

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Air Tanah**

Salah satu bagian dari siklus air yang ada di alam adalah air tanah. Air tanah memiliki letak di bawah permukaan tanah. Terciptanya air tanah yaitu melalui perputaran air di bumi atau melalui siklus hidrologi. Siklus hidrologi merupakan sebuah proses pergerakan air dari bumi ke atmosfer begitu pula sebaliknya yang berlangsung secara terus menerus (Triadmodjo, 2008)

Air tanah (*groundwater*) bisa melarutkan berbagai mineral serta bahan-bahan induk di dalam tanah. Sebagian mikroorganisme yang awalnya ada di air tanah disaring secara bertahap saat air meresap ke dalam tanah. Air tanah adalah air yang berada pada bagian bawah tanah. Karakteristik utama yang membedakan air tanah dengan air permukaan ialah waktu tinggal yang lebih lama, bisa mencapai belasan hingga ratusan tahun serta pergerakan pada air tanah yang lebih pelan (Effendi, 2003).

Pemanfaatan air tanah harus berdasar pada prinsip efisiensi. Agar tercipta ketersediaan air tanah yang terus berlanjut, penting untuk dilakukan pelestarian dan pemanfaatan air tanah secara terpadu. (Arsyad, 1989). Langkah yang perlu dilakukan adalah *monitoring* dan interpretasi data kualitas air tanah. *Monitoring* kualitas air tanah meliputi parameter fisika, kimia, dan biologi. Kualitas air yaitu sifat dan kandungan yang terdapat dalam air terhadap zat, organisme, atau komponen lain. (Effendi, 2003).

### **3.2 Pengolahan Air Bersih**

Proses pengolahan atau penjernihan air merupakan proses yang dilakukan pada air baku agar memenuhi syarat air bersih yang akan digunakan. Pada dasarnya pengolahan air bersih dapat dilakukan dengan 3 metode atau mengombinasikan 3 metode berikut (Alamsyah, 2006):

1. Pengolahan air dengan metode fisika.
2. Pengolahan air dengan metode kimia.
3. Pengolahan air dengan metode biologi.

#### **3.2.1 Pengolahan air dengan metode fisika**

Pengolahan air dengan metode fisika dilakukan dengan pemanfaatan sifat mekanis dari air baku. Penggunaan metode pengolahan air secara fisika dipilih sesuai dengan kondisi air baku dan kegunaan dari air baku tersebut. Pengolahan air dengan metode ini dapat dilakukan dengan cara penyaringan (filtrasi), pengendapan (sedimentasi), absorpsi dan adsorpsi, dan elektrodialisis.

Penyaringan (filtrasi) merupakan proses memisahkan partikel-partikel koloid dari air. Bentuk dan jenis saringan disesuaikan dengan beberapa faktor berikut (Alamsyah, 2006):

1. Jenis padatan yang terapung atau tenggelam di dalam air.
2. Ukuran padatan.
3. Debit air yang diolah.

Absorpsi adalah proses penyerapan ion bebas di dalam air menggunakan absorben, seperti karbon aktif. Absorpsi efektif untuk menghilangkan rasa dan

bau, serta mengurangi warna pada air baku. Adsorpsi adalah proses pengikatan ion bebas yang berada di dalam air dengan adsorben, seperti zeolit dan resin. Jumlah adsorben yang dibutuhkan tergantung pada konsentrasi padatan terlarut dalam air.

Elektrodialisis merupakan proses memisahkan ion-ion yang terlarut dengan memberikan arus listrik searah (DC). Ion-ion positif akan bergerak ke kutub negatif (katoda) dan ion-ion negatif akan bergerak ke kutub positif (anoda). Ion-ion negatif akan melepas elektron dan berubah bentuk menjadi molekul berupa gas atau padatan yang tidak larut dalam air sehingga memungkinkan untuk mengendap (Alamsyah, 2006).

### **3.2.2 Pengolahan air dengan metode kimia**

Pengolahan air secara kimia dilakukan dengan menambahkan zat kimia ataupun proses kimiawi ke dalam air. Pengolahan air dengan metode ini dapat dilakukan dengan cara koagulasi-flokulasi dan aerasi.

Koagulasi merupakan proses untuk membuat partikel koloid dan partikel lain yang tersuspensi (menggantung) termasuk bakteri dan virus menjadi tidak stabil melalui penetralan pada muatan partikelnya. Penetralan muatan berfungsi agar gaya tolak menolak partikel satu dengan lainnya dapat berkurang. Bahan yang digunakan untuk menciptakan proses di atas disebut koagulan (Kawamura, 2000).

Flokulasi merupakan proses yang membantu mempercepat proses koagulasi setelah suatu air dibubuhi koagulan. Proses ini menggabungkan antar

partikel koloid yang tidak stabil melalui proses pengadukan pelan (*stirring*) sehingga akan terbentuk flok atau gumpalan dan setelah itu dapat diendapkan dan disaring. (Hadi, 1997).

Aerasi merupakan proses penangkapan oksigen dari udara pada air baku. Oksigen akan bereaksi terhadap kation di dalam air kemudian akan menciptakan oksidasi logam yang tidak larut pada air dan akan mengendap (Kusnaedi, 2010).

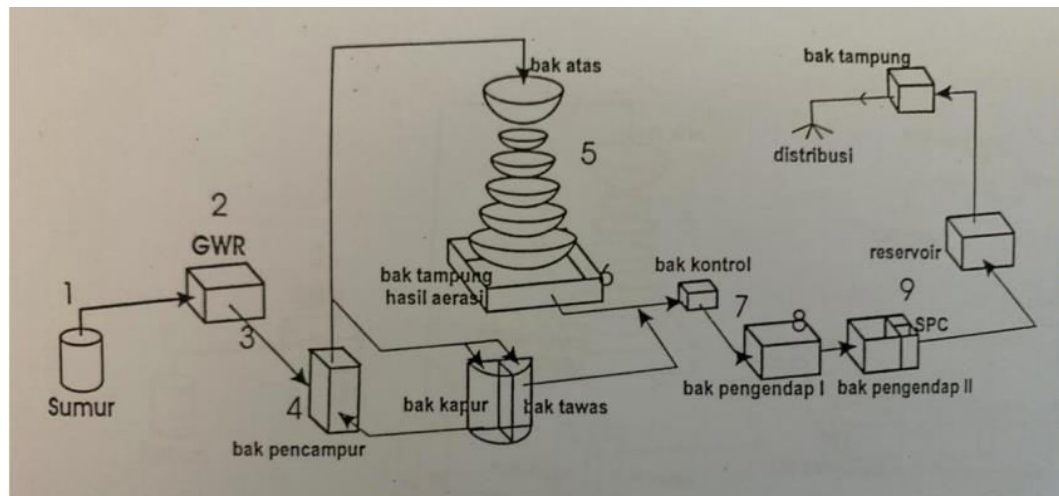
### **3.2.3 Pengolahan air dengan metode biologi**

Pengolahan air secara biologi dilakukan dengan cara desinfeksi. Desinfeksi merupakan proses menghilangkan kuman pathogen atau mikroba berbahaya di dalam air dengan menggunakan desinfektan. Desinfeksi dapat dilakukan dengan beberapa cara berikut (Surbakti, 1987):

1. Pemanasan atau perebusan.
2. Menambahkan desinfektan, seperti klor.
3. Radiasi sinar UV dan panas matahari.
4. Ozoniasi.

### **3.2.4 Pengolahan air di Gedung Bonaventura UAJY**

Pada instalasi pengolahan air yang ada di gedung Bonaventura Universitas Atma Jaya Yogyakarta menggunakan kombinasi antara metode fisika dan kimia. Ilustrasi secara keseluruhan tentang pengolahan air di gedung Bonaventura UAJY dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Ilustrasi Instalasi Pengolahan Air Gedung Bonaventura UAJY

Instalasi penjernihan air ini memiliki empat tahapan inti yaitu aerasi, koagulasi-flokulasi, sedimentasi dan filtrasi. Aerasi, sedimentasi dan filtrasi merupakan pengolahan air metode fisika. Koagulasi-flokulasi merupakan pengolahan air metode kimia. Proses aerasi terjadi pada nomor 5 dan menggunakan menara aerasi sebagai media kontak air dengan udara. Proses koagulasi terjadi pada nomor 7 menggunakan media bak kontrol sebagai media pencampuran koagulan berupa tawas dengan air baku. Proses flokulasi terjadi di antara nomor 7 dan 8 dengan menggunakan pipa saluran untuk pengadukan yang mengakibatkan destabilisasi partikel koloid. Proses sedimentasi terjadi pada nomor 8 dan menggunakan 2 bak pengendap dalam proses tersebut. Proses filtrasi terjadi pada nomor 9 yang berada persis setelah bak pengendap 2. Proses fiiltrasi menggunakan metode saringan pasir cepat. Setelah melalui 4 proses inti tersebut, air hasil pengolahan selanjutnya ditampung pada bak tampung dan kemudian didistribusikan.

### **3.3 Peraturan Menteri Kesehatan No. 37 Tahun 2017**

Acuan penelitian menggunakan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus Per Aqua* dan Pemandian Umum.

Pada pasal dua ayat yang pertama tertulis “Setiap Penyelenggara wajib menjamin kualitas Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, air untuk Kolam Renang, air untuk SPA, dan air untuk Pemandian Umum, yang memenuhi Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan.

Pada pasal tiga tertulis “Untuk menjaga kualitas Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, air untuk Kolam Renang, air untuk SPA, dan air untuk Pemandian Umum memenuhi Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2, dilakukan pengawasan internal dan eksternal.”

Pada pasal empat ayat pertama dan kedua tertulis “(1) Pengawasan internal merupakan pengawasan yang dilakukan oleh Penyelenggara melalui penilaian mandiri, pengambilan, dan pengujian sampel air. (2) Pengawasan internal dilaksanakan paling sedikit 1 (satu) kali dalam 1 (satu) tahun kecuali parameter tertentu yang telah ditetapkan dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan.”

Dari uraian PERMENKES RI No.32 Tahun 2017 Pasal 2, 3 dan 4 tersebut secara singkat berisi bahwa penyelenggara diwajibkan untuk menjamin serta menjaga kualitas air, salah satunya untuk keperluan higiene sanitasi, serta melakukan pengawasan internal oleh pihak penyelenggara setidaknya sebanyak

satu kali dalam kurun waktu satu tahun lewat penilaian, pengambilan sampel, dan pengujian sampel air yang dilakukan pada sistem pengolahan air bersih tersebut.

Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 32 Tahun 2017 menyebutkan kualitas air dinyatakan dalam beberapa parameter, seperti parameter fisika yaitu kekeruhan, suhu, warna, rasa, dan sebagainya, parameter kimia yaitu, pH, besi, fluorida, kesadahan, mangan, nitrat, nitrit, sianida, deterjen, dan sebagainya, dan parameter biologi yaitu keberadaan *E. coli* dan total coliform. Karena keterbatasan alat dan penyesuaian tujuan, penelitian yang dilakukan hanya berfokus pada parameter nilai kekeruhan pada air dan kadar besi yang terkandung pada air.

#### **3.4 Sedimentasi**

Pengendapan (sedimentasi) merupakan proses memisahkan zat-zat padat dan air dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Pengendapan dapat terjadi apabila berat jenis padatan lebih besar dari berat jenis air sehingga padatan akan tenggelam dan berada di dasar bak pengendapan. Pengendapan ada yang terjadi secara langsung dan ada yang memerlukan proses lain, seperti koagulasi atau reaksi kimia lain. (Alamsyah, 2006)

Pemaksimalan proses pengendapan membutuhkan aliran yang berkondisi tenang (Notodarmojo, 2004). Secara garis besar Sedimentasi merupakan proses pemisahan *solid* dari *liquid* secara gravitasi untuk menyisahkan *suspended solid* dimana aliran pada kondisi yang relatif tenang akan membuat padatan mengendap akibat gaya tarik bumi atau gravitasi.

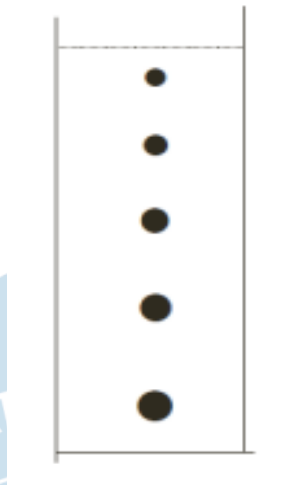
Pada instalasi pengolahan air, pemisahan partikel padatan atau kotoran yang terflokulasi atau terkoagulasi terjadi pada bangunan sedimentasi. Hal-hal yang dapat berpengaruh pada kecepatan mengendapnya partikel di dalam air diantaranya adalah berat jenis partikel, ukuran serta bentuk partikel, viskositas air yang diolah dan kecepatan aliran air pada bak pengendapan. (Huisman, 1977)

Bangunan sedimentasi bak pengendap dapat dikelompokkan menjadi 4 tipe berdasar sifat partikelnya. (Mayasari,2007):

1. Tipe 1 – Prasedimentasi.
2. Tipe 2 – Sedimentasi.
3. Tipe 3 – *final clarifier*.
4. Tipe 4 – *sludge thickener*.

Menurut klasifikasi di atas, yang terjadi di Gedung Bonaventura UAJY merupakan Sedimentasi tipe II atau *Flocculant Settling* dimana proses pengendapan melalui penambahan koagulan sehingga terjadi interaksi antar partikel yang membuat ukuran meningkat dan kecepatan pengendapan bertambah. Ilustrasi seperti pada Gambar 3.2 dimana ukuran partikel bertambah besar atau aglomerasi dan semakin menuju dasar (mendap).





Gambar 3.2 Ilustrasi Partikel Sedimentasi Tipe II

Partikel-partikel pada proses sedimentasi akan sukar mengendap dengan sendirinya apabila massa jenis nya hampir sama dengan air. Maka dari itu tahapan setelah sedimentasi adalah filtrasi dimana partikel akan tersaring dan menghasilkan air yang lebih jernih.

Bangunan sedimentasi atau bak pengendap yang ideal dengan proses yang terus berlangsung dapat dibagi menjadi empat zona (*zone*), yaitu;

1. Zona masuk atau *inlet zone*.

Fungsi *inlet zone* sebagai masukan dari proses sedimentasi dan penyebar aliran air secara merata pada bak sedimentasi serta pengatur kecepatan aliran air yang masuk.

2. Zona pengendapan atau *settling zone*.

Fungsi *settling zone* untuk mengalirkan air secara horizontal dengan aliran yang lambat ke arah outlet dan menjadi zona dimana proses utama pengendapan berlangsung .

3. Zona lumpur atau *sludge zone*.

Fungsi *sludge zone* sebagai tempat berkumpulnya partikel – partikel yang mengendap yang disertai dengan saluran pembuangan untuk mengeluarkan sedimen dari bak.

4. Zona pengeluaran air atau *outlet zone*.

Fungsi *outlet zone* sebagai keluaran proses sedimentasi yaitu tempat keluarnya air yang telah bersih dari proses pengendapan.

Pada penerapan metode sedimentasi, kerap dijumpai *plate settler*. *Plate settler* adalah sebuah papan yang dapat membantu proses pengendapan yang diletakkan di *settling zone* atau zona pengendapan pada bak atau bangunan sedimentasi. Pemasangan *plate settler* menggunakan kemiringan tertentu. Peningkatan efisiensi pengendapan dan perluasan bidang pengendapan karena *plate settler* membuat proses fisika dari sedimentasi dapat berlangsung lebih efektif.

Salah satu tujuan utama dari proses sedimentasi adalah menurunkan tingkat kekeruhan pada air serta dapat menurunkan kadar besi yang telah melalui proses aerasi.

### **3.5 Parameter Kualitas Air yang Diuji**

Pada penelitian ini menggunakan dua parameter pengujian yaitu tingkat kekeruhan dan kadar besi .

#### **3.5.1 Kekeruhan**

Kekeruhan adalah tingkat kegelapan di dalam suatu zat cair. *Total*

*Suspended Solid* (TSS) dan *Total Dissolved Solid* (TDS) adalah penyebab kekeruhan pada air. TSS dapat berupa organik ataupun an-organik. Zat organik dapat timbul dari lapukan hewan maupun tumbuhan. Zat an-organik dapat timbul dari pengikisan batuan dan logam yang disebabkan oleh aliran air. TDS adalah bahan yang terlarut dan berupa senyawa kimia atau bahan lain. (Joko, 2010)

Kadar Kekeruhan pada air dapat disebabkan oleh keberadaan partikel tersuspensi seperti pasir, tanah liat, bakteri, lumpur, bahan organik, serta organisme akuatik yang lain (Mahida, 1986).

Besarnya tingkat kekeruhan dapat mengurangi efektivitas desinfeksi dan penyaringan pada proses penjernihan air. Menurunkan tingkat kekeruhan pada air sangat diperlukan karena proses desinfeksi pada air yang keruh sangatlah sukar. Penyebabnya adalah koloid yang berada pada air keruh akan melindungi organisme dari desinfektan, kekeruhan pada air yang dikonsumsi juga kurang baik jika ditinjau dari segi estetika (Joko, 2010).

Pada penelitian yang dilakukan nilai kekeruhan diukur dengan alat turbidimeter dan nama alat "Lutron TU-2016". Alat ini menggunakan satuan *Nephelometere Turbidity Units* (NTU). Prinsip kerja alat ini dengan memproyeksikan cahaya melalui sampel air yang diletakkan di dalam kuvet kaca yang transparan. Turbidimeter menggunakan cahaya dengan panjang gelombang 800 – 1100 nm dan baik digunakan untuk memindai partikel-partikel padat dengan ukuran yang besar (Mahida, 1986).

### 3.5.2 Kadar besi terlarut

Fe atau besi adalah logam esensial bagi tubuh yang dalam dosis tinggi bersifat toksik, sedangkan dalam dosis rendah dapat mengakibatkan defisiensi Fe. (Widowati, 2008).

Besi dapat ditemukan dalam dua bentuk yaitu kation ferri ( $\text{Fe}^{3+}$ ) dan kation ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Pada perairan dengan kondisi kadar oksigen terlarut di dalam air yang rendah seperti pada air tanah, besi ada dalam bentuk kation ferro yang cukup mudah terlarut. Sedangkan pada perairan dengan kadar oksigen terlarut di dalam air yang tinggi dan terjadi aerasi seperti pada air sungai yang mengalir, kation ferro teroksidasi menjadi kation ferri. (Alaert, 1987)

Besi dengan kadar  $> 1,0$  mg/L dinyatakan dapat mengganggu bahkan berbahaya untuk kehidupan organisme akuatik (Moore, 1991). Konsumsi Fe dalam takaran yang tinggi dapat mengakibatkan toksisitas, dan mengakibatkan kematian pada anak yang memiliki usia kurang dari 6 tahun. Toksisitas tersebut ditandai dengan adanya gejala muntah yang disertai dengan darah (Widowati, 2008). Air yang peruntukannya sebagai air minum sebaiknya mengandung kadar besi kurang dari 0,3 mg/ (Moore, 1991; Sawyer dan McCarty, 1978) sedangkan air yang digunakan untuk pertanian sebaiknya mengandung kadar besi  $> 20$  mg/L (McNeely *et al*, 1979)

Kadar Fe (besi) pada air dapat dikurangi dengan pengolahan cara aerasi, yakni memberikan kontak langsung dengan udara sebanyak - banyaknya. Hal ini bertujuan agar terbentuk  $\text{Fe}^{3+}$  yang dapat terendap dalam air (Waluyo, 2009)

Besi pada air tanah dijumpai dalam bentuk larutan kation ferro, namun

jika air tanah tersebut keluar dari permukaan tanah dan terjadi kontak dengan oksigen atau udara akan terjadi oksidasi dari kation ferro dan membentuk ferrihidroksida ( $Fe(OH)_3$ ). Ferrihidroksida nantinya dapat terendap dan mengubah warna pada air menjadi kekuningan serta akan mengakibatkan noda di pakaian apabila air tersebut digunakan untuk mencuci pakaian.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 kadar besi (Fe) untuk keperluan higiene sanitasi kadar maksimal yang diperbolehkan sebesar 1 mg/L. Pada penelitian ini kadar besi dalam air diukur menggunakan alat "Photometer 8000" dan dilakukan oleh Staff Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan Universitas Gajah Mada