

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 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, 2009).

Tabel 1. Total Luas Lahan Gambut di Indonesia

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

Sumber : BB Litbang SDLP., 2008

Apabila lahan gambut di Propinsi Nanggroe Aceh Darussalam, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Bengkulu dan Kalimantan Timur diperhitungkan, maka luas total lahan gambut di Indonesia adalah sekitar 21 juta ha.

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 ₂	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 ₄	278	194	172	290	243	10
6	Kesadahan	⁰ 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 ₄	mg/L	-	-	5.1	11.2	-	400
13	HCO ₃	mg/L	-	51.4	-	-	-	-
14	CO ₂ 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.

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. Sementara itu gambut di sekitar Air Sugihan Kiri,

Sumatera Selatan memiliki kisaran pH yang lebih tinggi yaitu antara 4,1 sampai 4,3 (Hartatik, 2008).

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):

- 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)

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 proses penjernihan/penyediaan air bersih merupakan proses perubahan sifat fisik, kimia dan biologi air baku agar memenuhi syarat untuk digunakan sebagai air minum (Romania, 2003). Tujuh karakteristik syarat air bersih yang harus ada pada air yang di konsumsi :

1. *Air harus jernih atau tidak keruh.* Kekeruhan pada air biasanya disebabkan oleh adanya butir-butir tanah liat yang sangat halus. Semakin keruh menunjukkan semakin banyak butir-butir tanah dan kotoran yang terkandung di dalamnya.
2. *Tidak berwarna.* Air yang berwarna berarti mengandung bahan-bahan lain berbahaya bagi kesehatan, misalnya pada air rawa berwarna kuning , air buangan dari pabrik , selokan, air sumur yang tercemar dan lain-lain.
3. *Rasanya tawar.* Air yang terasa asam, manis, pahit, atau asin menunjukkan bahwa kualitas air tersebut tidak baik. Rasa asin disebabkan adanya garam-garam tertentu yang larut dalam air, sedangkan rasa asam diakibatkan adanya asam organik maupun asam anorganik. ***Tidak berbau.*** Air yang baik memiliki ciri tidak berbau bila dicium dari jauh maupun dari dekat. Air yang berbau busuk mengandung bahan-bahan organik yang sedang didekomposisi (diuraikan) oleh mikroorganisme air.
4. *Derajat keasaman (pH) nya netral* sekitar 6,5 – 8,5 . Air yang pHnya rendah akan terasa asam, sedangkan bila pHnya tinggi terasa pahit. Contoh air alam yang terasa asam adalah air gambut (rawa).
5. *Tidak mengandung zat kimia beracun,* misalnya arsen, timbal, nitrat, senyawa raksa, senyawa sulfida, senyawa fenolik, amoniak serta bahan radioaktif.

6. *Kesadiahannya rendah.* Kesadahan air dapat diakibatkan oleh kandungan ion kalsium (Ca^{2+}) dan magnesium (Mg^{2+}). Hal ini dapat dilihat bila sabun atau deterjen yang digunakan *sukar berbusa* dan di bagian dasar peralatan yang dipergunakan untuk merebus air terdapat *kerak* atau endapan. Batas kadar ion besi yang diizinkan terdapat di dalam air minum hanya sebesar 0,1 sampai 1 ppm (ppm = part per million, 1ppm = 1 mgr/1liter). Untuk ion mangan ; 0,005 – 0,5 ppm, ion kalsium : 75 – 200 ppm dan ion magnesium : 30 – 150 ppm.
7. Tidak boleh mengandung bakteri patogen seperti *Escheria coli* , yaitu bakteri yang biasa terdapat dalam tinja atau kotoran, serta bakteri-bakteri lain yang dapat menyebabkan penyakit usus dan limpa, yaitu kolera, typhus, paratyphus, dan hepatitis.

2.2.1 Proses Pengolahan Fisika

Proses pengolahan fisika adalah proses yang bergantung terutama pada sifat-sifat fisika air seperti ukuran partikel, berat jenis, viskositas, dan sebagainya. Proses pengolahan yang termasuk pengolahan fisika antara lain pengolahan dengan menggunakan screen, sieves dan filter, pemisahan dengan memanfaatkan gaya gravitasi (sedimentasi atau oil/water separator) serta flotasi, adsorpsi dan stripping (Soemartono, 1996).

2.2.2 Proses Pengolahan Kimiawi

Proses pengolahan kimiawi adalah proses yang bergantung pada sifat-sifat kimia air atau yang memanfaatkan sifat-sifat kimia dari reagen yang ditambahkan ke dalam air asam maupun basa. Proses pengolahan kimia yang digunakan dalam instalasi air bersih biasanya digunakan untuk netralisasi air asam maupun basa, memperbaiki proses pemisahan lumpur, memisahkan padatan yang terlarut, mengurangi konsentrasi minyak dan lemak, meningkatkan efisiensi instalasi flotasi dan filtrasi serta oksidasi warna dan racun. Proses pengolahan yang dapat digolongkan pengolahan secara kimia adalah netralisasi, presipitasi, oksidasi, reduksi dan pertukaran ion (Soemartono, 1996).

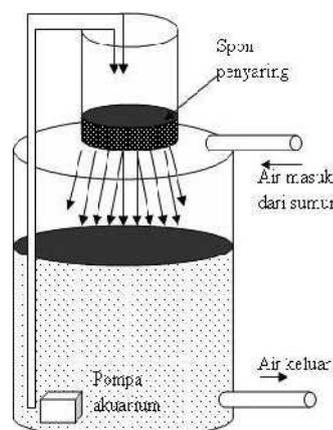
2.2.3 Proses Pengolahan Biologi

Proses pengolahan biologi adalah proses yang memanfaatkan reaksi-reaksi biokimia untuk memisahkan koloidal seperti zat-zat organik. Proses-proses biokimia juga meliputi aktivitas alami dalam berbagai keadaan. Misalnya proses *self purification* yang terjadi di sungai-sungai. Pengolahan secara biologi bertujuan untuk membersihkan zat-zat organik atau mengubah bentuk zat-zat organik menjadi bentuk-bentuk yang kurang berbahaya seperti proses nitrifikasi oleh senyawa-senyawa nitrogen yang dioksidasi (Soemartono, 1996).

2.3 Proses Aerasi

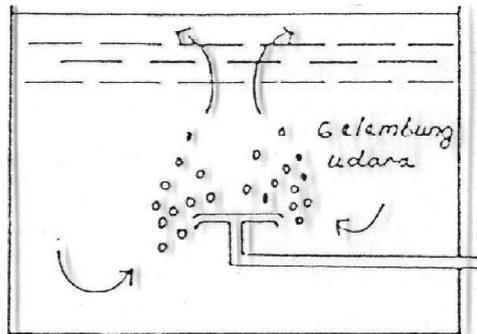
Aerasi merupakan suatu system oksigenasi melalui penangkapan O_2 dari udara pada air olahan yang akan diproses. Pemasukan oksigen ini bertujuan agar O_2 di udara dapat bereaksi dengan kation yang ada di dalam air olahan. Reaksi kation dan oksigen menghasilkan oksidasi logam yang sukar larut dalam air sehingga dapat mengendap (Darmayanto, 2009).

Proses aerasi terutama untuk menurunkan kadar besi (Fe) dan magnesium (Mg). Kation Fe^{2+} atau Mg^{2+} bila disemburkan ke udara akan membentuk oksida Fe_3O_3 dan MgO . Contoh macam-macam aerasi seperti aerasi menggunakan system gravitasi pada gambar 1, aerasi menggunakan penambahan udara ke dalam air pada gambar 2, aerasi dengan penyemprotan air dari atas dapat dilihat pada gambar 3 (Darmayanto, 2009).



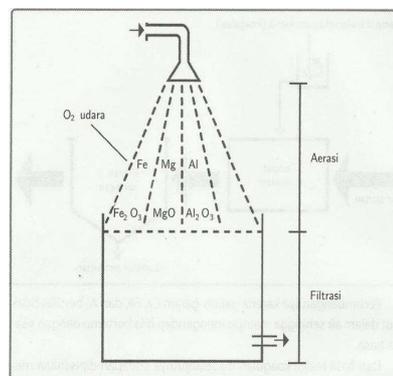
Sumber : <http://bapelkescikarang.or.id/bapelkescikarang/images/>

Gambar 1. Aerasi Menggunakan Sistem Gravitasi



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

Gambar 2. Aerasi Menggunakan Penambahan Udara Ke Dalam Air



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

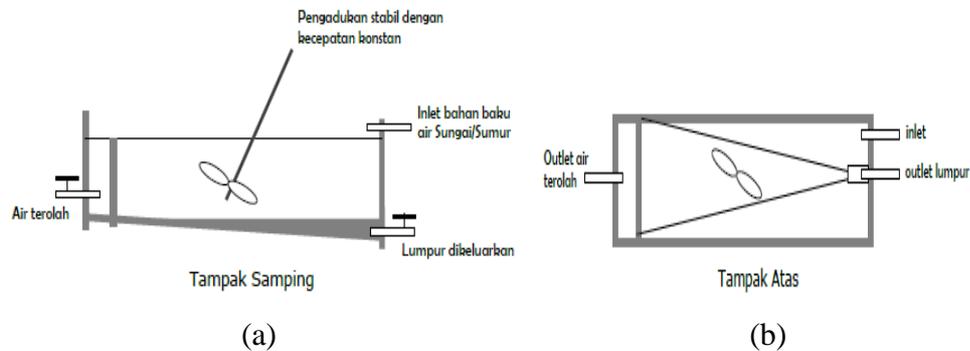
Gambar 3. Aerasi Dengan Penyemprotan Air Dari Atas

2.4 Proses Koagulasi

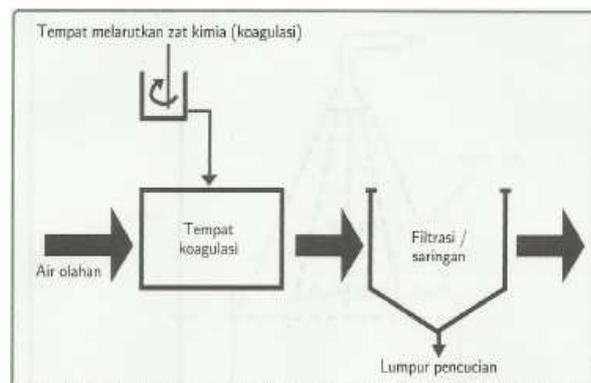
Proses penggumpalan partikel koloid dan pengendapannya disebut Koagulasi. Dalam hal ini, koagulasi secara bersama membentuk zat dengan massa yang lebih besar. Koagulasi merupakan proses penggumpalan melalui reaksi kimia, reaksi koagulasi dapat berjalan dengan membubuhkan zat pereaksi (koagulan) sesuai dengan zat yang terlarut. Koagulan yang banyak digunakan adalah kapur, tawas dan kaporit (Vexillum, 2012).

Petimbangan karena garam-garam Ca, Fe dan Al bersifat tidak larut dalam air sehingga mampu mengendap bila bertemu dengan 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 (Vexillum, 2012). Contoh sistem koagulasi tampak samping dan tampak atas dapat dilihat pada gambar 4 dan skema instalasi koagulasi dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 4. (a) Tampak Samping Sistem Koagulasi dan (b) Tampak Atas Sistem Koagulasi



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

Gambar 5. 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 (Winarni, 2003).

Faktor – faktor 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, dan kecepatan paddle
- e) Temperatur air
- f) Alkalinitas air, bila terlalu rendah ditambah dengan pembubuhan kapur
- g) Karakteristik ion – ion dalam air

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.

Koagulan merupakan bahan kimia yang dibutuhkan untuk membantu proses pengendapan partikel – partikel kecil yang tidak dapat mengendap dengan sendirinya (Winarni, 2003). Kekeruhan dan warna dapat dihilangkan melalui penambahan koagulan atau sejenis bahan – bahan kimia seperti:

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

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. Ferric sulfate ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$)

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

c. Ferric 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.

d. PAC (*Poly aluminium Chloride*)

Polimer aluminium merupakan jenis baru sebagian hasil riset dan pengembangan teknologi air sebagai dasarnya adalah aluminium yang berhubungan dengan unsure lain membentuk unit berulangnya adalah Al-OH.

PAC menggabungkan netralisasi dan kemampuan menjembatani partikel – partikel koloid sehingga berlangsung efisien. Namun terdapat kendala dalam menggunakan PAC sebagai koagulan yaitu pengaruh dalam pemakaiannya karena bersifat higroskopis. Pada umumnya jenis koagulan yang sering digunakan adalah tawas, tetapi selain tawas koagulan yang paling bagus untuk penjernihan air gambut adalah PAC (*Poly Aluminium Chloride*) yang terbentuk dari senyawa Al yang lain yang penting untuk koagulasi adalah Polyaluminium chloride (PAC), $\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{3n-m}$. PAC Powder dapat dilihat pada gambar 6.

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 6.



Gambar 6. PAC Powder

PAC adalah suatu persenyawaan anorganik kompleks, ion hidroksil serta ion alumunium 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 alumunium 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.

- Senyawa Besi

Untuk senyawa besi, tipe hidrolisa yang sama dapat berlangsung seperti :



Terdapat pula ion ferri hidrat seperti : $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ dengan persamaan reaksi yang sama dengan hidrolisa $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$.

Pembentukan $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{OH})_4]^-$ atau $\text{Fe}(\text{OH})_4^-$ hanya terjadi pada pH tinggi, tetapi tidak biasa ditemui pada pengolahan secara konvensional, jadi batas pH untuk koagulasi dengan Fe^{3+} lebih besar dari pada untuk Al^{3+} , sebagai contoh pH 9 untuk koagulasi dengan Fe^{3+} dan 7,8 untuk Al^{3+} (Winarni, 2003).

Dosis koagulan yang diperlukan tergantung pada :

1. Konsentrasi warna.
2. Zeta potential (pengukuran mobilitas elektroforesis) juga merupakan faktor penting untuk menghilangkan warna secara efektif. Hal ini erat hubungannya dengan sisa konsentrasi warna. Pada pH yang optimum, sisa warna berkurang secara proporsional dengan penambahan dosis koagulan.
3. Jenis koagulan → koagulan yang dapat digunakan untuk menghilangkan warna adalah :
 - 1) Garam aluminium : Alum sulfat/tawas, $Al_2(SO_4)_3 \cdot xH_2O$, Polyaluminium chloride, PAC (PACl), $Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$
 - 2) Garam besi (III) : Ferri sulfat, $Fe_2(SO_4)_3 \cdot xH_2O$, Ferri klorida, $FeCl_3$.

Semakin tinggi dosis koagulan yang digunakan akan menghasilkan efisiensi penghilangan warna yang lebih besar pula, akan tetapi residu koagulan akan semakin besar.

Pada kasus pembentukan flok yang lemah dengan menggunakan dosis tawas optimum untuk menghilangkan warna, polialuminium klorida (PAC) dapat digunakan sebagai koagulan pilihan selain tawas. Koagulasi dengan polialuminium klorida dapat dengan mudah memproduksi flok yang kuat dalam air dengan jangkauan dosis yang lebih kecil dan rentang pH yang lebih besar, tanpa mempertimbangkan kehadiran alkalinitas yang cukup (Winarni, 2003).

2.5 Proses Filtrasi

Filtrasi merupakan proses pemisahan antara padatan/koloid dengan cairan. Proses filtrasi bisa merupakan proses *primary treatment* atau penyaringan dari proses sebelumnya. Bentuk dan jenis saringan bermacam-macam. Penyaringan bahan padatan kasar menggunakan saringan berukuran 5 -20 mm, sedangkan padatan yang halus (hiperfiltrasi) dapat menggunakan saringan yang lebih halus lagi. Saringan ini diusahakan mudah diangkat dan dibersihkan.

Bahan untuk penyaringan kasar dapat terbuat dari logam tahan karat seperti stainless steel, kawat tembaga, batu kerikil, batu bara, karbon aktif.

Penyaringan untuk padatan yang halus dapat menggunakan kain polyester atau pasir. Jenis saringan yang biasa digunakan adalah saringan bergetar, barscreen racks, dan bak penyaringan saringan pasir lambat. Jenis saringan yang banyak digunakan adalah saringan bak pasir dan batuan. Saringan pasir menggunakan batu kerikil dan pasir. Pasir yang baik untuk penyaringan adalah pasir kuasa (Alaerts, 1987).

a. 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 (Cahyana, Gedehace, 2009).

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 karbon aktif 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*

Berikut merupakan karbon aktif dapat dilihat pada gambar 7:



Gambar 7. Karbon Aktif

b. Proses Pemisahan Dengan Membran

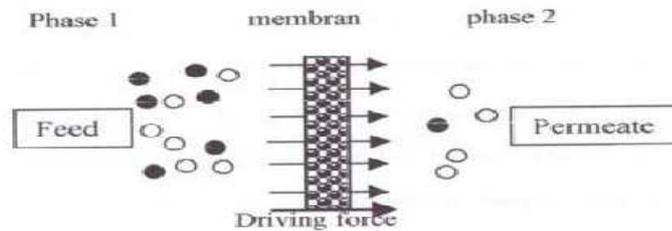
Dewasa ini pemisahan dengan menggunakan teknologi membran banyak diterapkan pada industri-industri kimia. Teknologi membran menjadi populer karena operasinya yang sederhana, konsumsi energi yang relatif rendah serta memiliki derajat pemisahan yang tinggi (Hartomo, Widiatmoko, 1994).

Proses pemisahan terjadi karena membran mempunyai kemampuan untuk mentransport satu komponen dari campuran umpan dengan lebih mudah dari pada komponen lain. Spesi yang memiliki ukuran lebih kecil dari pori membran dapat menembus membran dan spesi yang lebih besar dari pori membran akan tertahan.

Membran mempunyai kemampuan untuk mentransport satu komponen lebih mudah dari lainnya disebabkan perbedaan dalam sifat kimia dan atau sifat fisika antara membran dan komponen permeat.

Upstream merupakan sisi umpan yang terdiri dari bermacam-macam molekul (komponen) yang akan dipisahkan. *Downstream* merupakan sisi permeat yang merupakan hasil pemisahan. Pemisahan terjadi karena molekul-molekul tersebut berdifusi melalui membran dengan adanya penggerak yang berupa perbedaan konsentrasi, perbedaan tekanan, perbedaan temperatur dan perbedaan energi (Hartomo, Widiatmoko, 1994).

Skema proses pemisahan dengan membran dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Pemisahan Partikel oleh Membran

Jenis-jenis membran antara lain :

a) 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 3 dan *membrane mikrofiltrasi* dapat dilihat pada gambar 9.

Tabel 3. Spesifikasi Membran Mikrofiltrasi

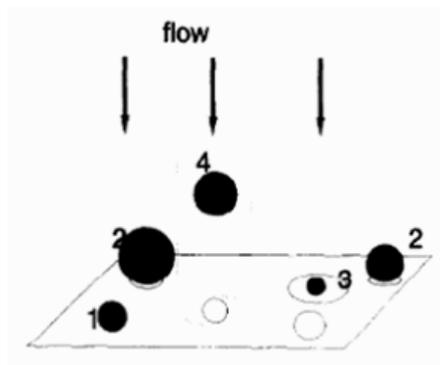
Spesifikasi	Membran Mikrofiltrasi
Modul membran	Tubular
Jenis membran	Cramic
Ukuran Pori	$0,3-0,8 \mu\text{m}$
Diameter Luar	7 cm
Diameter <i>Dalam</i>	2 cm
Panjang membrane	24,3 cm
Prinsip pemisahan mekanisme	<i>Solution Diffusion</i>
Tekanan maximum	130 psi

Sumber: PT. Air Nusantara 2013



Gambar 9. Membran Mikrofiltrasi

Jika suatu partikel yang mendekati pori memiliki diameter lebih kecil daripada diameter pori pada membran maka partikel akan melewati membran tersebut. Sementara jika partikel memiliki diameter lebih besar daripada diameter pori maka partikel akan tertahan oleh membran, pori akan tertutup dan hambatan hidrodinamik pada membran akan meningkat. Istilah “mendekati pori” didefinisikan sebagai istilah “daerah pengaruh pori”. Dalam hal ini, jika diameter pori adalah dengan *cross section* $\pi d^2/4$, maka semua partikel yang ada di silinder di atas membran dengan area bawah $\beta \pi d^2/4$, dimana $\beta > 1$, baik yang melalui maupun tertahan oleh pori tergantung pada diameternya; jika partikel berada di luar silinder, pori dibawah pertimbangan ini tidak akan mempengaruhi perilaku partikel. Lebih jelasnya terlihat pada gambar 10.



Gambar 10. Skematik Proses Mikrofiltrasi

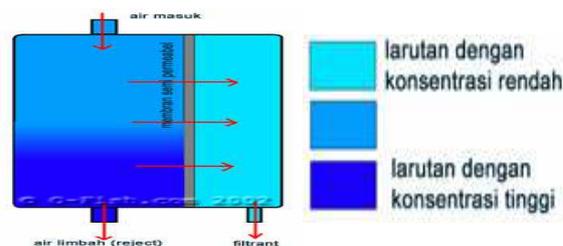
- (1) Partikel melekat pada permukaan membran
- (2) Partikel tertahan oleh pori kecil
- (3) Partikel kecil melewati pori besar
- (4) Partikel akan menutupi pori.

Lingkaran disekitar pori menggambarkan bagian bawah dari daerah pengaruh pori dengan area $\beta\pi(Id)^2/4$.

b) *Reverse Osmosis* (RO)

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).

Dapat dilihat pada gambar 11 Mekanisme Kerja *Reverse Osmosis*.



Gambar 11. Mekanisme Kerja *Reverse Osmosis*

c) 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 (Hartomo, Widiatmoko, 1994). Perbedaan membrane ultrafiltrasi dan RO yaitu dilihat dari prinsip kerjanya. 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.

Spesifikasi Membran Ultrafiltrasi :

- Membran yang digunakan : asimetrik porous membrane
- Ketebalan : 150 μm
- Ukuran pori : 1-100 μm
- Driving force : tekanan (1-10bar)
- Prinsip pemisahan : mekanisme Sieving
- Bahan membran : polymeric (Misal: polysulfoone, polyacrilonitrile), ceramic (Misal: zirconium oxide, oxide). (Sumber: A. J. Hartomo dkk, 1994)

d) 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).