

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tinjauan Umum Tentang 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 sendiri didefinisikan sebagai 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).

**Tabel 1. Total Luas Lahan Gambut di Indonesia**

<b>Pulau/Provinsi</b>	<b>Luas Total (ha)</b>	<b>Layak untuk pertanian (ha)</b>
<b>Sumatera</b>	<b>6.244.101</b>	<b>2.253.733</b>
Riau	4.043.600	774.946
Jambi	716.839	333.936
Sumatera Selatan	1.483.662	1.144.851
<b>Kalimantan</b>	<b>5.072.249</b>	<b>1.530.256</b>
Kalimantan Tengah	3.010.640	672.723
Kalimantan Barat	1.729.980	694.714
Kalimantan Selatan	331.629	162.819
<b>Papua dan Papua Barat</b>	<b>7.001.239</b>	<b>2.273.160</b>
<b>Total</b>	<b>18.317.589</b>	<b>6.057.149</b>

*Sumber : BB Litbang SDLP., 2008*

Apabila lahan gambut di Propinsi Naggroe Aceh Darussalam, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Bengkulu dan Kalimantan Timur diperhitungkan, maka luas total lahan gambut di Indonesia adalah sekitar 21 juta ha (BB Litbang SDLP., 2008).

**Tabel 2. Karakteristik Air Gambut dari Berbagai Lokasi di Sumatera & Kalimantan.**

No	Parameter	Satuan	Air Gambut					Syarat Air Minum menkes
			Kalsel	Kalbar	Kalteng	Sumsel	Riau	
1	Warna	PtCo	753	527	725	1315	1125	15
2	Kekeruhan	mg/L SiO <sub>2</sub>	32	0	0.5	5	9	5
3	DHL	μ mho/cm	-	30	50	78	75	-
4	Ph	-	4.1	3.9	3.6	5	4	6.5-8.5
5	Zat Organik	mg/L KMnO <sub>4</sub>	278	194	172	290	243	10
6	Kesadahan	<sup>0</sup> D	2.05	0.48	-	5.5	1.4	500
7	Kalsium	mg/L	-	-	-	4.5	-	-
8	Magnesium	mg/L	8.83	2.1	-	20.9	6.2	-
9	Besi	mg/L	-	-	-	-	-	0.3
10	Mangan	mg/L	-	-	-	-	-	0.1
11	Cholrida	mg/L	11.11	5.48	-	162	18	250
12	SO <sub>4</sub>	mg/L	-	-	5.1	11.2	-	400
13	HCO <sub>3</sub>	mg/L	-	51.4	-	-	-	-
14	CO <sub>2</sub> agresif	mg/L	-	-	31	-	80.6	-

Sumber : Puslitbang Pemukiman (Irianto, 1998)

Karakteristik air gambut bersifat spesifik, bergantung pada lokasi, jenis vegetasi dan jenis tanah tempat air gambut tersebut berada, ketebalan gambut, usia gambut, dan cuaca. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2. karakteristik air gambut dari sebagian wilayah Indonesia yang merupakan hasil penelitian Puslitbang Pemukiman bekerja sama dengan PAU ITB (Irianto, 1998).

Karakteristik kimia lahan gambut di Indonesia sangat ditentukan oleh kandungan mineral, ketebalan, jenis mineral pada substratum (di dasar gambut), dan tingkat dekomposisi gambut. Kandungan mineral gambut di Indonesia umumnya kurang dari 5% dan sisanya adalah bahan organik. Fraksi organik terdiri dari senyawa-senyawa humat sekitar 10 hingga 20% dan sebagian besar lainnya adalah senyawa lignin, selulosa, hemiselulosa, lilin, tannin, resin, suberin, protein, dan senyawa lainnya. Lahan gambut umumnya mempunyai tingkat kemasaman yang relatif tinggi dengan kisaran pH 3 - 5. Gambut oligotropik yang memiliki *substratum* pasir kuarsadi Bereng bengkel, Kalimantan Tengah memiliki kisaran pH 3,25 – 3,75 (Halim, 1987; Salampak, 1999). Sementara itu gambut di

sekitar Air Sugihan Kiri, Sumatera Selatan memiliki kisaran pH yang lebih tinggi yaitu antara 4,1 sampai 4,3 (Hartatik *et al.*, 2004).

Gambut oligotropik, seperti banyak ditemukan di Kalimantan, mempunyai kandungan kation basa seperti Ca, Mg, K, dan Na sangat rendah terutama pada gambut tebal. Semakin tebal gambut, basa-basa yang dikandungnya semakin rendah dan reaksi tanah menjadi semakin masam (Driessen dan Suhardjo, 1976).

Air di wilayah gambut merupakan sumber air baku yang potensial untuk diolah menjadi air bersih, terutama di daerah-daerah pedalaman Kalimantan, Sumatera maupun Papua. Secara umum proses/tahapan pengolahan air gambut tidak berbeda jauh dengan air baku tawar lainnya. Masalah utama dalam mengolah air gambut berhubungan dengan karakteristik spesifik yang dimilikinya. Adapun ciri-ciri air gambut adalah (Ignasius, 2009):

1. Memiliki kadar pH yang rendah (3 – 4) sehingga bersifat sangat asam,
2. Memiliki kadar organik yang tinggi
3. Kadar besi dan mangan tinggi
4. Berwarna kuning atau coklat tua (pekat)

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 alami.

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 (Mahmud, 2002).

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.

## **2.2 Jenis Pengolahan Air**

Pengolahan air merupakan upaya untuk mendapatkan air yang bersih dan sehat sesuai dengan standar kualitas air minum. Secara umum pengolahan air dapat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu fisik, kimia dan biologi (Romania, 2003).

Proses penjernihan/penyediaan air bersih merupakan proses perubahan sifat fisik, kimia dan biologi air baku agar memenuhi syarat untuk digunakan sebagai air minum. Tujuan dari kegiatan pengolahan air minum adalah sebagai berikut:

1. Menurunkan kekeruhan
2. Mengurangi bau, rasa dan warna
3. Menurunkan dan mematikan mikroorganisme
4. Mengurangi kadar bahan-bahan yang terlarut dalam air
5. Menurunkan kesadahan
6. Memperbaiki derajat keasaman (pH)

Pada dasarnya penjernihan air dilakukan dengan salah satu dari 3 metode atau kombinasi dari 3 metode tersebut, ke 3 metode tersebut adalah penjernihan air dengan metode fisika, penjernihan air dengan metode kimia, penjernihan air dengan metode biologis, dapat dijelaskan sebagai berikut :

### **1) Pengolahan secara fisika**

Pengolahan secara fisika adalah pengolahan air yang terjadi tanpa adanya

reaksi kimia seperti filtrasi, sedimentasi, pengapungan dan pencampuran.

2) Pengolahan secara kimia

Pengolahan secara kimia yaitu pengolahan air dengan menggunakan bahan kimia atau alami untuk membantu proses penggumpalan partikel yang terlarut seperti koagulasi dan flokulasi.

3) Pengolahan secara biologi

Pengolahan secara biologi adalah pengolahan air yang dilakukan untuk mematikan bakteri, dapat dilakukan bersamaan dengan pengolahan secara fisika dan kimia atau dilakukan secara khusus dengan pemberian disinfektan.

### 2.2.1 Pengolahan Air Secara Fisika

**Tabel 3. Daftar Persyaratan Kualitas Air Minum Secara Fisika**

No.	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1.	Bau	-	-	Tidak Berbau
2.	Jumlah Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/L	1.500	-
3.	Kekeruhan	Skala NTU	25	-
4.	Rasa	-	-	Tidak Berasa
5.	Suhu	<sup>0</sup> C	Suhu Udara $\pm 3^{\circ}$ C	-
6.	Warna	Skala TCU	50	-

Sumber: 416/MENKES/PER/IX/1990 Tanggal : 3 September 1990

a) Prinsip Penyaringan (Filtrasi)

Penyaringan merupakan proses pemisahan antara padatan/koloid dengan cairan. Proses penyaringan bisa merupakan proses *wal (primary treatment)* atau penyaringan dari proses sebelumnya. Apabila air olahan mempunyai padatan dengan ukuran seragam, saringan yang digunakan adalah *single medium*. Sebaiknya bila ukuran padatan beragam, digunakan saringan *dual medium* atau *three medium*. Penyaringan air olahan yang mengandung padatan beragam dari ukuran besar sampai kecil/halus. Penyaringan dilakukan dengan cara membuat saringan bertingkat, yaitu saringan kasar, saringan sedang sampai saringan halus. Untuk merancang system penyaringan ini perlu penelitian terlebih dahulu terhadap beberapa factor sebagai berikut:

1. Jenis limbah padat (terapung atau tenggelam)
2. Ukuran padatan: ukurab yang terkecil dan ukuran yang terbesar
3. Perbandingan ukuran kotoran padatan besar dan kecil
4. Debit air olahan yang akan diolah (Romania, 2003).

b) Proses Pengolahan Air Gambut Dengan Cara Filtrasi

Berdasarkan pada pengetahuan terhadap penyebab dan kandungan warna pada air dan sifat-sifatnya, maka proses penjernihan air gambut dapat dilakukan dengan cara filtrasi. Filtrasi adalah suatu operasi pemisahan campuran antara padatan dan cairan dengan melewatkan umpan (padatan + cairan) melalui medium penyaring. Proses filtarsi banyak dilakukan di industri, misalnya pada pemurnian air minum, pemisahan kristal-kristal garam dari cairan induknya, pabrik-kertas dan lain-lain. Untuk semua proses filtrasi, umpan mengalir disebabkan adanya tenaga dorong berupa beda tekanan, sebagai contoh adalah akibat gravitasi atau tenaga putar. Secara umum filtrasi dilakukan bila jumlah padatan dalam suspensi relatif lebih kecil dibandingkan zat cairnya (Arifin, 2008). Menurut prinsip kerjanya filtrasi dapat dibedakan atas beberapa cara, yaitu:

a. ***Pressure Filtration***

Filtrasi yang dilakukan dengan menggunakan tekanan.

b. ***Gravity Filtration***

Filtrasi yang cairannya mengalir karena gaya berat.

c. ***Vacum Filtration***

Filtrasi dengan cairan yang mengalir karena prinsip hampa udara (penghisapan).

c) Prinsip Penjernihan Air Dengan Pengendapan (Sedimentasi)

Sedimentasi merupakan proses pengendapan bahan padat dari air olahan. Proses sedimentasi bisa terjadi bila air limbah mempunyai berat jenis lebih besar daripada air sehingga mudah tenggelam (Evi, 2009).

Proses pengendapan ada yang bisa terjadi langsung, tetapi adapula yang memerlukan proses pendahuluan, seperti koagulasi atau reaksi kimia. Prinsip

sedimentasi adalah pemisahan bagian padat dengan memanfaatkan gaya gravitasi sehingga bagian yang padat berada di dasar kolam pengendapan, sedangkan air dibagian atas.

#### d) Prinsip Penjernihan Air Dengan Absorpsi Dan Adsorpsi

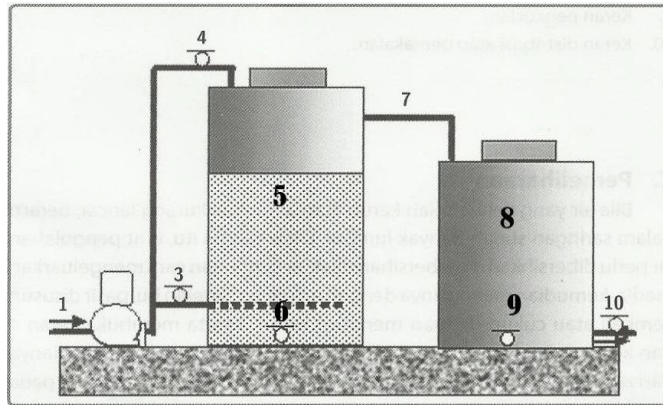
Absorpsi merupakan proses penyerapan bahan-bahan tertentu dengan penyerapan tersebut, air menjadi jernih karena zat-zat didalamnya diikat oleh absorben. Absorpsi umumnya menggunakan bahan absorben dari karbon aktif. Pemakaiannya, dengan cara membubuhkan karbon aktif bubuk ke dalam air olahan atau dengan cara menyalurkan air melalui saringan yang medianya terbuat dari karbon aktif kasar. Sistem ini efektif untuk mengurangi warna serta menghilangkan bau dan rasa. Proses kerja penyerapan (*absorpsi*) yaitu penyerapan ion-ion bebas di dalam air yang dilakukan oleh absorben. Sebagai contoh, penyerapan ion oleh karbon aktif.

Absorben yang umum digunakan adalah karbon aktif karena cocok untuk pengolahan air olahan yang mengandung fenol dan bahan yang memiliki beral molekul tinggi. Karbon aktif yang digunakan dapat berbentuk granula atau serbuk dengan waktu kontak 30 menit dalam tanki pengolahan yang dilengkapi dengan pengaduk. Setiap gram karbon aktif dapat mengabsorpsi 0,4 – 0,9 *fenol*. Karbon aktif biasanya terbuat dari *onhracile*, *bituminous*, *petroleum coke*, dan arang tempurung kelapa atau arang kayu. (Saifudin, M.R. dkk. 2004)

Aplikasi absorpsi yaitu dengan mencampurkan absorben dengan serbuk karbon aktif dengan cara menjadikan karbon aktif sebagai media filtrasi. Apabila absorben dicampurkan dengan serbuk karbon aktif, selanjutnya larutan disaring. Namun apabila karbon aktif digunakan sebagai media penyaring, dipilih karbon aktif yang berbentuk granula dan secara berkala harus dicuci atau diganti dengan yang baru. Disamping dapat mengabsorpsi fenol, karbon aktif juga dapat mengabsorpsi racun dan mikroorganisme.

Adsorpsi merupakan penangkapan/ pengikatan ion-ion bebas di dalam air oleh adsorben. Contoh zat yang digunakan untuk proses adsorpsi adalah zeolit dan resin yang merupakan polimerasi dari polihidrik fenol dengan formaldehid.

Contohnya pengikatan ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Na}^+$ . Setiap gram resin dapat mengadsorpsi asam 4 – 9 meq. Banyaknya adsorben yang diperlukan tergantung konsentrasi larutan. Semakin tinggi konsentrasi larutan, semakin besar pula adsorben yang diperlukan untuk menjernihkan air. Dapat dilihat pada gambar 1. Instalasi Penjernihan Air Secara Absorpsi



Sumber : <http://bapelkescikarang.or.id/bapelkescikarang/images/>

**Gambar 1. Instalasi Penjernihan Air Secara Absorpsi**

e) Karbon Aktif

Aktivasi karbon bertujuan untuk memperbesar luas permukaan arang dengan membuka pori – pori arang biasanya diisi oleh hidrokarbon dan zat – zat organik lainnya yang terdiri dari persenyawaan kimia yang ditambahkan akan meresap dalam arang dan membuka permukaan yang mula – mula tertutup oleh komponen kimia sehingga luas permukaan yang aktif bertambah besar.

Efisiensi adsorpsi karbon aktif tergantung dari perbedaan muatan listrik positif akan diserap lebih efektif oleh arang aktif dalam larutan yang bersifat basa. Jumlah karbon aktif yang digunakan untuk menyerap warna berpengaruh terhadap jumlah warna yang diserap (Lukman, 2010)



## 2.2.2 Pengolahan Air Secara Kimia

**Tabel 4. Daftar Persyaratan Kualitas Air Minum Secara Kimia**

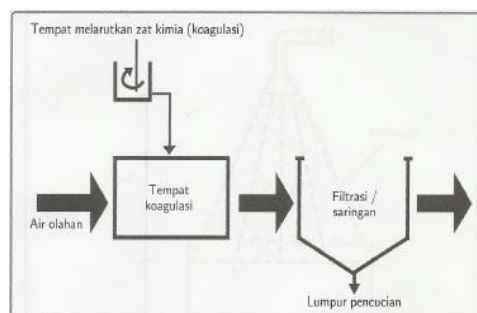
No.	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4	5
A.	<u>Kimia</u>			
a.	<u>Kimia Anorganik</u>			
1.	Air rasksa	mg/L	0,001	
2.	Arsen	mg/L	0,05	
3.	Besi	mg/L	1,0	
4.	Fluoride	mg/L	1,5	
5.	Kadnium	mg/L	0,005	
6.	Kesadahan (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	500	
7.	Klorida	mg/L	600	
8.	Kromium, Valensi 6	mg/L	0,05	
9.	Mangan	mg/L	0,5	
10.	Nitrat, sebagai N	mg/L	10	
11.	Nitrit, sebagai N	mg/L	1,0	
12.	pH	-	6,5 – 9,0	Merupakan batas maksimum dan minimum, khusus air hujan pH minimum 5,5
13.	Selenium	mg/L	0,01	
14.	Seng	mg/L	15	
15.	Sianida	mg/L	0,1	
16.	Sulfat	mg/L	400	
17.	Timbal	mg/L	0,05	
b.	<u>Kimia Organik</u>			
1.	Aldrin dan Dieldrin	mg/L	0,0007	
2.	Benzena	mg/L	0,01	
3.	Benzo (a) pyrene	mg/L	0,00001	
4.	Chlordane			
	(total isomer)	mg/L	0,0003	
5.	Coloroform	mg/L	0,03	
6.	2,4 D	mg/L	0,10	
7.	DDT	mg/L	0,03	
8.	Detergen	mg/L	0,05	
9.	1,2 Discloroethane	mg/L	0,01	
10.	1,1 Discloroethene	mg/L	0,0003	
11.	Heptaclor dan heptaclor epoxide	mg/L	0,003	
12.	Hexachlorobenzene	mg/L	0,00001	
13.	Gamma-HCH (Lindane)	mg/L	0,004	
14.	Methoxychlor	mg/L	0,03	
15.	Pentachlorophanol	mg/L	0,01	
16.	Pestisida Total	mg/L	0,10	
17.	2,4,6 urichlorophenol	mg/L	0,01	
18.	Zat organik (KMnO <sub>4</sub> )	mg/L	10	

Sumber: 416/MENKES/PER/IX/1990 Tanggal : 3 September 1990

#### a) Prinsip Penjernihan Air Dengan Metode Koagulasi

Koagulasi merupakan proses penggumpalan melalui reaksi kimia, reaksi koagulasi dapat berjalan dengan membubuhkan zat pereaksi (koagulan) sesuai dengan zat yang terlarut. Koagulan yang banyak digunakan adalah kapur, tawas dan kaporit (Winarni. 2003)

Petimbangan karena garam-garam Ca, Fe dan Al bersifat tidak larut dalam air sehingga mampu mengendap bila bertemu dengan sisa-sisa basa. Dari hasil koagulan itu selanjutnya endapan dipisahkan melalui filtrasi maupun sedimentasi. Banyaknya koagulan tergantung pada jenis dan konsentrasi ion-ion yang terlarut dalam air olahan serta konsentrasi yang diharapkan sesuai dengan standar baku. Untuk mempercepat proses koagulasi dalam air limbah maka dilakukan pengadukan dengan mixer statis maupun rapid mixer. Contoh skema instalasi koagulasi pada Gambar 2.



Sumber : <http://bapelkescikarang.or.id/bapelkescikarang/images/>

**Gambar 2. Skema Instalasi Koagulasi**

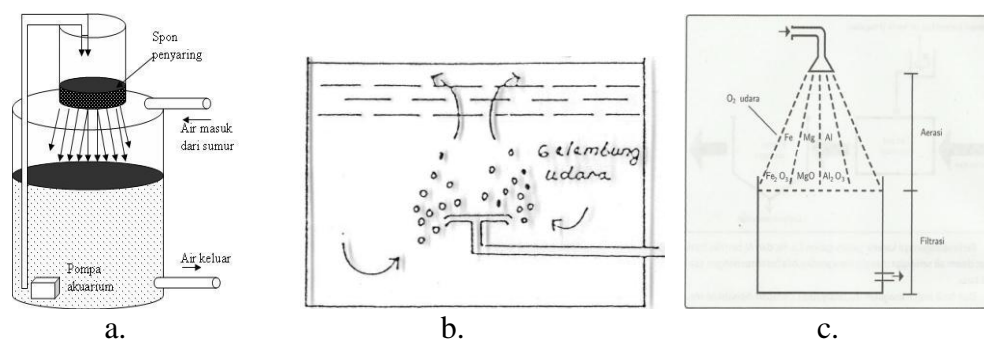
Proses koagulasi pada umumnya selalu diiringi dengan flokulasi, koagulasi merupakan proses penggumpalan melalui penambahan zat kimia, jadi koagulasi sudah merupakan proses kimia karena proses ini melibatkan reaksi dari bahan yang ditambahkan (disebut sebagai koagulan) dengan zat-zat yang terkandung di 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 olafera*), 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).

#### b) Prinsip Penjernihan Air dengan Aerasi

Aerasi merupakan suatu system oksigenasi melalui penangkapan  $O_2$  dari udara pada air olahan yang akan dip roses. Pemasukan oksigen ini bertujuan agar  $O_2$  di udara dapat bereaksi dengan kation yang ada di dalam air olahan. Reaksi kation dan oksigen menghasilkan oksidasi logam yang sukar larut dalam air sehingga dapat mengendap. (Kusnaedi 2010)

Proses aerasi terutama untuk menurunkan kadar besi (Fe) dan magnesium (Mg). Kation  $Fe^{2+}$  atau  $Mg^{2+}$  bila disebarkan ke udara akan membentuk oksida  $Fe_3O_3$  dan  $MgO$ .



Sumber : <http://bapelkescikarang.or.id/bapelkescikarang/images/>

**Gambar 3.** a. Aerasi menggunakan sistem gravitas b. Aerasi menggunakan penambahan udara ke dalam air c. Aerasi dengan penyemprotan air dari atas

## 2.3 Proses Koagulasi

Koagulan merupakan salah satu sifat dari koloid. Partikel – partikel suatu koloid dapat mengalami penggumpalan membentuk zat semi-padat. Partikel – partikel koloid tersebut bersifat stabil karena memiliki muatan listrik sejenis. Apabila muatan listrik itu hilang, maka partikel koloid tersebut akan bergabung membentuk gumpalan. Proses penggumpalan partikel koloid dan pengendapannya disebut Koagulasi. Dalam hal ini, koagulasi secara bersama membentuk zat dengan massa yang lebih besar (Vexillum, 2012).

### 2.3.1 Jenis – Jenis Koagulan

Koagulan merupakan bahan kimia yang dibutuhkan untuk membantu proses pengendapan partikel – partikel kecil yang tidak dapat mengendap dengan sendirinya (secara gravitasi). Keekeruhan dan warna dapat dihilangkan melalui penambahan koagulan atau sejenis bahan – bahan kimia antara lain. Jenis – jenis koagulan :

a. Alumuniumsulfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ )

Biasanya disebut tawas, bahan ini sering dipakai karena efektif untuk menurunkan kadar karbonat. Tawas berbentuk Kristal atau bubuk putih, larut dalam air, tidak larut dalam alkohol, tidak mudah terbakar, ekonomis, mudah didapat dan mudah disimpan. Penggunaan tawas memiliki keuntungan yaitu harga relative murah dan sudah dikenal luas oleh operator water treatment. Namun ada juga kerugiannya, yaitu umumnya dipasok dalam bentuk padatan sehingga perlu waktu yang lama untuk proses pelarutan.

b. Ferrie sulfat ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ )

Mampu untuk menghilangkan warna pada pH rendah dan tinggi serta dapat menghilangkan Fe dan Mn.

c. Ferrie chloride ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )

Dalam pengolahan air penggunaannya terbatas karena bersifat korosif dan tidak tahan untuk penyimpanan yang terlalu lama.

### 2.3.2 Jenis – jenis Koagulan Aid

Koagulan aid adalah koagulan sekunder yang ditambahkan setelah koagulan primer atau utama bertujuan untuk mempercepat pengendapan, pembentukan dan pengerasan flok.

Jenis koagulan aid diantaranya :

a. PAC (*poly alumunium chloride*)

Polimer alumunium merupakan jenis baru sebagian hasil riset dan pengembangan teknologi air sebagai dasarnya adalah alumunium yang berhubungan dengan unsure lain membentuk unit berulangnya adalah Al-OH. (M. Rehun, 2000)

PAC menggabungkan netralisasi dan kemampuan menjembatani partikel – partikel koloid sehingga berlangsung efisien. Namun terdapat kendala dalam menggunakan PAC sebagai koagulan aids yaitu pengaruh dalam pemakaiannya karena bersifat higroskopis. Pada umumnya jenis koagulan yang sering di gunakan adalah tawas, tetapi selain tawas koagulan yang paling bagus untuk penjernihan air gambut adalah PAC (*Poly Alumunium Chloride*) yang terbentuk dari senyawa Al yang lain yang penting untuk koagulasi adalah Polyaluminium chloride (PAC),  $Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$ . PAC Powder dapat dilihat pada gambar 4.

Ada beberapa cara yang sudah dipatenkan untuk membuat polyaluminium chloride yang dapat dihasilkan dari hidrolisa parsial dari aluminium klorida, seperti ditunjukkan reaksi berikut :



Senyawa ini dibuat dengan berbagai cara menghasilkan larutan PAC yang agak stabil. Dapat dilihat pada gambar 4.



**Gambar 4. PAC Powder**

PAC adalah suatu persenyawaan anorganik kompleks, ion hidroksil serta ion aluminium bertarap klorinasi yang berlainan sebagai pembentuk *polynuclear* mempunyai rumus umum  $Al_m(OH)_nCl_{(3m-n)}$ . Beberapa keunggulan yang dimiliki PAC dibanding koagulan lainnya adalah :

1. PAC dapat bekerja di tingkat pH yang lebih luas, dengan demikian tidak diperlukan pengoreksian terhadap pH, terkecuali bagi air tertentu.
2. Kandungan belerang dengan dosis cukup akan mengoksidasi senyawa karboksilat rantai siklik membentuk alifatik dan gugusan rantai hidrokarbon yang lebih pendek dan sederhana sehingga mudah untuk diikat membentuk flok.
3. Kadar khlorida yang optimal dalam fasa cair yang bermuatan negatif akan cepat bereaksi dan merusak ikatan zat organik terutama ikatan karbon nitrogen yang umumnya dalam struktur ekuatik membentuk suatu makromolekul terutama gugusan protein, amina, amida dan penyusun minyak dan lipida.
4. PAC tidak menjadi keruh bila pemakaiannya berlebihan, sedangkan koagulan yang lain (seperti aluminium sulfat, besi klorida dan fero sulfat) bila dosis berlebihan bagi air yang mempunyai kekeruhan yang rendah akan bertambah keruh. Jika digambarkan dengan suatu grafik untuk PAC adalah membentuk garis linier artinya jika dosis berlebih maka akan didapatkan hasil kekeruhan yang relatif sama dengan dosis optimum sehingga penghematan bahan kimia dapat dilakukan. Sedangkan untuk koagulan selain PAC memberikan grafik parabola terbuka artinya jika kelebihan atau kekurangan dosis akan menaikkan kekeruhan hasil akhir, hal ini perlu ketepatan dosis.
5. PAC mengandung suatu polimer khusus dengan struktur polielektrolite yang dapat mengurangi atau tidak perlu sama sekali dalam pemakaian bahan pembantu, ini berarti disamping penyederhanaan juga penghematan untuk penjernihan air.

6. Kandungan basa yang cukup akan menambah gugus hidroksil dalam air sehingga penurunan pH tidak terlalu ekstrim sehingga penghematan dalam penggunaan bahan untuk netralisasi dapat dilakukan.
7. PAC lebih cepat membentuk flok daripada koagulan biasa ini diakibatkan dari gugus aktif aluminat yang bekerja efektif dalam mengikat koloid yang ikatan ini diperkuat dengan rantai polimer dari gugus polielektrolite sehingga gumpalan floknya menjadi lebih padat, penambahan gugus hidroksil kedalam rantai koloid yang hidrofobik akan menambah berat molekul, dengan demikian walaupun ukuran kolam pengendapan lebih kecil atau terjadi *over-load* bagi instalasi yang ada, kapasitas produksi relatif tidak terpengaruh. (M. Rehun, 2000)

Factor – factor yang mempengaruhi proses koagulasi antara lain :

- a) Kualitas air meliputi gas – gas terlarut, warna, kekeruhan, rasa, bau dan kesadahan
- b) Jumlah dan karakteristik koloid
- c) Derajat keasaman air (pH)
- d) Pengadukan cepat
- e) Temperatur air
- f) Alkalinitas air, bila terlalu rendah ditambah dengan pembubuhan kapur
- g) Karakteristik ion – ion dalam air

## 2.4 Proses filtrasi

### 2.4.1 Jenis Adsorben

#### a. *Granular Active Carbon*

Filter karbon merupakan metode karbon aktif dengan media granular (*Granular Activated Carbon*) merupakan proses filtrasi yang berfungsi untuk menghilangkan bahan-bahan organik, desinfeksi, serta menghilangkan bau dan rasa yang disebabkan oleh senyawa-senyawa organik. Selain fungsi tersebut juga digunakan untuk menyisihkan senyawa-senyawa organik dan menyisihkan partikel-partikel terlarut (Saifudin 2005)

Metode pengolahan karbon aktif prinsipnya adalah mengadsorpsi bahan pencemar menggunakan media karbon. Proses adsorpsi tergantung pada luas permukaan media yang digunakan dan berhubungan dengan luas total pori-pori yang terdapat dalam media. Agar proses adsorpsi bisa dilakukan secara efektif diperlukan waktu kontak yang cukup antara permukaan media dengan air yang diolah sehingga nantinya zat pencemar dapat dihilangkan. (Saifudin 2005)

Ada *alternative* lain yang bisa dilakukan jika waktu kontak tidak mencukupi, caranya yaitu dengan menaikkan luas permukaan media dengan ukuran yang lebih kecil. Zat yang ada dalam air yang mengalami adsorpsi berupa senyawa organik (menyebabkan bau dan rasa yang tidak diinginkan), *trihalometane*, serta *Volatile Organic compounds* (VOCs).

Instalasi pengolahan air minum biasanya menggunakan karbon aktif yang dilakukan sebelum proses ozonisasi karena secara umum unit pengolahan karbon aktif tidak dapat menyisihkan mikroorganisme patogen seperti virus dan bakteri. Selain itu, juga tidak efektif dalam menyisihkan kalsium (Ca) dan magnesium (Mn) yang menimbulkan kesadahan pada air, *flour* dan *nitrat*. Sedangkan media yang digunakan dapat berupa arang kayu, batok kelapa dan batubara. Kontaminan yang dapat dihilangkan oleh *granular active carbon* diantaranya kekeruhan, bau, rasa dan penghilang senyawa-senyawa organik dalam air, selain itu juga dapat menghilangkan disinfeksi hasil samping produk seperti :

1. *Merkury* dan *Kadmium*
2. Bahan Organik Alam
3. Kimia Organik Sintetis (khusus: *benzo (a) pyrene*, di *(2-ethylhexyl) adipate*, di *(2-ethylhexyl) phthalate*, *heksaklorobenzena*, *dioxin*)
4. *Radionuklida*

#### b. Membran Mikrofiltrasi

Membran *mikrofiltrasi* memiliki ukuran pori antara 0.3  $\mu\text{m}$  – 0.8  $\mu\text{m}$ , sehingga lebih efektif menahan mikroorganisme dan bahan-bahan yang ukurannya lebih besar dari rata-rata ukuran pori karena penahan adsorptif. Teknologi pemisahan dengan membran memiliki banyak keunggulan yang tidak



dimiliki oleh metode-metode pemisahan lainnya. Keunggulan teknologi pemisahan dengan membran yaitu sederhana, tidak membutuhkan zat kimia tambahan, dan juga kebutuhan energinya sangat minimum. Spesifikasi Membran Mikrofiltrasi dapat dilihat pada tabel 5 dan *membrane mikrofiltrasi* dapat dilihat pada gambar 5.

**Tabel 5. Spesifikasi Membran Mikrofiltrasi**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Membran Mikrofiltrasi</b>
Modul membran	Tubular
Jenis membran	Cramic
Ukuran Pori	0,3-0,8 $\mu\text{m}$
Diameter Luar	7 cm
Diameter <i>Dalam</i>	2 cm
Panjang membrane	24,3 cm
Prinsip pemisahan mekanisme	<i>Solution Diffusion</i>
Tekanan maximum	130 psi

*Sumber: PT. Air Nusantara 2013*



**Gambar 5. Membran Mikrofiltrasi**

#### 2.4.2 Jenis – Jenis Membran

##### a) Mikrofiltrasi

Mikrofiltrasi adalah proses filtrasi untuk menghilangkan kontaminan dari fluida dengan menggunakan tekanan sebagai gaya dorong. Mikrofiltrasi merupakan salah satu dari sejumlah proses filtrasi menggunakan membran. Air baku disaring melalui bahan plastik atau polimer yang berisi jutaan pori-pori kecil. Penyaringan terjadi karena pori-pori membran mikrofiltrasi memiliki ukuran yang cukup agar dapat dilalui oleh air, sedangkan kontaminan seperti partikulat dan organisme patogen akan tertahan di atas membran.

Mikrofiltrasi merupakan salah satu jenis dari filtrasi dengan membran. Perbedaan mikrofiltrasi dengan jenis filtrasi dengan membran lainnya terletak pada ukuran pori-pori membran yang berdampak pula pada kemampuan membran untuk menyaring kontaminan. Semakin kecil pori-pori membran, semakin kecil pula ukuran partikel kontaminan yang dapat dihilangkan. (A.J.Hartomo dkk, 1994)

Mikrofiltrasi merupakan pemisahan partikel berukuran *micron* atau *submicron*. Bentuknya lazim berupa cartridge, gunanya untuk menghilangkan partikel dari air yang berukuran 0,04 sampai 100 mikron. Asalkan kandungan padatan total terlarut tidak melebihi 100 ppm. *Filtrasi cartridge* merupakan filtrasi mutlak. Artinya partikel padat akan tertahan, terkadang *cartridge* yang berbentuk silinder itu dapat dibersihkan. Cartridge tersebut diletakkan di dalam wadah tertentu (*housing*). Bahan *cartridge* beraneka : *katun, wool, rayon, selulosa, fiberglass, poly propilen, akrilik, nilon, asbes, ester-ester selulosa, polimer hidrokarbon terfluorinasi*.

Jenis- jenis *cartridge* dikelompokkan :

1) *Cartridge* leletan

*Cartridge* lilitan memakai benang yang disikat sehingga serat-serat nya berjurai, lalu dililitkan pada inti logam berlubang-lubang. Pola pelilitan, tegangan, panjang serat, cirri serat dan jumlahnya menentukan kemampuan penghilangan kotoran. Tipe lilitan dapat memfilter sampai 10 mikron, tetapi seratnya sendiri terkadang lepas (migrasi media). Padatan yang tersaring juga dapat lepas lagi apabila operasi dihentikan dan diawali lagi.

2) *Cartridge* rajut-lekatan-terjurai

*Cartridge* rajut-lekatan-terjurai, berbentuk matriks kontinyu sekitar inti, terkadang rapat seratnya berjenjang dari bagian luar (pinggir) ke dalam (tengah). Ini memperpanjang umur filter dan partikel terjebak sesuai ukurannya di tempat-tempat tertentu. Jenis cartridge demikian ada yang absolute, yakni filterprofil. Filtrasi dalam dicapai dengan mengatur rapatnya. Filtrasi begini terkadang terlalu rendah rapatan bagian luarnya

atau terlalu mampat bagian dalamnya(sehingga cepat buntu). Filter profil baru mengubah-ubah diameter serat dan ukuran porinya. Pori tetap yang di bagian dalam membuat filtrasi sempurna, sampai 0,5 – 90 mikron.

- 3) *Cartridge* lembar – berpori (kertas saring khusus, media nirpintal, membran, berkarbon)

*Cartridge* berlembar berpori ada beberapa tipe. Pertama, kertas saring berlipat (wiru), sampai 5-30 mikron. Biasa untuk filtrasi minuman(gin, whiskey, air minum, industry minuman), air pendingin industry, kolam renang. Kedua media tak dipintal (polyester, polipropilena, dan sebagainya) dengan daya saring 1-40 mikron, untuk kolam renang modern dan lainnya. Spesifikasi Membran Mikrofiltrasi :

- a) Membran yang digunakan : asimetrik porous membrane
- b) Ketebalan : 10-150  $\mu\text{m}$
- c) Ukuran pori : 0,05-10  $\mu\text{m}$
- d) Driving force : tekanan (<2 Bar)
- e) Prinsip pemisahan : mekanisme Sieving
- f) Bahan membran : polymeric, keramik (A. J. Hartomo dkk, 1994)

b) Metode Mikrofiltrasi

Untuk memisahkan air dari kontaminan, digunakan dua metode filtrasi, yaitu *dead-end filtration* dan *cross-flow filtration*. Ketika padatan dalam air berjumlah 0,1%, digunakan metode *dead-end filtration*. Namun ketika padatan dalam air berjumlah 0,5%, digunakan metode *cross-flow filtration*.

Pada *dead-end filtration*, semua larutan umpan didorong melewati membran dengan menggunakan tekanan. Partikel yang tertahan dikumpulkan pada bagian atas membran. Aliran air mengalir secara vertikal di atas membran filtrasi. Arah penyerapan identik dengan arah aliran air, yaitu vertikal. Padatan yang tertahan di atas membran akan terakumulasi. (Mahmud. 2002)

c) *Reverse Osmosis (RO)*

Menurut Metcalf and Eddy (2004), membran *Reverse Osmosis* tidak membunuh mikroorganisme melainkan hanya membuang dan menghambatnya. Pada desain sistem membran RO terdapat beberapa parameter – parameter kritis yang harus diuji secara cermat, yaitu : kalsium, magnesium, kalium, mangan, natrium besi, sulfat, barium, khlorida, amonia, fosfat, nitrat, stronsium, dan sebagainya. Apabila parameter- parameter tersebut dibiarkan maka akan terjadi penyumbatan (*fouling*) (Hartomo dan Widiatmoko, 1994).

Prinsip kerja filter *Reverse Osmosis* adalah berdasarkan pada peristiwa osmosis yang terjadi di alam. Osmosis adalah peristiwa Bergeraknya air dari larutan yang mempunyai konsentrasi lebih rendah melalui membran semi permeabel ke larutan yang mempunyai konsentrasi lebih tinggi sampai tercapainya keseimbangan. Proses *Reverse Osmosis* merupakan kebalikan dari proses osmosis, yaitu memberikan tekanan balik dengan tekanan osmotik lebih besar pada permukaan cairan yang lebih kental, maka cairan yang lebih murni akan menembus permukaan membran menjadi cairan yang lebih murni (Heitmann, 1990).

d) Ultrafiltrasi

Membran ultrafiltrasi adalah proses pemisahan (menggunakan) membran untuk menghilangkan berbagai zat terlarut BM (berat molekul) tinggi, aneka koloid, mikroba sampai padatan tersuspensi dari Air larutan. Membran semipermeabel dipakai untuk memisahkan makromolekul dari larutan.

Spesifikasi Membran Ultrafiltrasi :

- a) Membran yang digunakan : asimetrik porous membrane
- b) Ketebalan : 150  $\mu\text{m}$
- c) Ukuran pori : 1-100  $\mu\text{m}$
- d) Driving force : tekanan (1-10bar)
- e) Prinsip pemisahan : mekanisme Sieving
- f) Bahan membran : polymeric (Misal: polysulfoone, polyacrilonitrile), ceramic (Misal: zirconium oxide, oxide). (Sumber: A. J. Hartomo dkk, 1994)

e) Nanofiltrasi

Proses nanofiltrasi merejeksi kesadahan, menghilangkan bakteri dan virus, menghilangkan warna karena zat organik tanpa menghasilkan zat kimia berbahaya seperti hidrokarbon terklorinasi. Nanofiltrasi cocok bagi air padatan total terlarut rendah, dilunakkan dan dihilangkan organiknya.

Sifat rejeksinya khas terhadap tipe ion : ion dwivalen lebih cepat dihilangkan daripada yang ekavalen, sesuai saat membran itu diproses, formulasi bak pembuat, suhu, waktu annealing, dan lain-lain. Formulasi dasarnya mirip osmosis balik tetapi mekanisme operasionalnya mirip ultrafiltrasi. Jadi nanofiltrasi itu gabungan antara osmosis balik dan ultrafiltrasi (A. J. Hartomo dkk,1994).