2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Besi (Fe)

Besi merupakan logam berat yang dibutuhkan dimana zat ini dibutuhkan dalam proses untuk menghasilkan oksidasi enzim cytochrome dan pigmen pernapasan (haemoglobin). Logam ini akan menjadi racun apabila keadaannya terdapat dalam konsentrasi di atas normal (Hasbi, 2007).

.

2.1.1 Definisi Besi (Fe)

Besi memiliki simbol (Fe) dan merupakan logam berwarna putih keperakan, liat dan dapat dibentuk. Fe di dalam susunan unsur berkala termasuk logam golongan VIII, dengan berat atom 55,85 gram/mol, nomor atom 26, berat jenis 7,85 dan umumnya mempunyai valensi 2 dan 3 (selain 1, 4, 6). Besi (Fe) adalah logam yang dihasilkan dari bijih besi, dan jarang dijumpai dalam keadaan bebas, untuk mendapatkan unsur besi, campuran lain harus dipisahkan melalui penguraian kimia. Besi digunakan dalam proses produksi besi baja, yang bukan hanya unsur besi saja tetapi dalam bentuk alloy (campuran beberapa logam dan bukan logam, terutama karbon) (Eaton dan Mary, 2005).

Keberadaan besi pada kerak bumi menempati posisi keempat terbesar. Besi ditemukan dalam bentuk kation ferro (Fe^{2+}) dan ferri (Fe^{3+}). Pada perairan alami dengan pH sekitar 7 dan kadar oksigen terlarut yang cukup, ion ferro yang bersifat mudah larut dioksidasi menjadi ion ferri, sehingga pada oksidasi ini terjadi pelepasan elektron. Sebaliknya, pada reduksi ferri menjadi ferro terjadi penangkapan elektron. Proses oksidasi dan reduksi besi tidak melibatkan oksigen dan hidrogen (Eckenfelder, 1989).

Zat besi (Fe) merupakan suatu komponen dari berbagai enzim yang mempengaruhi seluruh reaksi kimia yang penting di dalam tubuh meskipun sukar

diserap (10-15%). Besi juga merupakan komponen dari haemoglobin yaitu sekitar 75% yang memungkinkan sel darah merah membawa oksigen dan menghantarkannya ke jaringan tubuh (Admin, 2009). Pada tanaman, besi merupakan bagian dari enzim tertentu dan protein yang berfungsi sebagai pembawa elektron pada fase terang fotosintesis dan respirasi (Tahril *et al*., 2011).

2.1.2 Sifat-Sifat Besi (Fe)

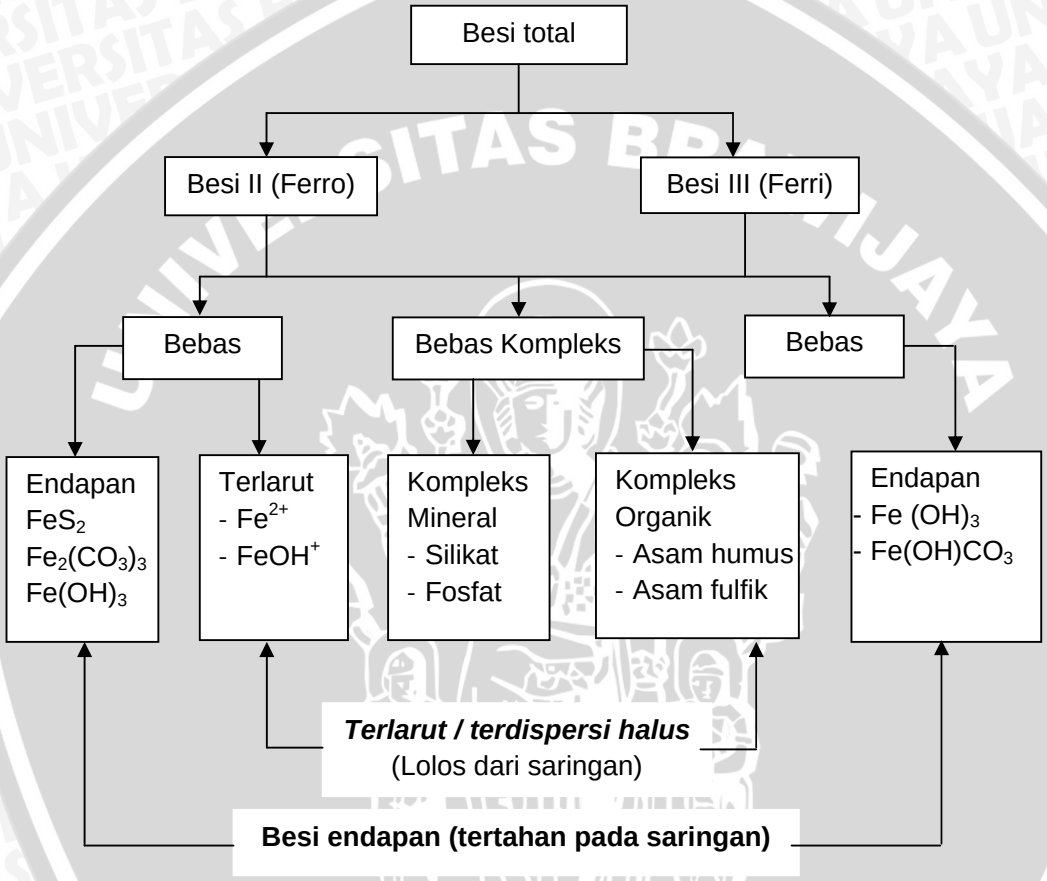
Pada perairan dengan kondisi aerob, kadar besi tidak lebih dari 0,3 mg/liter, pada perairan alami kadar besi bekisar antara 0,05-0,2 mg/liter, tetapi pada air tanah dengan kadar oksigen rendah kadar besi dapat mencapai 10-100 mg/liter. Besi merupakan mineral yang penting bagi manusia. Kebutuhan manusia akan zat besi sebesar 7-14 mg/hari tergantung usia dan jenis kelamin (Asih, 2006).

Logam murni besi sangat reaktif secara kimiawi dan mudah terkorosi, khususnya diudara yang lembab atau ketika terdapat peningkatan suhu. Memiliki empat bentuk alotroik, ferit, yakni alfa, beta, gamma dan omega dengan suhu transisi 700ºC, 928ºC dan 1530ºC. Bentuk alfa besifat magnetik, tapi ketika berubah menjadi beta, sifat magnetnya menghilang meski pola geometris molekul tidak berubah (Lopo, 2011).

2.1.3 Bentuk-Bentuk dan Sumber-Sumber Besi (Fe) di Perairan

Pada perairan alami, besi berikatan dengan anion membentuk senyawa $FeCl_2$, $Fe(HCO_3)$ dan $Fe(SO_4)$. Pada perairan yang diperuntukkan bagi keperluan domestik, pengendapan ion ferri dapat mengakibatkan warna kemerahan pada porselen, bak mandi, pipa air dan pakaian. Kelarutan besi meningkat dengan menurunnya pH (Effendi, 2003).

Menurut BPPT (2004), besi pada air permukaan terdapat dalam beberapa bentuk, antara lain bentuk suspensi dari lumpur, tanah liat dan partikel (dispersi) halus dari besi (III) hidroksida, [$Fe(OH)_3$] dalam bentuk koloid dan organik kompleks. Bentuk besi di dalam air digambarkan dalam bagan seperti dibawah ini:



Gambar 1. Skema bentuk besi dalam air (BPPT, 2004)

Fe berada dalam tanah dan batuan sebagai ferrioksida (Fe_2O_3) dan ferrihidroksida ($Fe(OH)_3$). Dalam air, besi berbentuk ferrobikarbonat ($Fe(HCO_3)_2$), ferrohidroksida ($Fe(OH)_3$), ferrosulfat ($FeSO_4$) dan besi organik kompleks. Air tanah mengandung besi terlarut berbentuk ferro (Fe^{2+}). Jika air tanah dipompakan keluar dan kontak dengan udara (oksigen) maka besi (Fe^{2+}) akan teroksidasi menjadi ferrihidroksida ($Fe(OH)_3$). Ferrihidroksida dapat mengendap

dan berwarna kuning kecoklatan. Hal ini dapat menodai peralatan porselen dan cucian. Bakteri besi (*Crenothrix* dan *Gallionella*) memanfaatkan besi ferro (Fe^{2+}) sebagai sumber energi untuk pertumbuhannya dan mengendapkan ferrihidroksida. Pertumbuhan bakteri besi yang terlalu cepat (karena adanya besi ferro) menyebabkan diameter pipa berkurang dan lama kelamaan pipa akan tersumbat (Jusmanizah, 2011).

2.1.4 Pengaruh Besi (Fe) di Perairan

Kadar besi yang berlebih dalam air dapat menimbulkan bau dan rasa yang tidak enak pada minuman, menyebabkan kekeruhan dan warna kuning pada air dapat meninggalkan noda pada pakaian atau peralatan yang dicuci dengan air tersebut (Asih, 2006). Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan R.I Nomor: 416/MENKES/PER/IX/90 tentang baku mutu air bersih, kadar besi (Fe) yang diizinkan untuk air bersih adalah 1,0 mg/l. Jika konsentrasi besi di dalam air relatif besar, akan memberikan dampak sebagai berikut:

1. Menimbulkan penyumbatan pada pipa disebabkan
   a. Secara langsung oleh deposit (*tubercule*) yang disebabkan oleh endapan besi.
   b. Secara tidak langsung, disebabkan oleh kumpulan bakteri besi yang hidup di dalam pipa, karena air yang mengandung besi, disukai oleh bakteri besi. Selain itu kumpulan bakteri ini dapat meninggikan gaya gesek (*losses*) yang juga berakibat meningkatnya kebutuhan energi. Selain itu pula apabila bakteri tersebut mengalami degradasi dapat menyebabkan bau dan rasa tidak enak pada air.
2. Besi sendiri dalam konsentrasi yang lebih besar dari 1 mg/l, akan memberikan suatu rasa pada air yang menggambarkan rasa metalik, astringen, atau obat.

3. Keberadaan besi juga dapat memberikan penampakan keruh dan berwarna pada air, oleh karena sangat tidak diharapkan pada industri kertas, pencelupan atau tekstil dan pabrik minuman.
4. Meninggalkan noda pada pakaian yang dicuci oleh air yang mengandung besi.
5. Meninggalkan noda pada bak-bak kamar mandi dan peralatan lainnya (noda kecoklatan disebabkan oleh besi).
6. Endapan logam ini juga yang dapat memberikan masalah pada sistem penyediaan air secara individu (sumur).
7. Pada ion *exchanger* endapan besi yang terbentuk, seringkali mengakibatkan penyumbatan atau menyelubungi media pertukaran ion (resin), yang mengakibatkan hilangnya kapasitas pertukaran ion.
8. Menyebabkan keluhan pada konsumen (seperti kasus "*red water*") bila endapan besi yang terakumulasi di dalam pipa, tersuspensi kembali disebabkan oleh adanya kenaikan debit atau kenaikan tekanan dan akan dibawa ke konsumen.

Dalam perairan bila kandungan Fe cukup tinggi akan menyebabkan terjadinya pengendapan. Penggunaan pupuk TSP pada kolam, bila terlalu berlebihan akan menyebabkan kandungan Fe menjadi tinggi sehingga membentuk endapan di dasar kolam dan mengganggu organisme perairan yang hidup didalamnya seperti plankton (Subarijanti, 2014). Selain itu pencemaran tanah dan perairan oleh logam berat Fe dapat menyebabkan terjadinya keracunan pada ikan yang dapat menyebabkan kematian, akumulasi biologis, keracunan kronis dan perubahan-perubahan fungsi fisiologis yang akan mengurangi kemampuan ikan dalam bertahan hidup (Afiesh, 2013).

2.2 Proses Penghilangan Besi

Menurut Jusmanizah (2011), penurunan kandungan besi dan mangan dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain:

1. Oksidasi
2. *Ion Exchange*
3. *Mangan Zeolite Filtration*
4. *Sequestering Process*
5. *Lime Softening*
6. Filtrasi (Penyaringan)
7. Adsorbsi (Penjerapan)

2.2.1 Adsorbsi

Adsorbsi adalah proses terjadinya perpindahan massa adsorbat dari fase gerak (fluida pembawa adsorbat) ke permukaan adsorben. Dalam proses adsorbsi, terjadi tarik-menarik antar molekul adsorbat (zat teradsorbsi) serta antara molekul-molekul adsorbat dan tapak-tapak aktif pada permukaan adsorben (pengadsorbsi). Perpindahan massa terjadi jika gaya tarik adsorben lebih kuat (Setyaningsih, 1995).

Adsorbsi merupakan suatu proses dimana suatu partikel terperangkap kedalam struktur suatu media dan seolah-olah menjadi bagian dari keseluruhan media tersebut. Proses ini dijumpai terutama dalam media karbon aktif. Karbon aktif memiliki ruang pori sangat banyak dengan ukuran tertentu. Pori-pori ini dapat menangkap partikel-partikel sangat halus (molekul) dan terjebak disana. Dengan berjalannya waktu pori-pori ini pada akhirnya akan jenuh dengan partikel-partikel sangat halus sehingga tidak berfungsi lagi. Sampai tahap tertentu beberapa jenis arang aktif dapat direaktifasi kembali, meskipun sangat

tergantung dari metode aktifasi sebelumnya, oleh karena itu perlu diperhatikan keterangan pada kemasan produk tertentu (Murhadi, *et al*.,2006).

Proses adsorbsi pada karbon aktif terjadi melalui tiga tahap dasar. Pertama-tama, zat terjerap pada karbon aktif bagian luar, lalu bergerak menuju pori-pori karbon aktif, selanjutnya terserap ke dinding bagian dalam dari karbon aktif (Pratama, 2013). Mekanisme adsorbsi yang terjadi antara logam berat Fe dengan karbon aktif batubara ini merupakan ikatan fisika (gaya *van der walls*).

Menurut Jusmanizah (2011), beberapa faktor yang mempengaruhi laju adsorbsi adalah sebagai berikut:

a. Pengadukan

   Makin cepat pengadukan, makin cepat pula penyerapan dan sebaliknya.

b. Karakteristik zat penyerap

   Ukuran partikel dan luas permukaan zat penyerap mempengaruhi laju penyerapan. Makin kecil diameter partikel, makin luas permukaan zat penyerap dan laju adsorbsi makin cepat. Untuk meningkatkan kecepatan adsorbsi, dianjurkan agar menggunakan absorben yang telah dihaluskan.

c. Daya larut dari zat yang diserap

d. Ukuran molekul adsorbat

   Makin besar ukuran molekul dan ukuran pori maka gaya tarik menarik antara molekul adsorben akan makin besar.

e. pH

   pH larutan mempengaruhi kelarutan ion logam, aktivitas gugus fungsi pada biosorben dan kompetisi ion logam dalam proses adsorbsi.

f. Suhu

   Laju penyerapan bertambah dengan naiknya suhu dan begitu pula sebaliknya.

Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorbsi antara lain sifat fisik dan kimia adsorben (luas permukaan, ukuran pori, dan komposisi kimia), sifat fisik dan kimia adsorbat (ukuran, kepolaran, dan komposisi kimia molekul), konsentrasi adsorbat dalam fase cair, karakteristik fase cair (pH dan suhu), dan kondisi operasional adsorbsi (Pratama, 2013).

Menurut Bird (1985), ada dua jenis isoterm adsorbsi yang umum digunakan untuk menjelaskan adsorbsi cairan pada permukaan padatan, yaitu isoterm freundlich dan isoterm langmuir. Isoterm Freundlich merupakan persamaan yang biasa digunakan untuk menjelaskan proses adsorbsi cairan pada permukaan zat padat. Isoterm ini merupakan persamaan empiris dengan bentuk sebagai berikut:

$$Q = kC^{1/n}$$

Apabila kedua ruas pada persamaan dilogaritmakan akan diperoleh

$$\text{Log Q} = \log k + \frac{1}{n} + \log C$$

Q adalah jumlah adsorbat teradsorbsi per satuan bobot adsorben, C adalah konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah adsorbsi, sementara k dan n adalah tetapan empiris. Isoterm ini sering digunakan untuk menjelaskan adsorbsi zat terlarut dalam suatu larutan. Isoterm Langmuir biasanya digunakan untuk menggambarkan proses kimisorpsi satu lapisan sehingga sistem yang menjalani tipe isoterm ini akan terus melakukan adsorbsi sampai terbentuk lapisan tunggal. Bentuk linear persamaan Langmuir adalah

$$\frac{C}{X/M} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}C$$

X = jumlah adsorbat teradsorbsi
M = satuan bobot adsorben
C = konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah adsorbsi
a, b = tetapan empiris

2.2.2 Adsorben Batubara

Batubara adalah substansi heterogen yang dapat terbakar dan terbentuk dari banyak komponen yang mempunyai sifat saling berbeda. Batubara dapat didefinisikan sebagai satuan sedimen yang terbentuk dari dekomposisi tumpukan tanaman selama kira-kira 300 juta tahun. Dekomposisi tanaman ini terjadi karena proses biologi dengan mikroba dimana banyak oksigen dalam selulosa diubah menjadi karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O). Kemudian perubahan yang terjadi dalam kandungan bahan tersebut disebabkan oleh adanya tekanan, pemanasan yang kemudian membentuk lapisan tebal sebagai akibat pengaruh panas bumi dalam jangka waktu berjuta-juta tahun, lapisan tersebut akhirnya memadat dan mengeras. Pola yang terlihat dari proses perubahan bentuk tumbuh-tumbuhan hingga menjadi batubara yaitu dengan terbentuknya karbon. Kenaikan kandungan karbon dapat menunjukkan tingkatan batubara. Dimana tingkatan batubara yang paling tinggi adalah antrasit, sedang tingkatan yang lebih rendah dari antrasit akan lebih banyak mengandung hidrogen dan oksigen (Yunita, 2000).

Arang batubara (*bottom ash*) berasal dari material buangan sisa pembakaran batubara dari PLTU maupun industri. Akhir-akhir ini diketahui bahwa arang batubara (*bottom ash*) dapat digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan berbagai macam logam berat dari limbah cair. Arang batubara (*bottom ash*) adalah material buangan yang berasal dari sisa pembakaran batubara untuk pembangkit listrik. Ketersediaan bahan baku arang batubara cukup melimpah dan merupakan material lokal yang murah (Gupta et al., 2000).

Menurut Kumar (2005), berdasarkan bentuk dan kandungan batubara dapat dikelompokkan menjadi empat jenis yaitu :

- Lignite merupakan batubara coklat, agak lembut dan maturitas organik rendah. Jenis batubara ini memiliki mutu yang terendah dari batubara lainnya

dan digunakan hampir seluruhnya untuk bahan bakar pada pembangkit tenaga listrik

- Sub-bituminus merupakan hasil dehidrogenasi dan metanogenesis dari lignit. Memiliki tingkat maturitas organik yang lebih tinggi, lebih keras dan warnanya lebih gelap dari lignit. Range sifat-sifatnya adalah antara bituminus dan lignit. Biasanya digunakan sebagai bahan bakar untuk pembangkit tenaga listrik, produksi semen dan penggunaan untuk industri.
- Bituminus merupakan reaksi lanjut dari dehidrogenasi pada pembentukan dan pemisahan gas metana dan gas hidrokarbon lebih tinggi lainnya seperti etana, propana dan lainnya akan membentuk jenis batubara ini. Berbentuk batubara padat, biasanya hitam tapi terkadang coklat tua. Selain sebagai bahan bakar pada pembangkit tenaga listrik juga digunakan untuk aplikasi panas dan tenaga pada proses manufaktur dan untuk membuat coke, produksi semen, penggunaan untuk industri dan pembuatan besi dan baja.
- Antrasit merupakan tahap terakhir dimana proses pembentukan batubara sudah sempurna akan membentuk jenis ini. Merupakan batubara dengan mutu tertinggi dan banyak digunakan untuk pemanasan ruangan dan pemukiman.

Batubara memiliki unsur karbon sehingga dapat dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif. Dalam penelitian ini menggunakan batubara dari jenis sub-bituminus karena berasal dari limbah industri.

Gambar 2. Jenis-jenis Batubara

2.3 Karbon Aktif

Menurut Syauqiah *et al*., (2011), karbon aktif secara luas digunakan sebagai adsorben dan secara umum mempunyai kapasitas yang besar untuk mengadsorbsi molekul organik. Arang aktif atau karbon aktif adalah arang yang dapat menyerap anion, kation dan molekul dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik, larutan ataupun gas. Karbon aktif terdiri dari berbagai mineral yang dibedakan berdasarkan kemampuan adsorbsi (daya serap) dan karakteristiknya.

Proses aktivasi dapat dilakukan secara fisis dan kimiawi. Aktivasi secara fisis dilakukan dengan cara mengeluarkan produk tar melalui pemanasan dengan uap air, atau pemanasan dalam suatu aliran gas *inert,* sedangkan aktivasi secara kimiawi dilakukan melalui ekstraksi dengan menggunakan pelarut yang sesuai (misalnya selenium oksida), atau melalui sebuah reaksi kimia (Hassler,1974).

2.3.1 Proses Aktivasi Karbon

Menurut Jusmanizah (2011), metode aktifasi yang umum digunakan dalam pembuatan arang aktif adalah sebagai berikut:

1. Aktivasi Kimia

Aktivasi ini merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia. Aktifator yang digunakan adalah bahan-bahan kimia seperti hidroksida logam alkali, garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah dan khususnya $ZnCl_2$, asam-asam anorganik seperti H_2SO_4 dan H_3PO_4.

2. Aktivasi Fisika

Aktivasi ini merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO_2. Umumnya arang dipanaskan di dalam tanur pada suhu 800ºC-900ºC. Oksidasi dengan udara pada suhu rendah

merupakan reaksi isotherm sehingga sulit untuk mengontrolnya. Sedangkan pemanasan dengan uap atau CO_2 pada suhu tinggi merupakan reaksi endoterm sehingga lebih mudah dikontrol dan paling umum digunakan.

2.4 Pengaruh pH Terhadap Adsorbsi Karbon Aktif

Penyerapan biasanya dipengaruhi oleh konsentrasi ion hidrogen dalam larutan. Untuk asam-asam organik adsorbsi akan meningkat bila pH diturunkan yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut berkurang. Bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan penambahan alkali, adsorbsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam (Cookson, 1978).

Masuknya logam di dalam perairan akan berinteraksi dengan berbagai faktor seperti derajat keasaman (pH) sehingga akan berpengaruh terhadap kelarutan logam. Jika derajat keasaman tinggi akan mengubah kestabilan ikatan dari karbonat kehidroksida. Hidroksida ini akan mudah sekali membentuk ikatan permukaan dengan partikel yang berada pada badan perairan. Lama kelamaan persenyawaan yang terjadi antara hidroksida dengan partikel yang berada dalam badan perairan akan mengendap dan membentuk lumpur (sedimen) (Sudarwin, 2008).

Pemindahan logam-logam dari larutan berair melalui proses adsorbsi dihubungkan dengan pH larutan. Penurunan pH larutan akan meningkatkan konsentrasi ion H^+ dalam larutan sehingga akan berikatan dengan gugus hidroksil dalam selulosa membentuk OH_2^+ ($-CH_2OH_2^+$) dan berakibat menurunkan situs negatif adsorben sehingga menyebabkan tolakan dengan ion-ion logam. Sedangkan peningkatan pH akan menurunkan jumlah ion H^+ dalam larutan dan akan menaikkan ionisasi gugus hidroksil (OH^-) (Akaninwor *et al*., 2007).

Untuk asam-asam organik adsorbsi akan meningkat bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, adsorbsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam (Wirawan, 2008).

Pada penelitian ini menggunakan pH 4,5; 5,5; 6,5; 7,5; dan 8,5. Rentang pH tersebut sesuai dengan kadar penggunaan pH optimal pada jar test. Jar test adalah suatu percobaan yang berfungsi untuk menentukan dosis optimal dari koagulan yang digunakan pada proses pengolahan air bersih (Gautama, 1999).

2.5 Parameter Kualitas Air Pendukung

Menurut Sawyer dan Mc Carty (1978), proses adsorbsi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu luas permukaan, sifat adsorbat, konsentrasi adsorbat, waktu kontak dan suhu.

2.5.1 Suhu

Tingkat adsorbsi akan meningkat dengan meningkatnya suhu, dan adsorbsi akan menurun dengan menurunnya suhu. Tapi jika reaksi-reaksi adsorbsi yang terjadi adalah eksoterm, maka dari itu tingkat adsorbsi umumnya meningkat sejalan dengan menurunya suhu (Kasam *et al*., 2005).

Semakin aktif gerakan ion-ion logam berat karena bertambahnya suhu maka perpindahan massa ion logam berat dari cairan ke permukaan adsorben semakin mudah. Hal ini disebabkan dengan bertambahnya suhu adsorbsi maka energi untuk desorpsi semakin meningkat sehingga lebih banyak jumlah ion logam berat yang terlepas dari adsorben dibandingkan dengan jumlah ion logam berat yang terjerap dalam adsorben (Danarto *et al*., 2005)

2.5.2 Oksigen Terlarut (DO)

Besi terlarut berasal dari beberapa kondisi antara lain akibat pengaruh pH yang rendah (bersifat asam) dapat melarutkan logam besi dan pengaruh banyaknya oksigen terlarut dalam air dapat pula melarutkan logam besi (Lopo, 2011). Beban masukkan limbah terutama bahan organik apabila masuk ke dalam perairan secara terus menerus akan meningkatkan pemakaian oksigen terlarut sehingga daya larut oksigen atau ketersediaan oksigen terlarut dalam air akan menurun (Boyd, 1982).

Kadar besi yang tinggi pada air kolam disebabkan adanya proses respirasi tumbuhan dan hewan serta proses dekomposisi (penguraian bahan organik) oleh mikroorganisme seperti bakteri dan ganggang yang menghasilkan karbondioksida sebagai salah satu produk akhir, sehingga air kolam mengandung karbondioksida dalam jumlah relatif banyak disertai kadar oksigen terlarut rendah bahkan terbentuk suasana anaerob. Unsur besi biasanya ditemukan pada perairan dengan kondisi anaerob (tanpa oksigen) (Asih, 2006).

2.5.3 Total Bahan Organik (TOM)

Muatan yang terdapat pada permukaan adsorben sangat bergantung pada pH larutan. Pada pH rendah, permukaan padatan bermuatan positif sebaliknya pada pH tinggi, permukaan padatan bermuatan negatif. Oleh karena itu, kemampuan adsorbsi bahan organik sangat tergantung pada nilai pH. Pada pH tinggi (kondisi basa) cenderung terjadi adsorbsi kation, sedangkan pada pH rendah (kondisi asam) cenderung terjadi adsorbsi anion (Saleh, 2011).