

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Definisi Air Bersih**

Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan akan menjadi air minum setelah dimasak terlebih dahulu. Sebagai batasannya, air bersih adalah air yang memenuhi persyaratan bagi sistem penyediaan air minum. Adapun persyaratan yang dimaksud adalah persyaratan dari segi kualitas air yang meliputi kualitas fisik, kimia, biologi dan radiologis, sehingga apabila dikonsumsi tidak menimbulkan efek samping dan telah diatur dalam Permenkes No. 492/MENKES/PER/IV/2010

#### **2.2 Syarat Penyediaan air bersih**

##### **2.2.1 Syarat kuantitatif**

Syarat kuantitatif berarti sumber air baku yang digunakan harus mampu memenuhi besar kebutuhan air bersih/minum daerah pelayanan dan dapat digunakan tanpa mengalami kesulitan untuk mendapatkannya

##### **2.2.2 Syarat kualitatif**

Syarat kualitatif berarti sumber air baku yang digunakan harus mampu memenuhi syarat parameter air bersih/minum sesuai pemerintah dan dapat digunakan tanpa mengalami gangguan kesehatan.

Ada beberapa syarat parameter kualitatif yang harus dipenuhi:

##### **1. Parameter Fisik**

Parameter fisik merupakan karakteristik air yang dapat diketahui dengan indera penglihatan, penciuman serta rasa. Beberapa parameter fisik yang mempengaruhi kualitas air bersih/minum adalah:

- a) Suspended Solid. Suspended solid dalam air terdiri dari partikel organik atau partikel anorganik.
- b) Suhu. Temperatur dari air akan mempengaruhi reaksi kimia dalam pengelolaan air, terutama
- c) temperatur sangat tinggi.

- d) Warna. Air yang berwarna dihasilkan dari kontak antara air dengan reruntuhan organik seperti daun.
- e) Bau dan rasa. Rasa dan bau disebabkan oleh adanya bahan organik yang membusuk atau bahan kimia mudah menguap.
- f) Kimia mudah menguap.
- g) Kekeruhan. Bahan-bahan yang menyebabkan kekeruhan ini meliputi: tanah liat, lumpur, bahan-bahan organik yang tersebar secara baik dan partikel-partikel kecil lainnya yang tersuspensi.

## 2. Parameter Kimia

Beberapa parameter kimia yang mempengaruhi kualitas air bersih/minum adalah sebagai berikut:

- a) Nilai pH → merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan intensitas keadaan asam atau basa suatu larutan.
- b) Alkalinitas air → merupakan pengukur kapasitas untuk menetralkan asam-asam (Alaerts, 1984).
- c) Kepadatan → kepadatan dalam air sebagian besar berasal dari kontak air dengan tanah dan pembentukan batuan (Alaerts, 1984).
- d) Kalsium → unsur mayor kedua setelah bikarbonat yang ada di permukaan air (Montgomery, 1985).
- e) Magnesium → adalah mineral penting untuk manusia dengan tingkat penerimaan 3,6-4,2 mg/kg/hari (Montgomery, 1985).
- f) Konsentrasi bikarbonat → kurang dari 10 mg/L di air hujan dan kurang dari 200 mg/L di air permukaan (Montgomery, 1985).
- g) Besi → Besi memberikan warna merah dan kuning (Montgomery, 1985).
- h) Mangan → Adanya (Mn) dalam air akan menyebabkan bau dan rasa pada air. Pada konsentrasi 0,2-0,4 mg/L membuat air menjadi berbau dan dapat mempercepat pertumbuhan mikroorganisme di reservoir dan sistem distribusi (Montgomery, 1985).

- i) Klorida → klorida dapat menyebabkan korosif pada baja dan aluminium pada konsentrasi 50 mg/L (Montgomery, 1985).
- j) Nitrat → Jika konsentrasi nitrat yang tinggi dapat menstimulasi pertumbuhan ganggang yang tak terbatas (Alaerts, 1984).
- k) Nitrit → Nitrit dapat terbentuk oleh oksidasi ammonia (NH<sub>3</sub>) oleh bakteri Nitrosomonas dalam kondisi aerobik (Alaerts, 1984).
- l) Total Dissolved Solid (TDS → merupakan ukuran dari total ion dalam larutan. Air yang mengandung lebih dari 500 mg/L akan menyebabkan rasa asin (AWWA, 1998).
- m) Daya Hantar Listrik (DHL) → Merupakan parameter yang berhubungan dengan TDS. DHL merupakan ukuran (dalam mikromhos/cm) aktivitas ion dari larutan. Umumnya, jika TDS dan DHL meningkat maka korosifitas air juga meningkat (Montgomery, 1985).
- n) Senyawa organik → Senyawa organik yang ada di air berasal dari dekomposisi alami materi tumbuhan dan hewan, dari industri, perumahan, atau pertanian (Montgomery, 1985).
- o) Fosfat → Sumber utama penggunaan fosfat anorganik adalah dari penggunaan detergen, alat pembersih untuk keperluan rumah tangga, dan pupuk pertanian (Alerts, 1984).

### 3. Parameter Biologi

- a. Bakteri. Bakteri merupakan mikroorganisme bersel tunggal yang berukuran 0,1-10  $\mu\text{m}$  (Montgomery, 1985).
- b. Virus. Virus bersifat parasit yang dapat ditemui pada tanaman, tumbuhan, bakteri, jamur, dan alga (Montgomery, 1985).
- c. Protozoa. Umumnya protozoa bersifat patogen dan berpotensi mencemari air (Montgomery, 1985 hal 44).
- d. Cacing parasit. Cacing parasit dapat mengkontaminasi air melalui kotoran hewan atau manusia yang mengandung cacing parasit atau melalui siput atau serangga sebagai inangnya.

### 2.2.3 Syarat kontinuitas

Syarat kontinuitas berarti sumber air bersih/minum harus dapat menyediakan debit air yang cukup atau fluktuasi debit yang relatif tetap secara kontinyu, baik pada musim hujan maupun pada saat musim kemarau. Hal ini berkaitan dengan pemenuhan kebutuhan daerah layanan yang jumlahnya sangat tergantung pada tingkat kemajuan teknologi dan sosial ekonomi masyarakat setempat untuk kebutuhan domestik dan pengusaha untuk kebutuhan non domestik.

## 2.3 Sumber Air Baku

Sumber air baku yang dapat kita manfaatkan pada dasarnya digolongkan sebagai berikut :

### 1. Air Hujan

Air hujan merupakan penyubliman awan/uap air menjadi air murni yang ketika turun dan melalui udara akan melalui benda-benda yang terdapat di udara, diantaranya ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $N_2$ , zat-zat renik dan debu).

### 2. Air Permukaan

Air permukaan adalah air hujan yang mengalir di permukaan bumi. Pada umumnya air permukaan ini akan mengalami pengotoran selama pengaliran. Jadi, dapat dipahami bahwa air permukaan merupakan badan air yang mudah sekali dicemari terutama oleh kegiatan manusia. Beberapa sumber air yang termasuk ke dalam kelompok air permukaan adalah air yang berasal dari sungai, danau, laut, lautan dan sebagainya (Kusnoputanto, 1986).

### 3. Air Tanah

Jumlah air di bumi relatif konstan, tetapi air tidak diam, melainkan bersirkulasi akibat pengaruh cuaca sehingga terjadi suatu siklus yaitu siklus hidrologi. Pada proses tersebut air hujan jatuh ke permukaan bumi. Air hujan tersebut ada yang mengalir masuk ke permukaan (mengalami run off) dan ada juga yang meresap ke dalam tanah (mengalami perkolasi) sehingga menjadi air tanah baik yang dangkal maupun yang dalam (Slamet, 2009). Air tanah mengalami proses filtrasi secara alamiah.. Secara praktis air tanah adalah air bebas polutan karena berada di bawah permukaan tanah.

Air tanah terbagi atas 3 yaitu (Sutrisno, 1996):

a. Air Tanah Dangkal

Air tanah dangkal akan terdapat pada kedalaman 15 meter. Air tanah ini bisa dimanfaatkan sebagai sumber air minum melalui sumur-sumur dangkal. Dari segi kualitas agak baik sedangkan kuantitasnya kurang cukup dan tergantung pada musim.

b. Air Tanah Dalam

Terdapat pada lapisan rapat air pertama dan kedalaman 100-300 meter. Ditinjau dari segi kualitas pada umumnya lebih baik dari air tanah dangkal sedangkan kuantitasnya tergantung pada keadaan tanah dan sedikit dipengaruhi oleh perubahan musim.

c. Mata Air

Mata air adalah tempat dimana air tanah keluar ke permukaan tanah. Keluarnya air tanah tersebut secara alami dan biasanya terletak di lereng-lereng gunung atau sepanjang tepi sungai.

Berdasarkan munculnya ke permukaan air tanah terbagi atas 2 yaitu :

1. Mata air (graviti spring) yaitu air mengalir dengan gaya berat sendiri. Pada lapisan tanah yang permukaan tanah yang tipis, air tanah tersebut menembus lalu keluar sebagai mata air.
2. Mata air artesis berasal dari lapisan air yang dalam posisi tertekan. Air artesis berusaha untuk menembus lapisan rapat air dan keluar ke permukaan bumi.

## 2.4 Sistem Instalasi Pengolahan Air

PDAM di Indonesia umumnya menggunakan instalasi pengolahan air (IPA) secara fisika dan kimiawi. Pada dasarnya, pengolahan air tersebut dibagi menjadi 3 bagian yaitu:

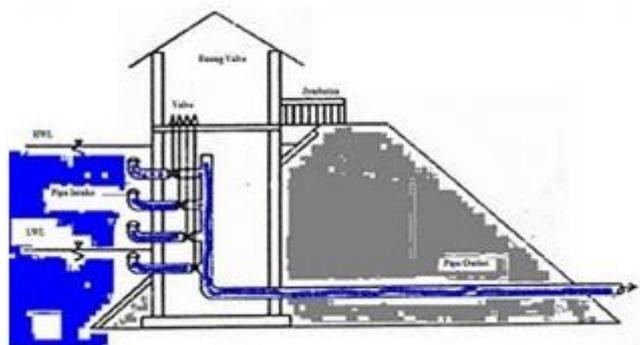
1. *Intake Building* (Bangunan Intake)

Bangunan ini berfungsi sebagai tempat pertama masuknya air dari sumber air. Bangunan ini dilengkapi dengan *screen bar* yang berfungsi untuk menyaring benda-benda asing yang terdapat dalam air. Selanjutnya air

akan masuk ke dalam bak besar sebelum dipompakan ke water treatment plant.

Beberapa jenis bangunan intake yang biasa digunakan :

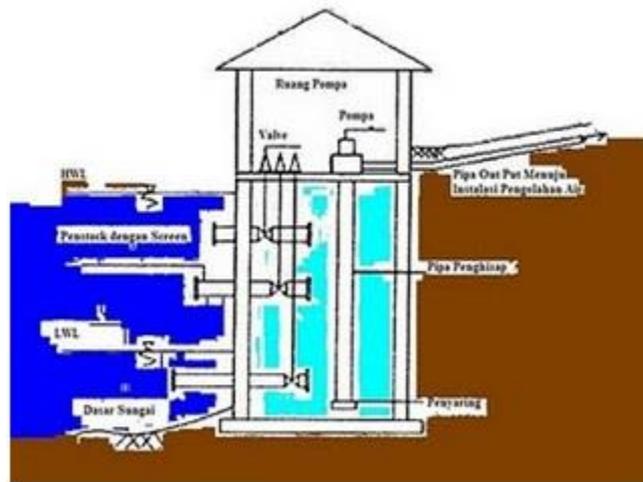
1. *Reservoir Intake (Intake Tower)* → Intake Tower terletak pada bagian pelimpahan atau dekat sisi bendungan. Pondasi menara (tower) terpisah dari bendungan dan dibangun pada bagian hulu. Menara terdiri atas beberapa inlet yang terletak pada ketinggian yang bervariasi untuk mengantisipasi fluktuasi tinggi muka air dapat mengalir secara gravitasi ke fasilitas penjernihan air, maka intake tower tidak diperlukan.



**Gambar 2.1** Reservoir Intake (Intake Tower)

2. *River Intake*

River Intake terdiri atas sumur beton berdiameter 3 – 6 m yang dilengkapi 2 atau lebih pipa besar yang disebut penstock. Pipa-pipa tersebut dilengkapi dengan katup sehingga memungkinkan air memasuki intake secara berkala. Air yang terkumpul dalam sumur kemudian dipompa dan dikirim ke dalam instalasi pengolahan. River Intake terletak pada bagian hulu kota untuk menghindari pencemaran oleh air buangan.



**Gambar 2.2** River Intake

### 3. Lake Intake

Lake Intake terdiri atas satu atau lebih pipa bell-mouthed yang dipasang di dasar danau. Bell-mouthed ditutup dengan saringan (screen). Sebagai penyangga pipa dibuat jembatan yang menghubungkan pipa dari danau menuju tempat pengolahan air.



**Gambar 2.3** Lake Intake

### 4. Canal Intake

Canal Intake terdiri atas sumur beton yang dilengkapi dengan pipa bell-mouthed yang terpasang menghadap ke atas. Terdapat saringan halus pada bagian atas untuk mencegah masuknya ikan-ikan kecil dan benda-benda terapung. Ruangannya juga dilapisi dengan saringan dari kerikil.



**Gambar 2.4** *Canal Intake*

Intake juga dilengkapi dengan beberapa peralatan penunjang, antara lain :

1. Pipa inlet, berfungsi untuk membawa air masuk ke dalam intake.
2. Gate valve, berfungsi untuk mengatur debit aliran air dengan jalan membuka dan menutup aliran.
3. Screen, berfungsi untuk menyaring kotoran atau suspended solid yang mungkin terbawa dalam air.
4. Overflow, berfungsi untuk mengeluarkan kelebihan air sehingga tinggi muka air dalam bak tetap konstan.
5. Ventilasi, berfungsi menjaga tekanan udara dalam intake agar selalu sama dengan tekanan udara luar.
6. Pompa, berfungsi untuk menaikkan air dari sumber.
7. Drain, berfungsi untuk menguras.
8. Bak mom, berfungsi untuk membubuhkan desinfektan.
9. Pipa outlet, berfungsi untuk membawa air keluar dari intake.
10. Ruang operator

Jenis bangunan intake sangat tergantung dari lokasi sumber air bakunya, juga faktor biaya baik biaya konstruksi, operasional maupun pemeliharaannya. Selain itu juga tergantung dengan tingkat sedimentasi dari lokasi sumber air baku. Faktor estetis juga bisa menjadi pertimbangan. Kombinasi dari beberapa tipe bangunan intake juga bisa dilakukan untuk mengakomodir kondisi di lapangan.

Adapun faktor - faktor yang perlu diperhatikan dalam perencanaan intake, adalah (Razif,1986):

- Dipilih aliran yang tidak deras karena dapat menyebabkan terputusnya aliran air baku untuk air minum.
- Tanah disekitar intake diusahakan cukup stabil sehingga tidak mudah tererosi.
- Dipilih aliran air yang bebas dari hambatan dan gangguan.
- Terletak cukup jauh dari sumber kontaminan.
- Sebaiknya diletakkan dibagian hulu.
- Intake sebaiknya dibawah permukaan sungai (untuk mencegah masuknya benda-benda terapung) dan sebaiknya inlet juga terletak cukup di atas dari dasar air (untuk mencegahmasuknya suspended matter/lumpur yang ada di dasar).
- Untuk muka air yang berfluktuasi, inlet yang ke sumur pengumpul sebaiknya dibuat beberapa level.
- Sebaiknya dilengkapi dengan screen dan ujung pipa pengambil air yang berhubungan dengan pompa sebaiknya diberi saringan ( strainer ).
- Jika fluktuasi muka air antara musim hujan dan musim kemarau besar, maka air dapat ditampung dengan membuat weir kecil memotong sungai untuk menghadapi musim kemarau.
- Jika permukaan air sungai selalu konstan dan tebing sungai terendam, maka intake dapat dibuat di dekat sungai. Pada keadaan ini air dialirkan dari sungai melalui pipa yang diletakkan secara horizontal.

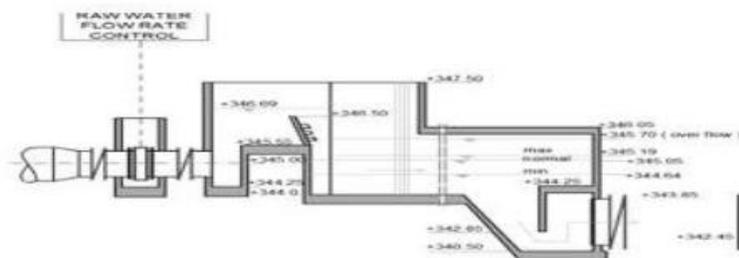
## 2. *Water Treatment Plant*

WTP merupakan instalasi utama pengolahan air bersih. Terdapat beberapa bagian pengolahan pada STP yang membuat air menjadi layak digunakan. Adapun bagian sistem instalasi tersebut :

### a. *Koagulasi*

Bagian pertama kita kenal dengan bak koagulasi. Di bak ini air akan di destablisasi dari partikel koloid/kotoran. Proses destablisasi dapat dilakukan secara kimiawi dengan penambahan zat tawas (aluminium sulfat) maupun dengan cara fisika yaitu dengan rapid mixing (pengadukan cepat), hidrolis (terjunan atau hydrolic jump) dan secara mekanis (batang pengaduk) agar tawas bercampur merata dengan air. Tujuan pengadukan cepat adalah agar terbentuk aliran turbulensi supaya terjadi pendidpersian bahan kimia yang dilarutkan dalam air.

## Skema Koagulasi



### Keterangan:

- Jenis koagulan : PAC
- Debit(Q) : 0,4 m<sup>3</sup>/detik
- Jumlah bak : 2 bak
- Debit tiap bak : 0,2 m<sup>3</sup>/detik
- Panjang(P) : 1,5 meter
- Lebar(L) : 2 meter
- Tinggi(H) : 1,5 meter
- Tinggi terjunan : 1 meter
- Free board : 0,25 meter

**Gambar 2.5** Koagulasi

### b. Flokulasi

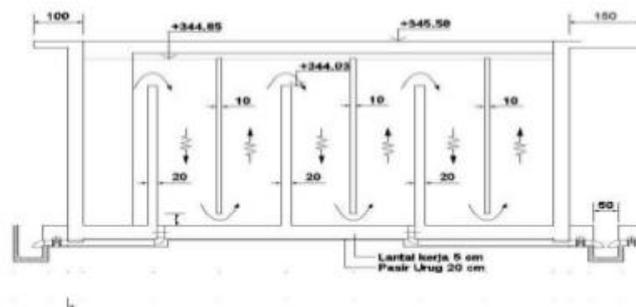
Proses selanjutnya adalah flokulasi untuk membentuk dan memperbesar flok (kumpulan kotoran). Prosesnya air akan diaduk perlahan agar tawas yang tercampur di air dapat mengikat partikel kotoran dan membentuk flok yang lebih besar agar lebih mudah mengendap. Partikel flok yang terbentuk pada umumnya memiliki diameter 1-4 mm (Kawamura. 1991). Banyaknya peristiwa tumbukan yang terjadi dapat diketahui dengan menghitung parameter  $G \cdot t$  dimana semakin besar nilai  $G \cdot t$  maka akan semakin banyak jumlah tumbukan

yang terjadi pada flok - flok. Pada umumnya nilai  $G.td$  yang dipakai dalam perencanaan unit flokulasi adalah 10.000-100.000 (Kawamura.1991).

## FLOKULASI

### Keterangan:

- Tipe : pengaduk lambat vertical baffle channel
- Jumlah Bak : 3 bak
- Debit (Q) = 400 L/detik = 0,4 m<sup>3</sup>/detik
- Debit tiap bak (Qbak) = 0,4 / 3 = 0,1333 m<sup>3</sup>/detik
- Jumlah Kompartemen = 4
- Tinggi Bangunan = 5,45 m



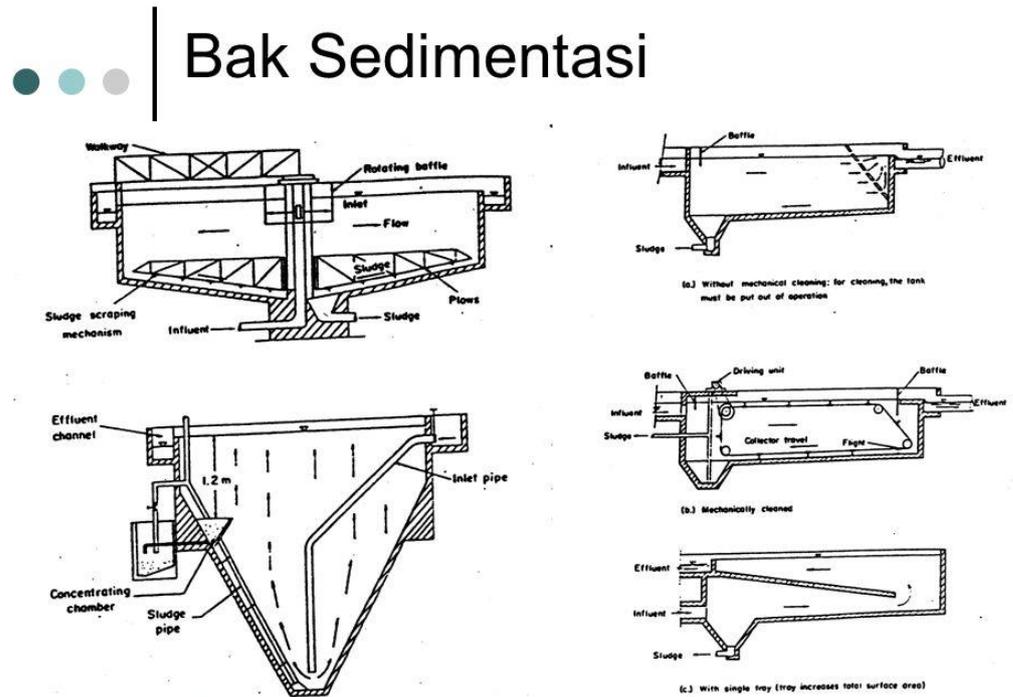
Gambar 2.6 Flokulasi

### c. Sedimentasi

Setelah flok terbentuk (biasanya berbentuk lumpur), air akan masuk ke bak sedimentasi dimana berat jenis flok yang lebih berat akan otomatis mengendap di dasar bak dan air bersih dapat terpisah dari lumpur. Bak sedimentasi memiliki beberapa zone, yaitu :

1. Zona inlet → berfungsi mendistribusikan aliran air secara merata pada bak sedimentasi dan menyebarkan kecepatan aliran yang baru masuk.
2. Zona Pengendapan → Pada zona ini air mengalir pelan secara horizontal ke arah outlet, terjadi proses pengendapan flok.
3. Zona lumpur → Tempat lumpur mengumpul sebelum diambil ke luar bak, Kadang dilengkapi dengan sludge collector/scapper.
4. Zona outlet → tempat dimana air akan meninggalkan bak, weir/pelimpah dan bak penampung limpahan digunakan untuk

mengontrol outlet pada bak sedimentasi. Selain itu, pelimpah tipe V-notch atau orifice terendam biasanya juga dipakai. Diantara keduanya, orifice terendam yang lebih baik karena memiliki kecenderungan pecahnya sisa flok lebih kecil selama pengaliran dari bak sedimentasi menuju filtrasi.



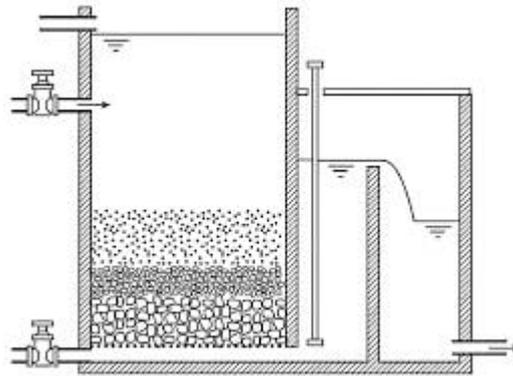
**Gambar 2.7** Bak Sedimentasi

Bak sedimentasi umumnya dibangun dari bahan beton bertulang dengan bentuk lingkaran, bujur sangkar, atau segi empat. Bentuk kolam memanjang sesuai arah aliran, sehingga dapat mencegah kemungkinan terjadinya aliran pendek (short-circuiting). Bentuk ini secara hidraulika lebih baik karena tampang alirannya cukup seragam sepanjang kolam pengendapan. Dengan demikian kecepatan alirannya relatif konstan, sehingga tidak akan mengganggu proses pengendapan partikel suspensi. Selain itu pengontrolan kecepatan aliran juga lebih mudah dilaksanakan. Namun demikian, bentuk ini mempunyai kelemahan kurangnya panjang peluapan terutama apabila ukurannya kurang lebar, sehingga laju peluapan nyata menjadi terlalu besar dan menyebabkan terjadinya gangguan pada bagian akhir kolam pengendapan. Untuk

mengatasi hal tersebut, maka ambang peluapan harus diperpanjang, misalnya dengan menambahkan kisi-kisi saluran peluapan di depan outlet (Kamulyan, 1997).

d. *Filtrasi*

Setelah air terpisah dari lumpur, air akan disaring lagi agar benar-benar bersih dengan dimasukkan ke bak filtrasi. Bak filtrasi dapat menggunakan teknologi membran, namun dapat pula disubstitusi dengan media lainnya seperti pasir dan kerikil silica. Proses ini dilakukan dengan bantuan gaya gravitasi.



**Gambar 2.8** Bak Filtrasi

Dalam praktek pengolahan air bersih dikenal beberapa macam filtrasi yaitu:

- **Rapid filtration (penyaringan cepat)**, ialah proses pengolahan air minum yang umumnya dilakukan sesudah proses-proses koagulasi, flokulasi dan sedimentasi, media yang dipakai bisa berbentuk :
  1. single media (1 media) misalnya, pasir;
  2. dua media (2 media) misalnya, anthracite dan pasir yang terpisah;
  3. tiga media (2 atau lebih media) misalnya anthracite dan pasir yang dicampur.
- **Slow sand filtration (penyaringan pasir lambat)**, ialah proses pengolahan air minum yang umumnya dilakukan untuk air permukaan tanpa melalui unit koagulasi, flokulasi dan sedimentasi. Jadi bahan baku sesudah melalui prasedimentasi langsung dialirkan

ke saringan pasir lambat. Disini proses koagulasi, flokulasi sedimentasi, dan filtrasi terjadi di saringan pasir ini dengan bantuan mikroorganisme yang terbentuk di lapisan permukaan pasir.

- **Pressure filtration (penyaringan dengan tekanan)**, ialah proses pengolahan air minum yang umumnya dilakukan untuk air tanah sebelum didistribusikan. Pompa distribusi yang memompa air dari filter akan menyebabkan berkurangnya tekanan pada filter sehingga air tanah bisa mengalir ke filter. Keuntungan dari sistem ini adalah menghemat pemompaan ganda.
- **Direct filtration (penyaringan langsung)**, ialah proses pengolahan air minum yang umumnya dilakukan jika air baku kekeruhannya rendah, misalnya air baku yang berasal dari instalasi pengolahan air buangan. Jika diperlukan, koagulant yang menuju flokulant bisa diinjeksikan pada saluran yang menuju filter dan flok-flok yang ada langsung disaring tanpa melalui unit sedimentasi. Keuntungan dari sistem ini adalah menghemat unit bangunan pengolahan.

#### e. *Desinfeksi*

Setelah proses pengolahan selesai, biasanya juga dilakukan proses tambahan (disinfeksi) berupa penambahan chlor, ozonisasi, UV, dll untuk menghindari adanya potensi kuman dan bakteri yang terkandung di dalam air.

### 3. *Reservoir*

Setelah air selesai diolah, air akan dimasukkan ke tempat penampungan sementara di dalam reservoir sebelum didistribusikan ke rumah dan bangunan. Untuk mengalirkan air, biasanya digunakan pipa HDPE dan pipa PVC.

Untuk lebih menghemat biaya pembangunan dan operasional, biasanya Instalasi Pengolahan Air (IPA) dibangun di daerah yang cukup tinggi (bukit atau gunung) sehingga dapat menghemat penggunaan pompa air karena dapat dialirkan dengan gaya grafitasi. Untuk menjangkau wilayah yang lebih luas, biasanya air akan ditampung lagi di reservoir di tiap daerah sebelum dipompakan ke rumah dan bangunan.