tinggi karena adanya logam besi yang terikat oleh asam-asam organik yang terlarut dalam air tersebut. pH yang rendah juga disebabkan oleh kandungan kation yang rendah, kehadiran zat organik dalam bentuk asam, dan sedikitnya kation dan partikel tersuspensi. Hal ini yang menyebabkan kurangnya proses koagulasi secara alam. Karakteristik air gambut bersifat spesifik, tergantung pada lokasi ataupun dari segi vegetasi, jenis tanah dimana air gambut itu berada, ketebalan gambut, usia gambut, dan cuaca.

#### 2.3 Pengolahan Air Gambut

Pengolahan air gambut telah dilakukan oleh beberapa orang seperti penelitian penurunan warna dengan karbon aktif tempurung kelapa sawit pada air gambut sungai sebangau kota Palangka Raya oleh Ferae Natalina tahun 2006 dilakukan dengan variasi ketebalan karbon aktif yang digunakan. Berdasarkan penelitian didapatkan ketebalan optimum 90 cm dan diameter 0,10 mm dimana terjadi penurunan warna air gambut dari 124 TCU menjadi 56,25 TCU atau sekitar 52,38 %.

Penelitian penurunan warna dan kandungan zat organik air gambut dengan cara *two stage coagulation* yang dilakukan oleh Dewi Fitria dan Suprihanto Notodarmojo pada tahun 2007. Pada penelitian ini dilakukan proses koagulasi dengan cara dua kali penambahan koagulan disertai dua kali pengadukan cepat diiringi satu kali proses flokulasi. Dari hasil penelitian diketahui bahwa *two stage*

*coagulation* lebih baik daripada *single stage coagulation*. Terjadi penurunan warna sebesar 96,79 % dan penurunan kadar zat organik sebesar 98,92 %.

Di Universitas Sumatera Utara, Sulfami pada tahun 2010 melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh efektivitas proses koagulasi dengan penambahan tanah liat dan saringan pasir cepat (filtrasi) dalam memperbaiki kualitas fisik air gambut di desa Suka Damai Kecamatan Singkil Kabupaten Aceh Singkil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas fisik air gambut sebelum perlakuan yaitu tingkat intensitas warna sebesar 214 TCU, TDS 64 mg/l, dan kekeruhan 10 NTU. Setelah melewati koagulasi dengan tanah liat dan saringan pasir cepat terjadi penurunan warna menjadi 26,4 TCU, TDS menjadi 52,4 mg/l dan kekeruhan menjadi 5,4 NTU.

Penelitian pengolahan air gambut dengan bentonit dilakukan Yusnimar dkk pada tahun 2010 menggunakan prinsip adsorpsi, koagulasi-flokulasi, netralisasi dan filtrasi. Pada proses adsorpsi digunakan bentonit, sedangkan pada proses koagulasi-flokulasi digunakan tawas sedangkan pada proses netralisasi digunakan kapur ash dan filtrasi digunakan kerikil, sabut kelapa, batu bata dan pasir. Pada penelitian ini air gambut mengalami kenaikan pH dari 5,12 menjadi 7,02. Kadar Fe mengalami penurunan dari 1,6268 ppm menjadi 0,0326 dan kadar ion Cu dari 0,6772 menjadi 0,0443.

Penelitian kesetimbangan sorpsi ion seng (II) pada partikel gambut dilakukan oleh Munawar tahun 2010 menggunakan adsorben tanah gambut dari desa Sungai Raya Dalam Kecamatan Sungai Raya, Kabupaten Pontianak, Kalimantan Barat. Tanah gambut diberi perlakuan berupa pengeringan pada temperatur 105<sup>0</sup>C selama 8 jam kemudian diaplikasikan pada larutan seng. Adsorben tanah gambut dapat menyisihkan ion seng dengan efisiensi optimum 90,63 %.

Penelitian tentang penurunan ion Fe dan Mn air tanah kota Banjarbaru menggunakan tanah lempung gambut sebagai adsorben yang dilakukan oleh Agus Minarwan dan Hesti Wijayanti pada tahun 2011 menggunakan HCL sebagai aktivator. Pada penelitian ini, tanah lempung gambut diberikan perlakuan berupa pengeringan di oven selanjutnya pengontakkan dengan aktivator dilanjutkan

pemanasan di dalam *furnace*. Hasilnya di aplikasikan pada air tanah sumur Rambai kota Banjarbaru dimana kadar Fe sebanyak 1,96 mg/l menjadi 0,99 mg/L dan Mn sebanyak 0,165 mg/L menjadi 0,089 mg/L.

Penelitian Pengaruh konsentrasi aktivator Kalium hidroksida terhadap karbon aktif kulit durian sebagai adsorben logam Fe pada air gambut yang dilakukan oleh Ririn Apriani, Irfana Diah Faryuni dan Dwiria Wahyuni pada tahun 2013 menggunakan karbon aktif kulit durian dengan dasar adanya penelitian dari University Chulalongkom Thailand yang menyebutkan bahwa kulit durian memiliki kandungan selulosa sekitar 50-60 % yang mampu mengikat bahan logam. Pada penelitian ini didapatkan konsentrasi optimum activator KOH sebesar 25 %, suhu pemanasan 400<sup>0</sup>C selama 2 jam kemudian dilanjutkan proses karbonasi 800<sup>0</sup>C selama 2 jam kemudian diaplikasikan ke air gambut. Hasilnya didapatkan penurunan kadar besi (Fe) dari 2,60 mg/L menjadi 0,38 mg/L.

Pada penelitian pengolahan air dengan menggunakan adsorben tanah gambut yang dilakukan oleh Yusnimar, Imawan B, dan Nopriza F pada tahun 2012 menggunakan proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi. Koagulan yang digunakan pada proses koagulasi yaitu tawas sebanyak 0,3 gr dalam 10 L air kemudian air gambut hasil proses koagulasi-flokulasi dimasukkan ke wadah selanjutnya untuk ditambahkan tanah gambut 1 kg yang tidak mengalami aktivasi dan kapur lalu hasilnya dimasukkan ke wadah III yang berisi pasir, sabut kelapa dan air bersih. Dari hasil penelitian, pH air gambut mengalami kenaikan dari 3,92 menjadi 5,58. Nilai kekeruhan dari 24,1 NTU menjadi 5,1 NTU, Warna air gambut dari 678 Pt-Co menjadi 170 Pt-Co. Kadar Fe dari 0,579 mg/L menjadi 0,041 mg/L

Penelitian tentang air gambut selanjutnya yaitu penurunan intensitas air gambut dengan menggunakan serbuk tulang ayam yang diaktivasi oleh Randi Mahardika (2013). Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari Darmayanto tahun 2009 yang menggunakan tulang ayam yang tidak diaktivasi. Pada penelitian darmayanto didapatkan massa optimum serbuk tulang ayam 2,5 gram, volume optimum 50 mL, dan waktu kontak 60 menit yang menghasilkan persen penurunan intensitas warna sebesar 76,33 %. Sedangkan pada penelitian Randi

tahun 2013 digunakan tulang ayam yang diaktivasi menggunakan NaOH sehingga didapatkan rentang massa optimum serbuk tulang ayam 1- 1,6 gram dan waktu kontak 40 menit serta berhasil menurunkan warna dari 337, 816 Pt-Co menjadi 14, 892 Pt-Co.

Penelitian tentang pengaruh eceng gondok dan kapur terhadap unit pengolahan air gambut dilakukan oleh Zainuddin dan Soegeng Harijadi pada tahun 2013. Pada penelitian tersebut dibuat sebuah unit pengolahan air gambut yang berisi koral setinggi 15 cm. Bagian tengah berisi pasir setinggi 30 cm dan selanjutnya diisi eceng gondok 10 cm. Sampel berupa air gambut yang berasal dari desa tanjung barangan kemudian dilewatkan pada unit pengolahan tersebut. Dari penelitian didapatkan hasil bahwa kadar besi mengalami penurunan dari 1,21 mg/l menjadi 0,99mg/l. kemudian nilai kekeruhan air turun dari 26,12 mg/l menjadi 11,44 mg/l. Nilai zat organik mengalami penurunan dari 14,32 mg/l menjadi 6,90 mg/l.

#### **2.4 Prospek Pengolahan**

Karakteristik air gambut relatif kurang menguntungkan untuk penyediaan air minum. Menurut Darmayanto, 2009 Kondisi yang kurang menguntungkan dari segi kesehatan adalah sebagai berikut:

1. Kadar keasaman (pH) yang rendah dapat menyebabkan kerusakan gigi dan menimbulkan sakit perut.
2. Kandungan organik yang tinggi dapat menjadi sumber makanan bagi mikroorganisme dalam air, sehingga dapat menimbulkan bau apabila bahan organik tersebut terurai secara biologi.
3. Apabila pengolahan air gambut tersebut menggunakan klor sebagai desinfektan maka akan terbentuk trihalometan (THM) seperti senyawa organoklor yang dapat bersifat karsinogenik.
4. Ikatannya yang kuat dengan logam (besi dan mangan) dalam bentuk khelat menyebabkan kandungan logam dalam air tinggi dan dapat menimbulkan kerusakan organ tubuh jika dikonsumsi secara terus-menerus.

## 2.5 Alternatif Proses Pengolahan Air Gambut

Berdasarkan pada pengetahuan terhadap penyebab dan kandungan warna pada air dan sifat-sifatnya, maka proses dan metode pengolahan yang dapat diterapkan untuk mengolah jenis air berwarna alami adalah (Darmayanto, 2009):

- a) Proses oksidasi.
- b) Proses adsorpsi.
- c) Koagulasi - Flokulasi.
- d) Proses pemisahan dengan membran filtrasi.

Ozon ( $O_3$ ) dan peroksida ( $H_2O_2$ ) dikenal sebagai oksidator kuat yang dapat digunakan dalam pengolahan air karena tidak menghasilkan senyawa berbahaya. Apabila oksidasinya sempurna akan menghasilkan  $CO_2$  dan  $H_2O$ . Namun pada aplikasinya biaya operasi relatif mahal dan perlu digunakan unit peralatan penghasil ozon.

Proses koagulasi pada umumnya selalu diiringi dengan flokulasi, koagulasi merupakan proses penggumpalan melalui penambahan zat kimia, jadi koagulasi sudah merupakan proses kimia karena proses ini melibatkan reaksi dari bahan yang ditambahkan (disebut sebagai koagulan) dengan zat-zat yang terkandung di dalam air tersebut. Koagulan yang umum digunakan dalam pengolahan air adalah kapur, tawas, dan kaporit. Zat-zat yang terkandung di dalam koagulan tersebut yaitu Ca, Fe, dan Al bersifat tidak larut dalam air sehingga mampu mengendap bila bertemu dengan sisa-sisa basa. Tanah liat atau lempung, lumpur atau tanah dari lokasi sumber air tersebut, tepung biji kelor (*Moringa oleifera*), dan bentonit juga dapat digunakan sebagai koagulan.

Dalam koagulasi, pembubuhan larutan kapur bisa menggunakan bubuk kapur (larutan kapur keruh), hal ini dilakukan selain kapur digunakan untuk menaikkan pH/alkalinitas juga partikel-partikel kapur untuk menaikkan kekeruhan air (sebagai zat pemberat) yang dibutuhkan untuk tumbukan antar partikel, di mana hal ini dibutuhkan pada proses flokulasi (pertumbuhan flok). Zat ini biasanya digunakan untuk mengolah air berwarna alami, karena sifat air yang relatif jernih, jadi dengan kata lain zat ini ditambahkan untuk menaikkan kekeruhan air. Flok yang diproduksi dari air berwarna tinggi dengan

menggunakan koagulan garam besi atau aluminium, ternyata terlalu ringan untuk siap diendapkan. Penambahan zat pemberat, yang mempunyai specific gravity (berat jenis) relatif besar, menghasilkan aksi pemberatan, dan flok mengendap dengan cepat (Darmayanto, 2009).

Pengolahan air gambut juga dapat dilakukan melalui proses adsorpsi. Adsorpsi merupakan fenomena fisika di mana molekul-molekul bahan yang diadsorpsi tertarik pada permukaan bidang padat yang bertindak sebagai adsorben. Ditinjau dari segi derajat adsorpsi pada suatu jenis adsorben, pada umumnya mengikuti aturan berikut (Cahyana, 2009):

- 1) Adsorpsi berlangsung sedikit terhadap semua senyawa organik, kecuali senyawa berhalogen.
- 2) Adsorpsi berlangsung baik terhadap semua senyawa berhalogen dan senyawa alifatik.
- 3) Adsorpsi berlangsung sangat baik terhadap semua senyawa aromatik. Makin banyak kandungan inti benzennya semakin baik adsorpsinya.

Berdasarkan ketiga aturan di atas maka pengolahan air berwarna (air gambut) dapat dilakukan dengan proses adsorpsi, karena asam humus mempunyai kandungan senyawa gugus aromatik. Dalam pengolahan air gambut dengan proses adsorpsi pada prinsipnya adalah menarik molekul asam-asam humus ke permukaan suatu adsorben. Contoh adsorben yang biasa digunakan adalah karbon aktif/charcoal, zeolit, resin, dan tanah liat dari lokasi sumber air gambut (Cahyana, 2009).

## 2.6 Warna Air

Banyak air permukaan terutama yang berasal dari daerah rawa, seringkali berwarna sehingga tidak dapat diterima oleh masyarakat baik untuk keperluan rumah tangga maupun untuk keperluan industri (Darmayanto, 2009). Warna tersebut disebabkan oleh pelapukan (dekomposisi) zat organik seperti daun, kayu, binatang mati dan lain-lain. Asam humat yang berasal dari dekomposisi lignin inilah penyebab warna air, selain besi dalam wujud khelat ferric humat. Secara umum dapat dikatakan, penyebab warna air ialah kation Ca, Mg, Fe, Mn. Oksida

besi ini menyebabkan air berwarna kemerahan, oksida mangan menyebabkan air berwarna coklat kehitaman, sedangkan kalsium karbonat menimbulkan warna kehijauan. Bahan-bahan organik seperti tanin, lignin dan asam humus menimbulkan warna kecoklatan di perairan (Cahyana, 2009).

Air tidak menyerap semua gelombang sinar spektra matahari dengan sama kuatnya. Dari kedua ujung spektra sinar (sinar dan violet) terlihat bahwa sinar merah lebih banyak disebarkan (diffus). Penyerapan sinar di dalam air sesungguhnya dilakukan oleh partikel-partikel yang ada di dalamnya, seperti sediment, deditus, binatang atau tumbuh-tumbuhan air. Makin banyak partikel di dalam sistem air makin tinggi tingkat absorpsi. Karenanya perbandingan penyerapan sinar di dalam air dengan di dalam udara, penyerapan sinar di dalam air lebih tinggi (Pararaja, 2006).

Pada umumnya warna perairan dikelompokkan menjadi dua yaitu warna sejati atau warna sesungguhnya (*true color*) dan warna tampak atau warna semu (*apparent color*).

### 2.6.1. Warna Sejati (*True Color*)

Warna yang berasal dari penguraian zat organik alami yaitu zat humus (asam humus dan asam fulvat), lignin merupakan sekelompok senyawa yang mempunyai sifat-sifat yang mirip. Senyawa ini menyebabkan warna air yang sukar dihilangkan terutama jika konsentrasi zat-zat tersebut tinggi dan memerlukan pengolahan dengan kondisi operasional yang khusus atau berbeda dengan penghilangan warna semu. (Darmayanto, 2009).

Karakteristik warna sejati pada air adalah (Pararaja, 2006):

- 1) Air berwarna kuning terang sampai coklat-merah.
- 2) Air relatif jernih.
- 3) pH air relatif rendah, di bawah 6 (rata-rata 3 . 5) oleh karena itu air dengan pH < 4,5 tidak mengandung alkalinitas.

Sifat-sifat zat humus yang terutama dan penting dalam pengolahan air dapat dilihat sebagai berikut (Darmayanto, 2009):

- 1) Berat molekul adalah 800 . 50.000.

- 2) Ukuran partikel 90% kurang dari 10 nm, partikel koloid.
- 3) Partikel warna terdiri dari zat humus yang secara dominan berukuran negatif.
- 4) Sifat-sifat seperti ukuran partikel yang kecil dan mengandung muatan negatif yang kuat menentukan mekanisme penghilangan warna yang secara keseluruhan berbeda dari penghilangan kekeruhan.

### 2.6.2. Warna Semu (*Apparent Color*)

Warna semu adalah warna yang disebabkan oleh (Pararaja, 2006):

- a. Partikel penyebab kekeruhan (tanah, pasir dll)  
Zat ini lebih mudah dihilangkan dibandingkan dengan penyebab warna lainnya, biasanya di mana air berbentuk koloid.
- b. Partikel/dispersi halus besi dan mangan  
Zat-zat ini pada konsentrasi yang sangat rendah, tidak dapat diterima sebagai sumber air untuk perumahan maupun industri. Sedikit besi dan mangan dapat menyebabkan warna kecoklatan dalam air yang diproduksi.
- c. Partikel-partikel mikroorganisme (algae/lumut).
- d. Warna yang berasal dari pemakaian zat warna oleh industri (tekstil, pengrajin batik, pabrik kertas, dll), seperti bahan pencelup, cat, pewarna makanan

## 2.7 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses di mana satu atau lebih unsur-unsur pokok dari suatu larutan fluida akan lebih terkonsentrasi pada permukaan suatu padatan tertentu (adsorben). Dengan cara ini, komponen-komponen dari suatu larutan, baik larutan gas ataupun cairan, bisa dipisahkan satu sama lain (Wikipedia, akses 15 Februari 2014). Adsorpsi melibatkan proses perpindahan massa dan menghasilkan kesetimbangan distribusi dari satu atau lebih larutan antara fasa cair dan partikel. Pemisahan dari suatu larutan tunggal antara cairan dan fasa yang diserap membuat pemisahan larutan dari fasa curah cair dapat dilangsungkan.

Fasa penyerap disebut sebagai adsorben. Bahan yang banyak digunakan sebagai adsorben adalah karbon aktif dan silika gel. Permukaan adsorben pada

umumnya secara fisika maupun kimia heterogen dan energi ikatan sangat mungkin berbeda antara satu titik dengan titik lainnya.

Berikut ini karakterisasi suatu bahan dapat disebut sebagai adsorben berdasarkan dengan standar SII No. 0258 - 79, 1989

Tabel 3. Karakterisasi Adsorben Serbuk Berdasarkan SII No. 0258 - 79, 1989

Jenis Uji	Standar Uji
Kadar Air	Maksimal 10 %
Kadar Abu	Maksimal 2,5 %
Daya Serap Terhadap Larutan iod (I <sub>2</sub> )	Minimal 2,0 %

Sumber: Puspita, 2013

Selain standar diatas, terdapat juga karakterisasi standar adsorben berdasarkan SNI No. 06- 2115, 1991

Tabel 4. Karakterisasi Adsorben Serbuk Berdasarkan SNI No. 06- 2115, 1991

Jenis Uji	Standar Uji
Kadar Air	4 - 7 %
Kadar Abu	Maksimal 2,5 %
Kadar Asetil	39,0 - 40,0 %
Daya Serap Terhadap Larutan iod (I <sub>2</sub> )	Minimal 2,0 %

Sumber: Puspita, 2013

Teori Langmuir dan Freundlich yaitu dimana banyaknya zat yang diadsorpsi pada temperature tetap oleh suatu adsorben tergantung dari konsentrasi dan keaktifan adsorbat untuk mengadsorpsi zat-zat tertentu. Hubungan dari jumlah zat teradsorpsi persatuan luas atau satuan massa dan tekanan dinyatakan dengan persamaan Freundlich :

$$y = k P^{1/n}$$

dimana:

y = berat atau volume zat yang teradsorpsi persatuan luas atau massa adsorban.

P = tekanan saat kesetimbangan tercapai

$k, n =$  konstanta

untuk adsorpsi solute yang tidak melibatkan gas maka persamaan Freundlich menjadi:

$$y = k C^{1/n}$$

dimana  $C$  adalah konsentrasi solute saat kesetimbangan.

Persamaan diatas dapat dituliskan dalam bentuk logaritma:

$$\log_{10}y = \log_{10}k + 1/n \log_{10}C$$

Jika kemudian dibuat plot  $\log_{10}y$  melawan  $\log_{10}C$  maka akan diperoleh garis lurus yang mempunyai slope sebesar  $1/n$  dan nilai interceptnya sebesar  $\log_{10}k$ .

Disamping persamaan Freundlich terdapat persamaan yang lebih baik untuk menyatakan adsorpsi isothermis yaitu persamaan Langmuir. Langmuir berpendapat bahwa gas diadsorpsi pada permukaan solid dan membentuk tidak lebih dari satu lapis ketebalannya.

Pada adsorpsi isothermis ini, persamaan-persamaan yang digunakan dalam perhitungan diturunkan dari teori Langmuir, dengan asumsi-asumsi:

1. Seluruh permukaan adsorban memiliki aktivitas adsorpsi yang sama atau seragam.
2. Tidak terjadi interaksi antara molekul-molekul adsorbat.
3. Mekanisme adsorpsi yang terjadi seluruhnya sama.
4. Hanya terbentuk satu lapisan adsorbat yang sempurna di permukaan adsorban.

Teori Langmuir menggambarkan proses adsorpsi terdiri dari dua proses berlawanan, yaitu kondensasi molekul-molekul fase teradsorpsi menuju permukaan dan evaporasi/penguapan molekul-molekul dari permukaan kembali ke dalam larutan.

Pada praktiknya, proses adsorpsi bisa dilakukan secara tunggal namun bisa pula merupakan kelanjutan dari proses pemisahan dengan cara distilasi. Berdasarkan fenomena kejadiannya, adsorpsi pada permukaan padatan dapat diklasifikasikan ke dalam dua bagian, yaitu (Darmayanto, 2009):

1. Kemisorpsi

Adsorpsi kimia adalah adsorpsi yang terjadi akibat interaksi kimia antara molekul adsorben dengan molekul adsorbat. Proses ini pada umumnya bersifat

sangat eksotermis dan menurunkan kapasitas dari adsorben karena gaya adhesinya yang kuat sehingga proses ini tidak dapat berbalik (irreversible).

## 2. Fisisorpsi atau adsorpsi fisika

Adsorpsi fisik adalah adsorpsi yang terjadi akibat gaya interaksi tarik-menarik antara molekul adsorben dengan molekul adsorbat. Adsorpsi ini melibatkan gaya-gaya Van der Waals yang relatif lemah (sebagai kondensasi uap). Jenis ini cocok untuk proses adsorpsi yang membutuhkan proses regenerasi karena zat yang teradsorpsi tidak larut dalam adsorben tapi hanya sampai permukaan saja.

Terjadinya fenomena adsorpsi itu, para ahli pengolahan air membagi mekanisme adsorpsi menjadi tiga langkah, yaitu (Cahyana, 2009):

- 1) Makrotransport: perpindahan zat pencemar, disebut juga adsorbat (zat yang diadsorpsi), di dalam air menuju permukaan adsorban;
- 2) Mikrotransport: perpindahan adsorbat menuju pori-pori di dalam adsorban;
- 3) Sorpsi: pelekatan zat adsorbat ke dinding pori-pori atau jaringan pembuluh kapiler mikroskopis.

Beberapa hal yang mempengaruhi efektivitas adsorpsi, adalah (Cahyana, 2009):

- 1) Jenis bahan adsorban, apakah berupa arang batok, batu bara (antrasit), sekam, dll;
- 2) Temperatur lingkungan (udara, air, cairan): proses adsorpsi makin baik jika temperaturnya makin rendah;
- 3) Jenis adsorbat, bergantung pada bangun molekul zat, kelarutan zat (makin mudah larut, makin sulit diadsorpsi), taraf ionisasi (zat organik yang tidak terionisasi lebih mudah diadsorpsi).

Berdasarkan jenis adsorbatnya, tingkat adsorpsi digolongkan menjadi tiga, yaitu lemah (*weak*), terjadi pada zat anorganik kecuali golongan halogen (salah satunya adalah klor). Adsorpsi menengah (*medium*), terjadi pada zat organik alifatik dan adsorpsi kuat (*strong*) terjadi pada senyawa aromatik (zat

organik yang berbau (aroma) dengan struktur benzena,  $C_6H_6$ ) (<http://www.chem-is-try.org>,2014)

Suatu adsorben dapat diregenerasikan dengan jalan pengeringan. Pada dasarnya pengeringan zat padat adalah pemisahan sejumlah kecil air atau zat cair dari bahan sehingga mengurangi kandungan sisa zat cair di dalam zat padat itu sampai suatu nilai rendah yang dapat diterima.

Kandungan zat cair dalam bahan yang dikeringkan berbeda dari satu bahan ke bahan lain. Ada bahan yang tidak mempunyai kandungan zat cair sama sekali (*bone dry*). Pada umumnya zat padat selalu mengandung sedikit fraksi air sebagai air terikat. Zat padat yang akan dikeringkan biasanya terdapat dalam bentuk serpih (*flake*), bijian (*granule*), kristal (*crystal*), serbuk (*powder*), lempeng (*slab*), atau lembaran sinambung (*continous sheet*) dengan sifat-sifat yang berbeda satu sama lain.

Adsorpsi terjadi karena adanya perbedaan potensial antara molekul-molekul adsorbat dengan permukaan aktif pada pori-pori adsorben. Gaya tersebut yang menyebabkan molekul-molekul adsorbat secara difusional terjepit ke dalam pori-pori adsorben, dan terikat untuk waktu tertentu. Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi adalah jenis adsorbent, jenis adsorbate, konsentrasi adsorbate, luas permukaan aktif adsorbent, daya larut adsorbent, dan kemungkinan terjadinya koadsorpsi apabila terdapat lebih dari satu jenis adsorbat (Cahyana, 2009).

Menurut Cahyana (2009), proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain:

a. Sifat Adsorbat

Besarnya adsorpsi zat terlarut tergantung pada kelarutannya pada pelarut. Kenaikan kelarutan menunjukkan ikatan yang kuat antara zat terlarut dengan pelarut. Apabila adsorbat memiliki kelarutan yang besar, maka ikatan antara zat terlarut dan pelarut makin kuat sehingga adsorpsi akan semakin kecil karena sebelum adsorpsi terjadi diperlukan energi yang besar untuk memecahkan ikatan zat terlarut dengan pelarut.

b. Konsentrasi Adsorbat

Adsorpsi akan meningkat dengan kenaikan konsentrasi adsorbat. Adsorpsi akan konstan jika terjadi kesetimbangan antara konsentrasi adsorbat yang terserap dengan konsentrasi yang tersisa dalam larutan.

c. Sifat Adsorben

Adsorpsi secara umum terjadi pada semua permukaan, namun besarnya ditentukan oleh luas permukaan adsorben yang kontak dengan adsorbat. Luas permukaan adsorben sangat berpengaruh terhadap proses adsorpsi. Adsorpsi merupakan suatu kejadian permukaan sehingga besarnya adsorpsi sebanding dengan luas permukaan. Semakin banyak permukaan yang kontak dengan adsorbat maka akan semakin besar pula adsorpsi yang terjadi.

d. Temperatur

Reaksi yang terjadi pada adsorpsi biasanya eksotermis, oleh karena itu adsorpsi akan besar jika temperatur rendah.

e. Waktu Kontak dan Pengocokan

Waktu kontak yang cukup diperlukan untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi. Jika fasa cair berisi adsorben diam, maka difusi adsorbat melalui permukaan adsorben akan lambat. Oleh karena itu, diperlukan pengocokan untuk mempercepat proses adsorpsi.

f. pH (Derajat Keasaman)

Untuk asam-asam organik adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan dengan penambahan asam-asam mineral. Hal 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.

## 2.8 Tanah Gambut

Tanah gambut terbentuk karena adanya pelonggokan bahan organik dalam waktu yang lama. Di alam, bahan organik akan selalu mengalami perombakan, umumnya secara biologi oleh makro dan mikroorganisme. Adanya pelonggokan menunjukkan bahwa perombakan bahan organik lebih kecil dibandingkan dengan

penambahan bahan organik. Dekomposisi bahan organik ditentukan oleh aktivitas mikroorganisme, serta oleh komposisi kimianya. Kecepatan pembentukan gambut dipengaruhi antara lain kemampuan tanaman menghasilkan biomassa, susunan biomassa yang terbentuk, kecepatan dekomposisi dan mineralisasi, keadaan anaerob, temperature, kemasaman dan aktivitas mikroorganisme (Valka, 2012).

Tanah gambut sangat berbeda dengan tanah mineral karena berasal dari jaringan sisa kehidupan yang terkumpul dengan berbagai tingkat perombakan. Dalam perombakan tersebut akan terlepas CO<sub>2</sub> dalam bentuk gas dan air serta tersisa bahan residu. Sebagai bahan organik maka didalamnya terkandung energi kimia, sebagai hamparan di permukaan bumi bahan ini dapat berfungsi sebagai media tumbuhan. Dua peran ini yang secara umum mempengaruhi penggunaan gambut sehingga dapat dimanfaatkan dalam bentuk fungsinya sebagai bahan dan lahan. Kesuburan gambut bergantung pada susunan kimia dan tingkat kematangannya. Tingkat kematangan atau derajat perombakan gambut menurut Rosmini *et al.*, (1988) adalah fibrik (kurang dari 33%), hemik (terombak 33-66%) dan saprik (terombak lebih dari 66%), makin tinggi tingkat kematangan gambut, maka makin banyak pula unsur hara yang dilepaskan (Valka, 2012).

### 2.8.1 Sifat Fisika

Gambut mempunyai sifat-sifat fisik yang menonjol dibandingkan dengan tanah mineral. Sifat fisik tersebut adalah kerapatan massa yang lebih kecil dibandingkan tanah mineral, rendahnya massa gambut ketika kering, besarnya kemampuan menahan air, dan struktur yang hampir tidak berubah (Valka, 2012).

Bahan organik mempunyai kemampuan yang sangat besar untuk mengadsorpsi dan mengikat air. Hal ini berhubungan dengan berat isi dan kandungan serat yang dipengaruhi oleh tingkat dekomposisi bahan organik. USDA membedakan tingkat dekomposisi bahan organik yaitu saprist dengan berat isi > 0,2 g/cc, hemis dengan berat isi 0,1-0,2 g/cc dan fibrist < 0,1 g/cc. Sebaran ukuran pori gambut dipengaruhi oleh komposisi fraksi dan struktur.

Jumlah dan sebaran ukuran pori menentukan sifat-sifat retensi air, kapasitas menahan air dan daya hantar hidrolis gambut. Konduktivitas hidrolis menentukan aliran air ke permukaan. Karakteristik ini ditentukan oleh porositas, permeabilitas, konfigurasi saluran yang saling berhubungan, pemadatan dan gradient hidrolis (Valkauts, 2012).

### 2.8.2 Sifat Kimia

Gambut pada umumnya mempunyai tingkat kemasaman yang tinggi, yaitu pH berkisar antara 3,0-3,5 bagi gambut segar dan pH sekitar 3,5-4,5 untuk gambut yang telah lama diusahakan. Sumber kemasaman ini dapat berasal dari asam-asam organik seperti asam sulfat maupun dari asam organik. Rendahnya pH gambut disebabkan oleh disosiasi dari  $H^+$  dari gugus karboksil, phenolic dan asam amino dalam bahan organik sehingga kompleks koloid gambut tersebut jenuh ion  $H^+$  (Valkauts, 2012).

Kapasitas tukar kation gambut sangat tinggi terutama disebabkan oleh gugus karboksil dan phenolic dan mungkin gugus fungsional yang lain. Gugus fungsional tersebut semakin bertambah dengan lanjutnya dekomposisi bahan organik sehingga kapasitas tukar kation dapat meningkat sampai 200 me/100 g. Kandungan nitrogen pada gambut hemik berkisar antara 1,16-1,35 dan pada gambut saprik antara 0,41-1,77%. Semakin lanjut perombakan bahan organik, akan semakin rendah nisbah C/N. Bahan organik yang telah terdekomposisi sempurna nisbah C/N sekitar 10-12. Kadar asam humat pada gambut hemik rata-rata 1,51% dan saprik kadarnya sekitar 2,56. Semakin lanjut perombakan bahan organik kadar asam humat semakin meningkat. Hal di atas juga berlaku untuk asam fulvat. Nilai pH gambut semakin meningkat dengan tingkat kematangan gambut (Valkauts, 2012).