

**PETUNJUK PRAKTIKUM**  
**MATAKULIAH PENGOLAHAN AIR MINUM (PAM)**  
**TAHUN 2014**



**DISUSUN OLEH :**  
**Agnes Fitria W, SKM, M.Sc**  
**Saudin Yuniarno, SKM, M.Kes**  
**Ima Hastawati, A.Md.KL**

**NAMA :**  
**NIM :**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN**  
**UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN**  
**FAKULTAS KEDOKTERAN DAN ILMU-ILMU KESEHATAN**  
**JURUSAN KESEHATAN MASYARAKAT**  
**2014**

## **HALAMAN PENGESAHAN**

**Buku petunjuk praktikum ini dibuat untuk melingkapi proses belajar mengajar Mahasiswa  
Jurusan Kesehatan Masyarakat**

## **PRAKATA**

Alhamdulillah atas segala rahmat dan hidayah Allah SWT sehingga Buku Petunjuk Praktikum Matakuliah Pengolahan Air Minum (PAM) dapat tersusun dengan baik. Buku Petunjuk Praktikum ini disusun dengan tujuan untuk memperlancar proses pembelajaran kepada mahasiswa Jurusan Kesehatan Masyarakat FKIK Unsoed.

Proses penyusunan Buku Petunjuk Praktikum ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak yang bersifat moril maupun materiil. Oleh karena itu tidak lupa kami menyampaikan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Dekan Fakultas Kedokteran dan Ilmu-ilmu Kesehatan Universitas Jenderal Soedirman beserta jajarannya.
2. Ketua Jurusan Kesehatan Masyarakat FKIK Unsoed beserta para stafnya.
3. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu yang telah membantu dan mendukung penyusunan Buku Petunjuk Praktikum ini.

Kami menyampaikan doa semoga Allah SWT membalas dengan barokah yang melimpah atas bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada kami.

Kami menyadari bahwa Buku Petunjuk Praktikum ini masih belum sempurna namun kami tetap berharap semoga dapat memberikan manfaat bagi para mahasiswa dan pembaca semua. Saran dan kritik tetap kami harapkan untuk penyempurnaan di waktu yang akan datang.

Purwokerto, April 2014

Penulis

# BAB I

## DASAR-DASAR PENGOLAHAN AIR MINUM

### A. TUJUAN

Tujuan pengolahan air minum ialah untuk mengolah air baku dari sumber tertentu sehingga memenuhi persyaratan penyediaan yang baik dan memenuhi syarat untuk kebutuhan manusia dan aktifitas sehari-hari.

Sistem penyediaan air minum yang baik seharusnya memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Syarat kualitas, sesuai dengan standar yang berlaku untuk parameter fisik, kimia, bakteriologis dan radioaktif
2. Syarat kuantitas, jumlah air yang mencukupi kebutuhan masyarakat sesuai dengan tingkat kebutuhannya
3. Syarat kontinuitas, tersedia setiap waktu jika dibutuhkan
4. Mudah dicapai dan didapat oleh konsumen
5. Harga air relatif murah sehingga dapat dijangkau setiap lapisan masyarakat.

### B. LANGKAH AWAL MEMILIH DAN MERENCANAKAN PENGOLAHAN AIR MINUM

Beberapa langkah awal yang perlu dilakukan dalam memilih sistem pengolahan air minum :

1. Periksa kualitas air baku secara berkala (sekurangnya pada musim kemarau dan musim hujan)
2. Pelajari hasil pemeriksaan kualitas air baku dan bandingkan dengan standar kualitas air yang berlaku
3. Tentukan parameter apa saja yang perlu diperbaiki dengan pengolahan air minum
4. Tentukan beberapa alternatif pengolahan yang mungkin dilakukan
5. Pilih alternatif pengolahan tersebut dengan mempertimbangkan faktor-faktor sebagai berikut :
  - a. Ekonomis, semurah mungkin sesuai alokasi dana
  - b. Tersedia bahan-bahan kimia/peralatan dan kemudahan pengangkutan ke lokasi pengolahan
  - c. Kemudahan pengoprasian
6. Lakukan percobaan pengolahan dilaboratorium hingga mendapatkan hasil yang cukup memuaskan, percobaan ini bisa dilakukan secara:
  - a. Batch process, misal jar test, column test
  - b. Continuous test, misal pilot plan, unit pengolahan secara kecil
7. Rencanakan sistem pengolahan air minum dengan mempertimbangkan hasil percobaan

### C. PENGOLAHAN AIR MINUM LENGKAP

Pengolahan lengkap , umumnya dilakukan untuk air baku yang berasal dari air permukaan (sungai, telaga, danau, waduk dll) dimana persyaratan fisisk tidak memenuhi standar. Proses pengolahan lengkap mempunyai urutan sebagai berikut:

1. Screening/saringan kasar

Proses pengambilan benda-benda aksar yang mengapung, misalnya ranting-ranting pohon, daun dan sampah lain yang terdapat dalam air baku

2. Presedimentasi / pengendapan pendahuluan

Proses pengendapan untuk memisahkan benda-benda tersuspensi (suspended matter) yang terdiri dari pasir kasar, pasir halus dan lumpur yang sangat halus (silt) dari air baku, diperlukan waktu 2-3 jam untuk mengendapkan partikel diskrit.

3. Koagulasi dan flokulasi

Proses pembentukan flok dari koloid yang sukar diendapkan agar menjadi mudah diendapkan, digunakan bahan koagulan dan flokulan.

4. Sedimentasi/pengendapan

Proses pengendapan untuk memisahkan flok-flok yang sudah terbentuk dari jenis partikel flokulen

5. Filtrasi/penyaringan dengan media

Proses penyaringan untuk memisahkan flok-flok yang tidak mengendap di bak pengendap, diperlukan media seperti pasir, kerikil dan air untuk pencucian (backwashing)

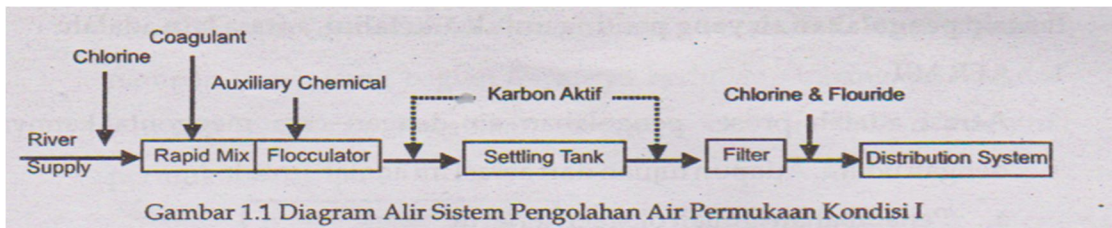
6. Netralisasi

Proses pengaturan ph air agar tidak agresif dan tidak merusak perpipaan, diperlukan penambahan bahan kimia seperti kapur dan asam

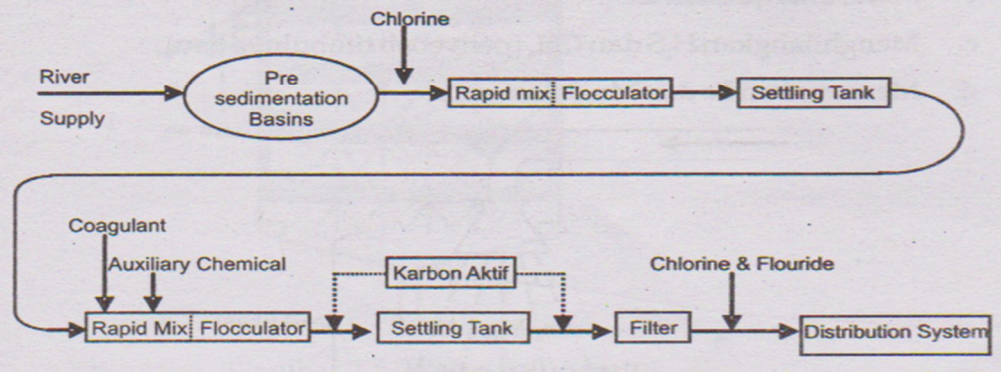
7. Desinfeksi

Proses penambahan desinfektan ke dalam air sehingga air memenuhi persyaratan bakteriologis

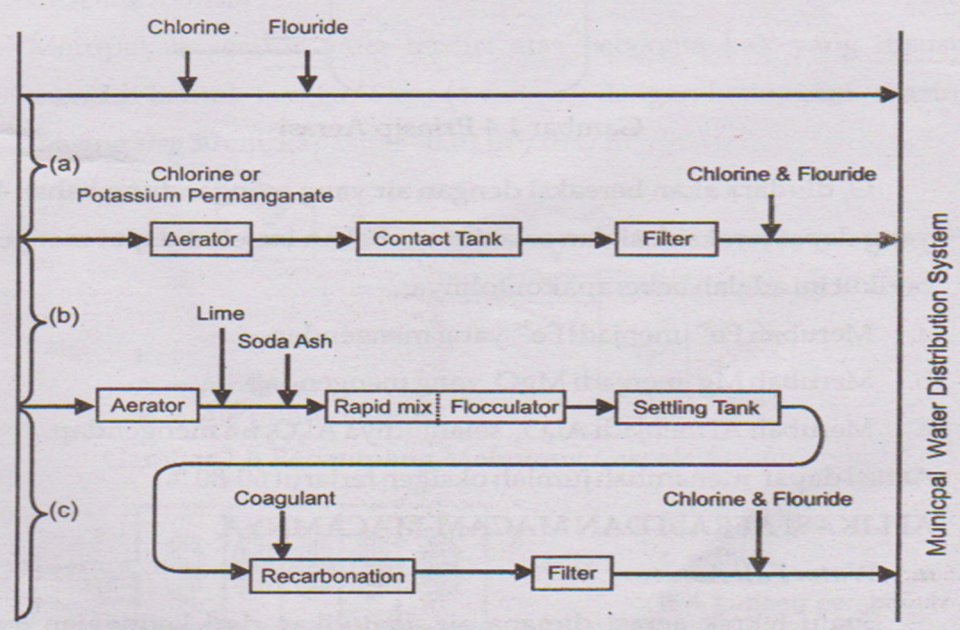
Berikut diagram alir sistim pengolahan air permukaan dan air tanah :



Gambar 1.1 Diagram Alir Sistem Pengolahan Air Permukaan Kondisi I



Gambar 1.2 Diagram Alir Sistem Pengolahan Air Permukaan Kondisi II



Gambar 1.3 Diagram Alir Sistem Pengolahan Air Tanah

## BAB II

### PELAKSANAAN PRAKTIKUM LABORATORIUM

#### ACARA 1 : PROSEDUR PENGAMBILAN SAMPEL AIR

##### A. Sampel fisika dan kimia

1. Air dari jaringan pipa, sumur gali, SPT dan mata air
  - a. Botol timba yang akan digunakan dan semua wadah yang akan diisi dibilas dengan contoh air 3 kali. Pada waktu mengisi air ke dalam botol dan wadah lain dihindarkan terjadi Aerasi.
  - b. Contoh yang diperlukan sangat tergantung dari analisis parameter yang akan dilaksanakan,
    - 1 botol oksigen diisi penuh untuk pemeriksaan  $\text{CO}_2$  agresif
    - 5 liter dalam jerigen
    - 2 botol 500 ml diisi  $\frac{3}{4}$  volume masing-masing diawetkan dengan toluol dan asam sulfat pekat sebanyak 3 tetes.
  - c. Parameter yang harus di periksa di lapangan secara langsung yaitu : bau, rasa, temperatur udara dan air, sisa chlor dan Ph.
  - d. Contoh air sebaiknya langsung diperiksa ke Laboratorium apabila tidak memungkinkan contoh dapat diperiksa dengan selang waktu maksimal 72 jam.
2. Air sungai, rawa, danau, waduk, air laut dan saluran air
  - a. Sama dengan langkah pada 1a
  - b. Contoh air yang diperlukan terdiri dari :
    - 2 botol oksigen terisi penuh
    - 5 Liter dalam jerigen
    - 2 botol 500 ml diisi  $\frac{3}{4}$  volume masing-masing diawetkan dengan toluol dan asam sulfat pekat sebanyak 3 tetes.
  - c. Sama dengan langka 1c
  - d. Sama dengan langkah 1d

##### B. Sampel Mikrobiologis

1. Air dari jaringan pipa dan SPT

- a. Kran dibuka penuh dan dibiarkan mengalir selama 2-3 menit atau dalam waktu yang dianggap cukup untuk memberishkan pipa persil kemudian ditutup
- b. Kran dipanaskan/diaseptiskan dengan nyala api dari alkohol/spirtus
- c. Kran dibuka 1-2 menit kemudian penutup botol dilepas dengan tangan kiri dan botol dipegang dengan tangan kanan
- d. Botol diisi sampai  $\pm 2/3$  volume botol ( lebih besar dari 100 ml )
- e. Botol yang telah berisi contoh air dibungkus kembali dengan kertas pembungkus , diikat pada lehernya kemudian di beri label keterangan, sebagai berikut:
  - Jenis air, misal air pipa, air sumur gali dll
  - Lokasi dan waktu pengambilan
  - Pengawetan yang diberikan
  - Tanda tangan dan nama pengambil contoh air

#### **CATATAN :**

- Air harus jelas berasal dari pipa persil yang dihubungkan dengan pipa induk
  - Contoh sebaiknya diambil dari kran yang sering dipaki
  - Dihindarkan pengambilan contoh air dari alat0alat tambahan yang dipasang pada kran atau dari kran yang bocor
  - Apabila kran kotor harus dibersihkan lebih dahulu
2. Air dari sumur gali, reservoir, kolam renang dan mata air
    - a. Contoh diamabil dengan botol yang diberi pemberat di bagian bawah dan bertali  $\pm 20$  M yang diikat pada pertengahan botol. Sebelum disuci hamakan botol dibungkus seluruhnya dengan kertas dan sebelum mengambil contoh air tangan dibasuh dengan alkoho 70 % atau dengan spiritus.
    - b. Botol dipegang di bagian bawah bungkus, kertas dibuka, tangan jangan bersentuhan langsung dengan botol.
    - c. Tali dilepas dan botol diturunkan dengan pelan-pelan supaya mulut botol masuk minimum 10 cm ke dalam air ( bila ketinggian memungkinkan)
    - d. Setelah terisi penuh , botol diangkat dan isi dibuang seperti volume contoh air menjadi  $2/3$  volume botol (lebih besar dari 100 ml)



- e. Botol yang telah berisi contoh air dibungkus kembali dengan kertas pembungkus diikat pada lehernya kemudian ditempel dengan label.

**CATATAN :**

Botol dihindarkan bersentuhan dengan dinding

Botol pemeriksaan untuk sisa chlor dan Ph, contoh diambil dengan menggunakan botol yang lain dan tidak diberi natrium thiosulfat

3. Air dari sungai , danau dan waduk

- a. Botol contoh dipegang di dekatkan dasarnya dan lehernya diarahkan ke bawah (dibawah permukaan)
- b. Botol selanjutnya diputar sampai ujung leher sedikit ke atas dan mulut botol mengarah pada arah aliran
- c. Bila tidak terdapat aliran ( misal air waduk ) perlu dilakukan dengan cara mendorong maju horozontal dengan arah menjauh dengan tangan.
- d. Bila menggunakan perahu pengambilan contoh air dilakukan pada tempat-tempat yang dekat dengan perahu.
- e. Bila tidak memungkinkan dengan cara seperti diatas, maka pengambilan contoh air dilakukan seperti untuk sumur gali

**CATATAN :**

- Contoh air dari sungai sebaiknya diambil dari bagian yang mengalir dan dekat dengan permukaan
- Bagian sungai yang diam sebainya dihindari
- Untuk sungai yang lebar dan lurus, contoh air diambil dari tepi tetapi pada jarak paling sedikit 1 meter dari tepi sungai.
- Pengambilan contoh air sungai yang tidak terjangkau tangan contoh air dapat diambil dengan botol pemberat

**C. CONTOH PENULISAN LABEL**

TULISKAN DATA-DATA BERIKUT PADA LABEL YANG AKAN DITEMPELKAN PADA TEMPAT SAMPEL :

- DINAS KESEHATAN KAB/KOTA : .....
- KODE : .....
- CONTOH AIR UNTUK PEMERIKSAAN : KIMIA / BAKTERIOLOGI<sup>\*)</sup>
- JENIS AIR : .....
- LOKASI PENGAMBILAN SAMPEL : .....
- TANGGAL : .....
- JAM : .....
- PENGAWETAN YANG DILAKUKAN : .....
- DIAMBIL OLEH : .....

TANDA TANGAN PENGAMBIL SAMPEL : .....

<sup>\*)</sup> CORET YG TIDAK PERLU

## ACARA II PROSEDUR PEMERIKSAAN

### A. PROSEDUR PENGUKURAN SUHU PADA AIR

1. Alat
  - a. Termometer raksa air
  - b. Alat tulis
  
2. Bahan
  - a. Air yang akan diperiksa
  - b. Tissue/lap kain
  
3. Prosedur pemeriksaan
  - a. Siapkan alat dan bahan
  - b. Setelah pengambilan sampel air, segera lakukan pemeriksaan suhu air langsung dilapangan
  - c. Celupkan Thermometer , paparkan selama 3 menit
  - d. Catat hasil
  - e. Bandingkan dengan suhu udara sekitar

### B. PROSEDUR PEMERIKSAAN PH AIR

1. ALAT  
Alat yang digunakan Ph meter digital atau Ph stick indikator
2. BAHAN
  - a. Air yang akan diperiksa
  - b. Tissue/lap kain
  
3. PROSEDUR PEMERIKSAAN
  1. Siapkan alat dan bahan
  2. Setelah pengambilan sampel air, segera lakukan pemeriksaan Ph air langsung dilapangan
  3. Dengan menggunakan Ph meter digital, yaitu :
    - a. Pastikan alat berfungsi dengan baik dan telah dilakukan kalibrasi pada alat tsb.
    - b. Buka tutup Ph meter digital dan netralkan alat dengan mencelupkan pada aquadess selama 1 menit
    - c. Keringkan dengan Tissue/lap kain

- d. Celupkan pada sampel air, tobol/saklar ON dihidupkan amati perubahan angka Ph pada layar display dan catat angka yang paling stabil
  - e. Keluarkan pH meter, keringkan dan tutup kembali
  - f. Catat hasil tersebut dan tulis pada label
4. Dengan menggunakan Ph stick indikator
    - a. Siapkan alat, ambil satu buah stik indikator
    - b. Celupkan Ph stick indikator pada sampel air kurang lebih setengah panjang stik tersebut, paparkan selama 1-3 menit
    - c. Baca hasil dengan membandingkan dengan standart warna
    - d. Catat hasil tersebut dan tulis pada label

### **C. Pemeriksaan Coliform pada air bersih**

#### **1. Prinsip**

Bakteri coliform mempunyai kemampuan untuk memfermentasikan laktosa pada suhu  $35 \pm 0,5$  o C selama 24 jam  $\pm$  2 jam, dan kemampuan ini merupakan dasar dari analisa bakteri coliform dengan prosedur tabung fermentasi. Adanya pertumbuhan coliform dapat diketahui bila ada gas pada taung durham. Tabung durham berisi cairan yang sama dengan yang ada di dalam tabung fermentasi dan letaknya terbalik, sehingga gas yang dihasilkan pada proses fermentasi dapat tertangkap di dalam tabung durham tersebut.

#### **2. Tujuan**

Untuk mengetahui keberadaan coliform

#### **3. Prosedur**

Alat dan reagensia :

- a. Alkohol 70%
  - b. Inkubator
  - c. Pipet volume + Karet hisap
  - d. Rak Tabung
  - e. Lampu bunsen + Korek api
  - f. Jarum ose
  - g. Media Lactosa Broth (LB) Single Strength
  - h. Media Lactosa Broth (LB) Double Strength
  - i. Media Brilliant Green bile Lactosa Broth (BGLB)
4. Sampel : Air Bersih
  5. Cara Kerja :

a. Uji duga (Presumptive Test)

- 1) Siapkan botol sampel yang berisi air bersih;
- 2) Siapkan media LB dengan formasi 3 3 3 (3 LBDS, 3 LBSS, 3 LBSS) letakkan di rak tabung;
- 3) Siapkan Pipet volume (yang steril) dan karet hisap;
- 4) Letakkan bunsen di tengah, segera lakukan aseptisasi area kerja menggunakan alkohol 70%, nyalakan;
- 5) Lakukan aseptisasi tangan menggunakan alkohol 70%;
- 6) Buka tutup botol sampel, bakar mulut botol dengan api bunsen, buka pipet volume bakar pangkal pipet di api bunsen lalu pasang karet hisap, panaskan ujung pipet volume di api bunsen, lalu masukkan ke dalam botol sampel;
- 7) Masukkan sampel ke masing-masing media. Untuk media LBDS, isi dengan sampel sebanyak 10 ml, untuk media LBSS isi dengan sampel masing-masing sebanyak 1 ml dan 0,1 ml;
- 8) Masukkan ke dalam inkubator;
- 9) Baca sampel setelah 2 hari, udara yang terjebak pada tabung durham menunjukkan positif.

b. Uji penegasan (Confirmative Test)

- 1) Sampel yang positif siap di pindah ke media BGLB. Media BGLB yang digunakan sebanyak 2 set x media yang diduga positif;
- 2) Siapkan jarum ose;
- 3) Letakkan bunsen di tengah, segera lakukan aseptisasi area kerja menggunakan alkohol 70%, nyalakan;
- 4) Lakukan aseptisasi tangan menggunakan alkohol 70%;
- 5) Buka tutup tabung sampel dan tabung berisi BGLB, bakar mulut tabung dengan api bunsen;
- 6) Bakar jarum ose hingga memijar, ambil sampel dengan jarum ose lalu tanam di media BGLB, tutup tabung kembali;
- 7) Bakar kembali jarum ose setelah selesai memindah sampel;
- 8) Masukkan 1 set sampel ke dalam inkubator dan 1 set sampel ke dalam water bath;
- 9) Baca sampel setelah 2 hari, udara yang terjebak pada tabung durham menunjukkan positif.
- 10) Bandingkan dengan tabel MPN.

### BAB III

## TEKNIK PENGOLAHAN AIR

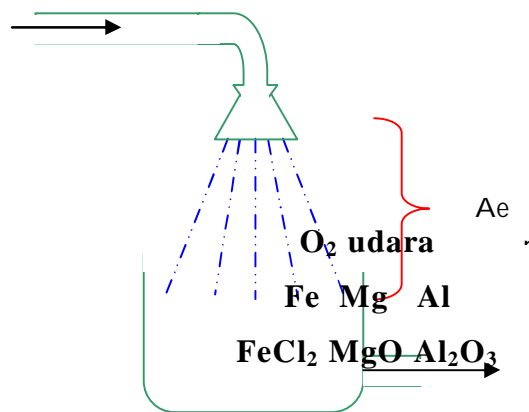
Prinsip pengolahan air yang penting untuk diketahui, antara lain :

#### 1. AERASI

Aerasi adalah proses pengolahan air dengan cara mengontakkannya dengan udara.

Adapun tujuan dari aerasi ini adalah untuk:

- Penambahan jumlah oksigen terlarut
- Penurunan jumlah  $\text{CO}_2$ .
- Menghilangkan  $\text{H}_2\text{S}$  dan  $\text{CH}_4$  (penyebab timbulnya bau).



Gambar Prinsip Aerasi

$\text{O}_2$  diudara akan bereaksi dengan air yang mengandung bahan-bahan yang dapat teroksidasi dan selanjutnya bahan tersebut dapat mengendap, berikut ini adalah beberapa contohnya:

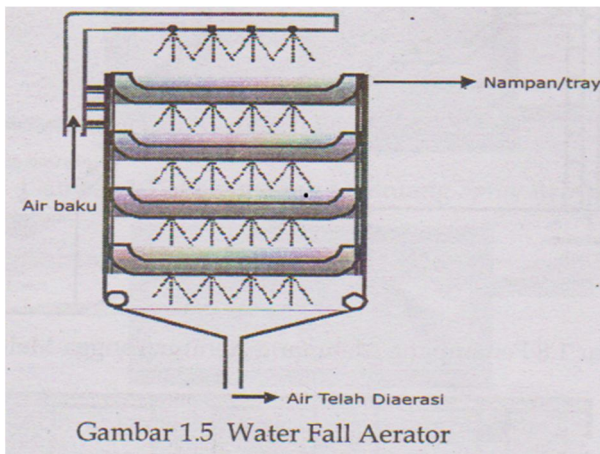
- Merubah  $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} \rightarrow$  mengendap
- Merubah  $\text{Mg} \rightarrow \text{MgO} \rightarrow$  mengendap.
- Merubah Al menjadi  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , selanjutnya  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ini mengendap.

Aerasi dapat menambah jumlah oksigen terlarut 60-80 %.

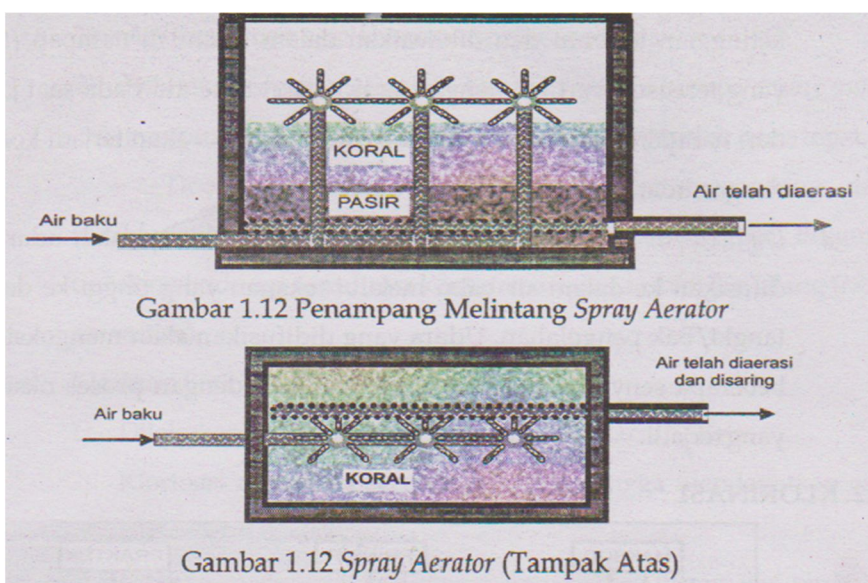
Secara umum metode aerasi adalah terdiri dari:

- a. Water fall aerator ,suatu teknik aerasi dimana air dijatuhkan dari ketinggian tertentu sehingga pada saat jatuh akan kontak dengan oksigen diudara.

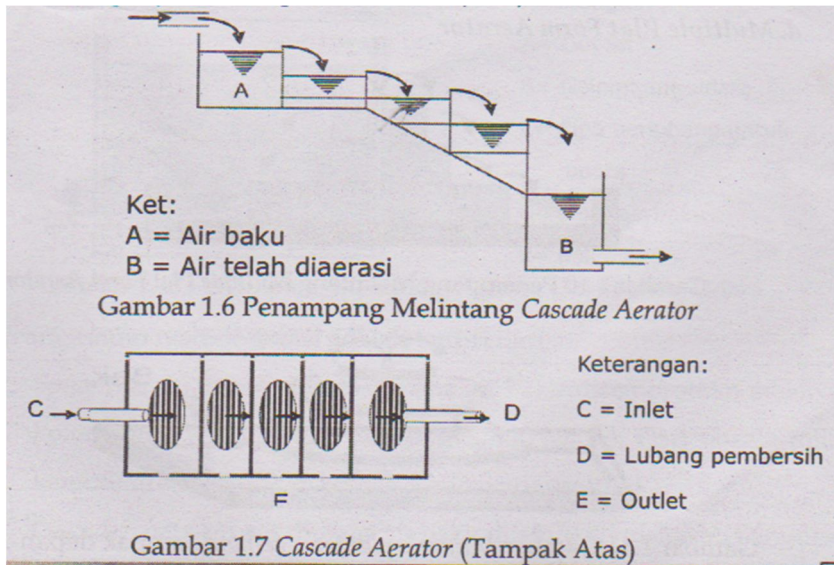
*Multiple Tray Aerator*, suatu proses dimana air baku dijatuhkan dari ketinggian tertentu dan dilewatkan dalam sejumlah nampan (tray) yang tersusun vertikal dengan jarak (space) tertentu. Pada saat jatuh dari nampan satu ke nampan di bawahnya maka akan terjadi kontak dengan udara. Merupakan aplikasi paling sederhana dari proses aerasi dengan cara water fall aerator dimana instalasinya terdiri dari 4-8 nampan (tray), yang bagian dasarnya berlubang-lubang , jarak antar nampan 30-50 cm . kecepatan turunnya kira-kira 0,02 m<sup>3</sup>/det/m<sup>2</sup> permukaan nampan.



- b. *Spray Nozzles*, suatu proses dimana air baku disemprotkan melewati kolom pipa tertentu dan keluar melalui nozzle. Dari nozzle inilah kemudian air baku akan kontak dengan udara terbuka.



- c. *Cascade*, suatu proses dimana air baku dijatuhkan melewati bangunan berbentuk tangga sehingga saat jatuh dari tangga yang lebih tinggi ke tangga yang di bawahnya akan terjadi kontak dengan udara bebas.



- d. *Diffused-Air Aerator*, suatu proses aerasi dimana sejumlah udara di difusikan ke dalam air baku melalui tekanan yang tinggi ke dalam tangki/bak pengolahan. Udara yang didifusikan akan mengoksidasi beberapa senyawa yang dapat dihilangkan dengan proses oksidasi yang terjadi.
- e. *Aerator gelembung udara (bubble aerator)*  
Volume udara 0,3 -0,5 m<sup>3</sup> udara/m<sup>3</sup> air  
Udara disemprotkan lewat dasar air.

## 2. Klorinasi

Berikut adalah istilah-istilah yang sering digunakan berkaitan dengan klorinasi, antara lain:

### a. Klorinasi sederhana (plain chlorination)

- 1) Klorinasi sederhana pada air baku dalam tanki/bak untuk menahan pertumbuhan rumput, bahan-bahan organik dan algae
- 2) Dapat menghilangkan bau, warna dan bakteri

### b. Klorinasi pendahuluan (prechlorination)

- 1) Aplikasi/pemberian klorin sebelum filtrasi
- 2) Mengurangi rasa, bau, algae dan organisme lainnya
- 3) Dosis normal bervariasi dari 5-10 ppm dengan residu klor 0,1 – 0,5 ppm

### c. Klorinasi lanjutan (post chlorination)

- 1) Aplikasi klorin setelah melalui proses pengolahan'



2) Diberikan lewat suatu alat khusus, berupa dosing pump maupun klorinator lainnya sehingga akan diperoleh dosis yang tepat.

Dosis bervariasi dari 0,25-0,50 ppm. Berguna untuk melindungi terjadinya kontaminasi dari hubungan silang (cross connection).

Secara normal penambahan klorin dalam air akan menghasilkan sisa klor yang sama (jika didalam air tidak terdapat kotoran-kotoran organik dan bakteri serta bahan-bahan lain).

Pada klorinasi, terjadi urutan tahapan reaksi, sebagai berikut:

- a. Penguraian klor oleh reduktor, belum ada residu klor, tidak ada daya suci hamanya.
- b. Terbentuk kompleks organik, daya suci hama kecil.
- c. Terjadi reaksi dengan ammonia /senyawa bernitrogen, membentuk kloroamin / kloroorganik.
- d. Penguraian kloroamin / kloroorganik.
- e. Terbentuk klor bebas dan kompleks klororganik sesudah break point.

Break point chlorination adalah suatu keadaan terjadinya titik terendah penurunan residu dan terbentuknya sisa klor bebas yang sangat aktif dalam membunuh bakteri, keberadaan sisa klor dalam air akan bias dideteksi dengan dengan larutan Orthotolidine, dimana akan memberikan warna kuning.

Klorin ditambahkan dalam jumlah yang mencukupi sehingga akan memberikan sisa klor sebesar 0,1-0,2 ppm.

Secara umum, cara-cara desinfeksi meliputi:

- a. Cara fisik dengan melakukan pemanasan sampai mendidih, merupakan cara praktis untuk desinfeksi air skala kecil.
- b. Irradiasi menggunakan sinar Ultra Violet (UV), yang biasa digunakan sebagai sumber sinar Ultra Violet(UV) adalah dari lampu merkuri yang menghasilkan kekuatan sinar  $2537\text{Å}^0$  ( $10^{-8}$  cm).
- c. Oxidant, antara lain berupa : Ozon, Klorin.

**Klorinasi** adalah desinfeksi yang menggunakan klorin sebagai desinfektan.

Klorin yang digunakan dalam desinfeksi air, diantaranya:

- a. Gas tekan air (*Liquid chlorine*).
- b. Calcium Hypoclorite ( $\text{Ca(OCl)}_2$ ), bias disebut dengan kaporit yang dijual dipasar dengan kadar 60-70 %
- c. Larutan pengelantang (*Chlorine Bleach Solution*) berupa senyawa NaOCl.

Efek fisiologis penggunaan klorin :

- a. Gas Klorin

Iritasi saluran pernafasan, pada konsentrasi 3 ppm volume udara menggunakan indera penciuman.

b. Klorin

Tingkat iritasi pada kulit, selaput lendir dan sistem pernafasan, tergantung konsentrasi dan lamanya kontak.

c. *Liquid Chlorine*

Jika kontak dengan jaringan kulit dan mata akan menyebabkan akibat fatal pada kulit atau mata (terbakar).

### **PRINSIP-PRINSIP KLORINASI AIR**

Klorin digunakan untuk:

a. Desinfeksi

Menghancurkan dan menginaktifkan mikroorganisme.

b. Oksidasi

Merubah sifat-sifat kimia air dengan maksud-maksud tertentu sehingga air tersebut dapat digunakan.

c. Desinfeksi dan oksidasi.

### **REAKSI KIMIA KLORINASI**

Berikut ini adalah reaksi kimia dari proses klorinasi, diantaranya adalah:



HOCl dan  $\text{OCl}^-$  bersifat desinfektan, dimana HOCl lebih bersifat ,desinfektan daripada  $\text{OCl}^-$  .

Asam hypoklorit (HOCl) merusak enzim yang mengoksidasi glukosa dalam bakteri, sehingga sel-sel bakteri rusak dan akhirnya bakteri akan mati. HOCl akan terbentuk lebih banyak pada pH rendah. Contohnya pada suhu 20<sup>0</sup> C pada pH 6- pH 7 akan terbentuk HOCl sebanyak 80% s/d 98%.

b. Klorin dalam bentuk  $\text{Cl}_2$  HOCl dan  $\text{OCl}^-$  disebut klorin bebas yang tersedia (free Available Chlorine)

c. Klorin dalam bentuk ikatan dengan ammonia dan atau organic nitrogen disebut dengan klorin kombinasi yang tersedia.

d. Klorin dalam air adalah kebutuhan klor untuk :

- Desinfeksi
- Oksidasi
- Sisa klor

e. Daya sergap klor adalah kebutuhan klor untuk :

- Desinfeksi
- Oksidasi
- Tanpa Sisa klor

f. Sisa klor adalah klor yang tersedia setelah digunakan untuk desinfeksi dan oksidasi

g. Rumus perhitungannya

Sisa klor = kebutuhan klor – daya sergap klor

Sisa klor dalam air sebaiknya dijaga dengan konsentrasi 0,2 mg/l – 0,5 mg/l

## KLORINASI BERBAGAI SARANA AIR BERSIH

### a. Sumur gali

#### 1. Secara langsung

Klorinasi ini dilakukan dengan menuangkan sejumlah larutan kaporit yang dibuat (setelah dihitung) ke dalam sumur gali. Metode yang digunakan biasa disebut dengan metode tuang.

##### a) Pengertian

Adalah proses klorinasi dengan cara menuangkan larutan kaporit ke dalam air sumur dengan maksud membunuh kuman di dalam air

##### b) Teori

Kuman di dalam air dapat dibunuh oleh klorin dalam bentuk  $Cl_2$  atau Kaporit  $Ca(OCl)_2$

Untuk menghitung banyaknya klorin yang digunakan tergantung pada:

- Daya serap klor dalam air, ditentukan dengan jar test
- Sisa klorin yang diinginkan
- Volume sumur

##### c) Bahan klorinasi

- Klorin
- Kaporit
- Aquadest
- Sample air
- orthotolidin

##### d) peralatan

alat yang digunakan, antara lain :

- sumur atau drum yang berisi air
- peralatan jar test
- beaker glas
- pengaduk
- pipet
- penggaris dan rollmeter
- kalkulator/alat hitung

##### e) prosedur klorinasi

langkah-langkahnya adalah :

- ambil sample air sumur gali sebanyak yang diperlukan dan lakukan percobaan jar test untuk mengetahui daya sergap klor dalam air, missal a mg/L
- Tentukan sisa klor , missal b mb/L
- Total klor atau dosis klor = (a+b) mb/L
- Misal kaporit yang diguankan adalah kaporit 60% . total klorin atau dosis klorin adalah sebesar (a+b)mg/L setara dengan :

100 ( a+b) mg.L kaporit 60%

60

- Menghitung volume air sumur (sumur berbentuk tabung), ukur diameter sumur, missal d m . ukur kedalaman sumur missal h m .maka volume sumr =  $R^2 \cdot h = \frac{1}{2} d^2 \cdot h$

Teknik mengukur volume disesuaikan dengan bentuk sumurnya, jika berbentuk persegi panjang maka volumenya = px l x tinggi

Sehingga perhitungan selanjtnya menggunakan rumus

$(\frac{1}{2}d)^2 \cdot h \cdot 100 (a+b) \text{ mg}$

60

Membuat larutan kaporit dengan konsentrasi, missal c gram /L atau C mg/ml

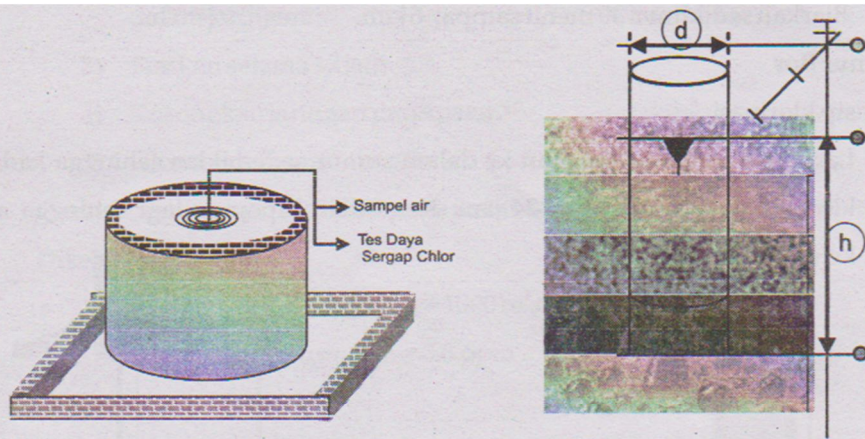
Mengitung milliliter larutan kaporit yang dibutuhkan dengan cara

$(\frac{1}{2}d)^2 \cdot h \cdot 100 (a+b) \text{ mg}$

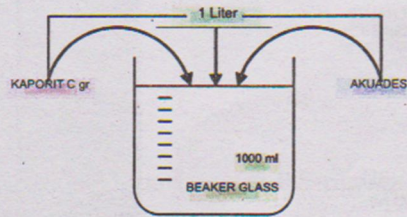
60

Larutan tersebut diatas dituangkan ke dalam sumur kemudian diaduk dan ditunggu 30 menit

Periksa sisa klor dengan alat ukur komparator dengan menggunakan reagen Orthotolidin



Gambar 1.16 Menentukan Daya Sergap Klor dan Volume Air Sumur



Gambar 1.17 Membuat Larutan Kaporit Konsentrasi  $c$  Mg/MI

## 2. Chlorin Diffuser (bamboo klor)

Suatu metode pemberian klorin melalui proses difusi dalam air sumur gali/reservoir

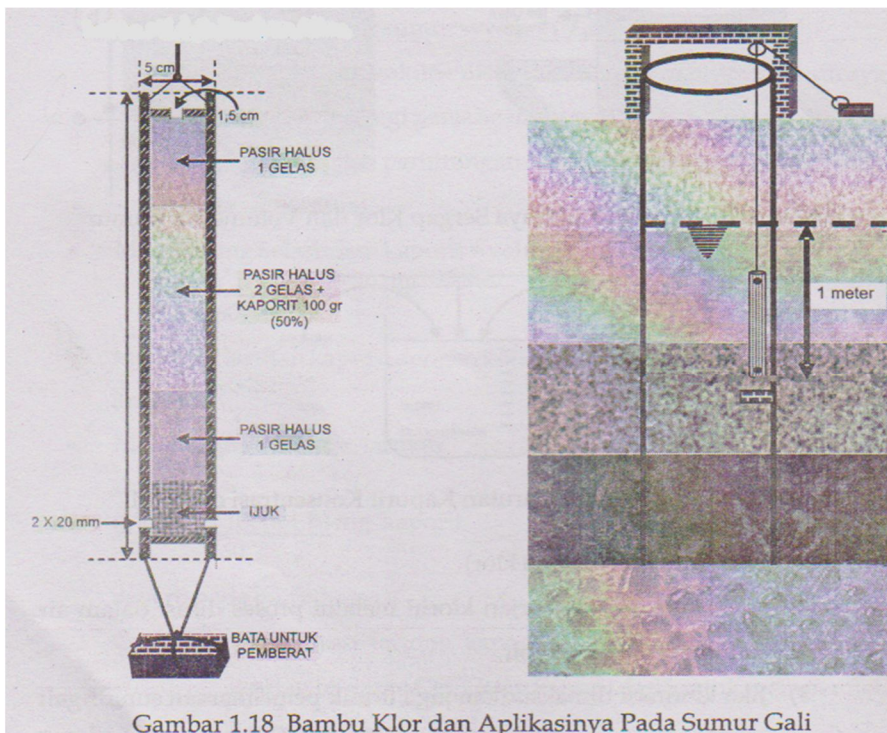
3. Jika klorinasi dimaksudkan juga untuk pemeliharaan sumur gali maka cara yang dapat dilaksanakan dengan menyikat dinding sumur dengan terlebih dahulu dicelupkan dalam larutan klor(kaporit). Adapun langkahnya sebagai berikut:

- Buatlah larutan klor aktif sebesar 50 Mg/Lt (perhitungan dapat menggunakan pendekatan metode tuang ).
- Penggunaan sikat bertangkai panjang, sikat ini dicelupkan kedalam larutan yang telah dibuat, kemudian untuk menyikat dinding sumur.
- Tuangkan sisa larutan ke dalam sumur dan aduklah air sumur dengan timba agar larutan klor merata.
- Biarkan sedikitnya 30 menit sampai 6 jam.

## b. Sumur Bor

Prinsip klorinasi:

- 1) Larutan kaprit dituangkan ke dalam sumur sedemikian sehingga kadar klor 100 ppm didiamkan 24 jam. Kemudian dipompa lagi sehingga air luar tidak berbau klor.
- 2) Ambil contoh airnya untuk pemeriksaan laboratorium.
- 3) Bila hasil pemeriksaan baik, air dapat dimanfaatkan, demikian pula sebaliknya.



### c. Jaringan Perpipaan

Prinsip klorinasi:

- 1) Memenuhi pipa dengan air.
- 2) Tambahkan klorin secukupnya hingga diperoleh sisa klor 50 ppm dalam jaringan.
- 3) Biarkan selama 12 jam.
- 4) Kosongkan jaringan perpipaan.
- 5) Glontor dengan air bersih.

*Contoh* perhitungan klorinasi pada instalasi pengolahan air konvensional:

Diketahui:

- Volume air yang akan diolah =  $1000\text{m}^3$  / hari
- Dosis klor yang digunakan = 0,5 ppm

Ditanyakan :

Berapakah kebutuhan kaporit dengan kadar 50 % yang dibutuhkan untuk pengolahan sehari?

Jawab:

- Vol. Air =  $10^6$  liter/ det
- 0,5 ppm = 0,5 mg/ lt  $\text{Cl}_2$
- Klor yang dibutuhkan sehari =  $0,5 \text{ mg/ lt} \times 10^6 \text{ lt/ hari}$   
=  $0,5 \times 10^6 \text{ mg/ hari}$   
= 0,5 Kg/ hari
- Kaporit 50 % =  $100/ 50 \times 0,5 = 1 \text{ Kg kaporit}$
- Jadi kebutuhan kaporit dengan kadar 50 % seharinya adalah 1 Kg.

## 4. FILTRASI

### Definisi Filtrasi

- a. Proses pemisahan antara padatan/ koloid dengan cairan melalui media porous
- b. Penghilangan / pengurangan kekerungan dan koloid yang tidak dapat mengendap dengan sendirinya.
- c. Adalah proses penyaringan air menembus media porous / berpori

### JENIS-JENIS FILTRASI



a. Gravitasi filter, dibagi menjadi dua (2), yaitu:

- 1) Rapid Sand Filter (RSF), saringan pasir cepat
- 2) Slow Sand Filter (SSF), saringan pasir lambat

b. Pressure filter, karakteristiknya

- 1) Air masuk ke dalam saringan dengan tekanan 2,8 - 4,2 kg/cm<sup>2</sup>
- 2) Laju penyaringan (*rate of filtration*) 100 – 250 liter / menit / m<sup>2</sup> dengan head loss kurang dari 3 meter.

• Slow Sand Filter

1) Spesifikasi:

- a) Ukuran efektif (efektif size) : 0,2 – 0,4 mm.
- b) Mempunyai uniformity coefficient : 1,5 – 2,0.
- c) Biaya operasi dan pemeliharaan rendah.
- d) Air hasil saringan langsung bias digunakan air tanpa pengolahan pendahuluan.
- e) Kecepatan menyaring 0,1 – 0,4 m<sup>3</sup> / m<sup>2</sup> / jam.

2) Kelebihan :

Sederhana dalam operasi dan pemeliharannya.

3) Kekurangan :

- a) Areal tanah luas
- b) Biaya pembuatan / awal, tinggi
- c) *Filtration rate*-nya rendah ———► 55 x 10<sup>3</sup> Lt / hari / ha.
- d) Kekerungan > 50 ppm tidak bisa.
- e) Kadar warna > 30 ppm tidak bisa.

4) Perhitungan dalam penyusunan desain .

Buatlah desain suatu srana saringan pasir lambat untuk melayani 20.000 orang dengan perkiraan setiap orang rata-rata membutuhkan air bersih 90 Lt per hari.

Penyelesaian:

- a) Kebutuhan air maksimal = 1,8 x 90 x 20.000 Lt / hari  
= 3,24 x 10<sup>3</sup> Lt / hari
- b) Diperkirakan filtrasi rate = 45 x 10<sup>6</sup> lt / hari / ha

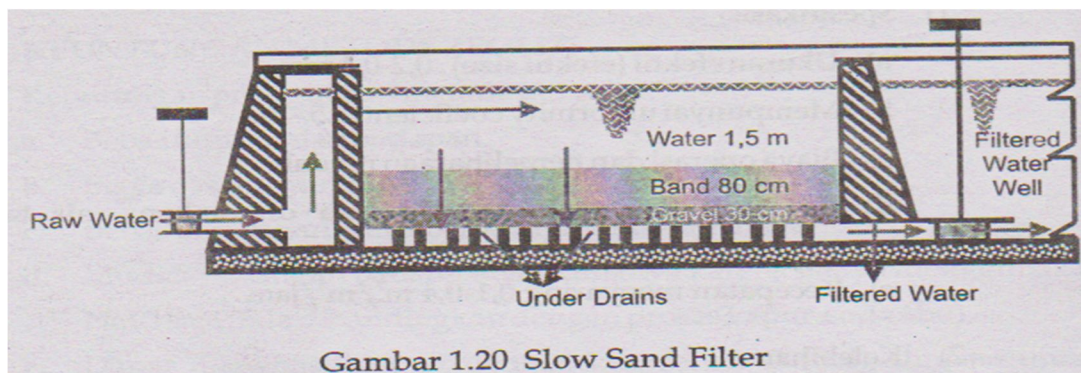
$$c) \text{ Luas saringan} = \frac{3,24 \times 10^3}{45 \times 10^3}$$

$$= \frac{3,24}{45} = \frac{3,24 \times 10^4}{45} = 720 \text{ m}^2$$

d) Dibuat 2 unit saringan, luas masing-masing unit :

$$\frac{720}{2} \text{ m}^2 = 360 \text{ m}^2, \text{ ukuran kira - kira} = 15 \text{ m} \times 15 \text{ m}$$

*Contoh gambar slow sand water*



5) *Slow Sand Filter* ini telah jarang digunakan, disbanding dengan rapid sand filter.

6) Susunan media saring *Slow Sand Filter* (skala besar) :

- a) 15 cm pasir sangat halus
  - b) 60 cm pasir halus
  - c) 15 cm pasir kasar
  - d) 15 cm krikil
  - e) 15 cm batu pecah
- } 90 cm pasir
- } 30 cm

7) Pembersihan media saring 2 – 3 bulan tergantung kekerungan dan tipe air.

8) Indikasi, jika head loss 1,2 – 1,5 m.

- *Rapid Sand Filter (Mechanical Sand Filter)*

Cri-ciri :

1) Spesifikasi:

- a) Ukuran efektif (Efektif Size) : 0,35 – 0,60 mm.
- b) Mempunyai *unifotmity Coeficient* : 1,6 – 1,8
- c) Kecepatan menyaring 1500 m<sup>3</sup> / hari/ hektar.

2) Kelebihan :

- a) Efisiensi penghilangan bakteri 90 -99 %, jika beroperasi baik.
- b) Efisien dalam menangani air yang keruh
- c) Cukup efisien untuk menghilangkan warna.

3) Kekurangan :

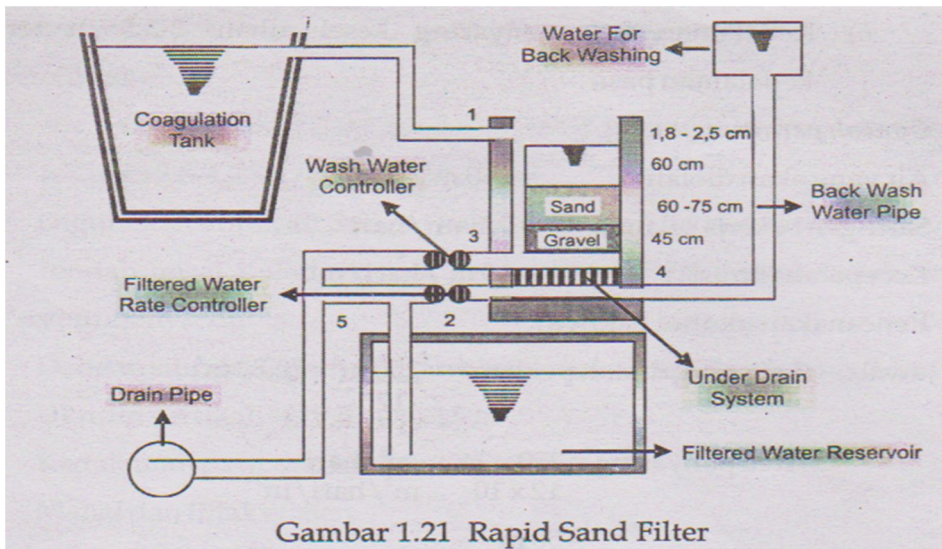
Mebutuhkan pengolahan pendahuluan (koagulasi dan sedimentasi) sebelum air masuk instalasi ini.

4) Selalu dilakukan back washing setiap 24 jam atau setelah 60 -72 jam → banyak terjadi endapan. Air untuk back washing 1-3 % air yang difiltrasi.

5) Susunan media saring pada *Rapid Sand Filter* adalah sebagai berikut :

- a) 1,8 – 2,5 m kedalaman pasir
  - b) 60 – 75 cm pasir
  - c) 75 mm kerikil ukuran 6-3 mm
  - d) 75 mm kerikil ukuran 13-6 mm
  - e) 100 mm kerikil ukuran 13-25 mm
  - f) 100 mm kerikil ukuran 25-38 mm
  - g) 100 mm kerikil ukuran 38-64 mm
- } 45 cm kerikil

6) Kedalaman bak penyaringan keseluruhan : 3 – 3,5 m termasuk kedalaman pasir.



Gambar 1.21 Rapid Sand Filter

Gambar 1.21 Rapid sand filter

Contoh perhitungan:

Air yang akan diolah =  $250 \text{ m}^3 / \text{hari}$

Saringan bekerja selama =  $12 \text{ jam} / \text{hari}$

Kecepatan filtrasi =  $10 \text{ m}^3 / \text{hari} / \text{m}^2$

Rencanakan ukuran baknya ?

Jawab :  $\sum \text{air yang diolah per jam} = \frac{250 \text{ m}^3}{12} = 20,83 \text{ m}^3$

$$\text{Area penyaring} = \frac{250 \times 24 \text{ m}^3}{12 \times 10 \text{ m}^3} \frac{/\text{hari}}{/\text{hari}/\text{m}^2}$$

$$= 50 \text{ m}^2$$

Jika akan dibuat 2 bak, maka luas masing-masing :

$$\frac{50 \text{ m}^2}{2} = 25 \text{ m}^2$$

e. Perbandingan SSF dan RSF

<b>SLOW SAND FILTER</b>	<b>RAPID SAND FILTER</b>
1. Mudah dalam pengoperasiannya.	1. Biaya awal relative murah
2. Lebih baik untuk menurunkan bakteri	2. Kecepatan menyaring 60-70 kali SSF
3. Kehilangan tekanan lebih sedikit	3. Hemat bahan dan areal filtrasi
4. Biaya lebih sedikit untuk operasi dan perawatannya.	4. Lebih cepat dalam pembersihan media penyaringnya.

Sumber: SK Hussain, *Text Books of Water Supply and Sanitary Engineering*

f. Pressure filter

Spesifikasi :

Air yang masuk dalam media melalui proses pemompaan dengan tekanan 2,8 – 4,2 kg/cm  
Digunakan untuk air dengan kekeruhan dan padatan tersuspensi yang rendah missal kolam renang, kebutuhN ir yang tidak terlalu besar volumenya dll.

Dengan silinder logam ukuran horizontal : o 2,5 m panjang 2,5m

Ukuran vertical : o 0,5 m , p 2,5 m

Kedlaman pasir dan kerikil 120-150 cm

Mahal dan tidak efisien

5. Pasir

Klasifikasi batuan menurut USGS (United State of Geological Survey)

NAMA BATUAN	UKURAN BUTIR (INCHI)
Kerikil (gravel)	> 0,080
Pasir Sangat kasar	0,040-0,08
Pasir ukuran sedang	0,020-0,08
Pasir halus	0,010-0,02
Pasir sangat halus	0,005-0,01
Lanau (silt) dan lembung (glay)	<0,003

Syarat pasir sebagai media saring:

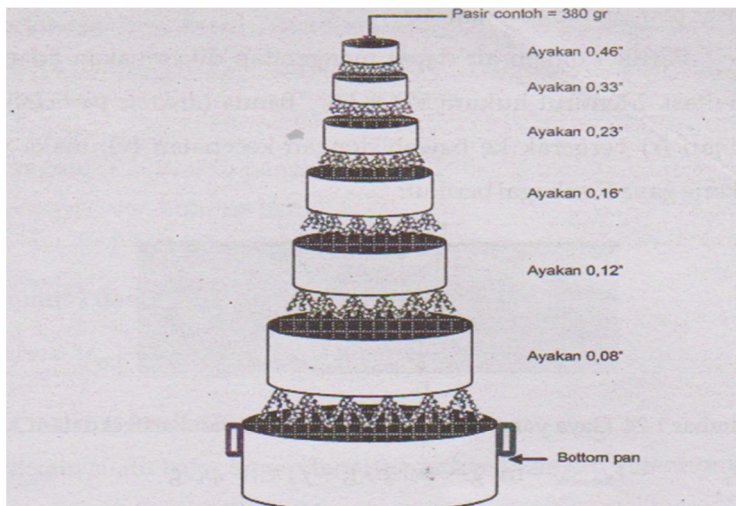
Harus keras, bebas tanah liat dan kotoran lainnya

Kehilangan berat pada pemakaian tidak melebihi 3%

Kehilangan berat setelah direndam dalam HCL 40%, Selama 24 jam tidak boleh mmelebihi 50%

Berat jenis 2,55-2,65

Koefisien keseragaman boleh melebihi 2,7 dan tidak boleh kurang dari 1,3



Gambar 1.23 Skema dan Grafik Hasil Sieve Analisis

Contoh : berat total pasir contoh = 382 gr.

Ø Ayakan	Berat komulatif tertahan ayakan	% komulatif tertahan ayakan
0,046"	65 gram	17 %
0,031"	106 gram	28 %
0,023"	179 gram	47 %
0,016"	266 gram	70 %
0,012"	312 gram	82 %
0,08"	357 gram	94 %
Bottom	380 gram	100 %

## BAB IV

### TEKNIK PEMBUATAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR

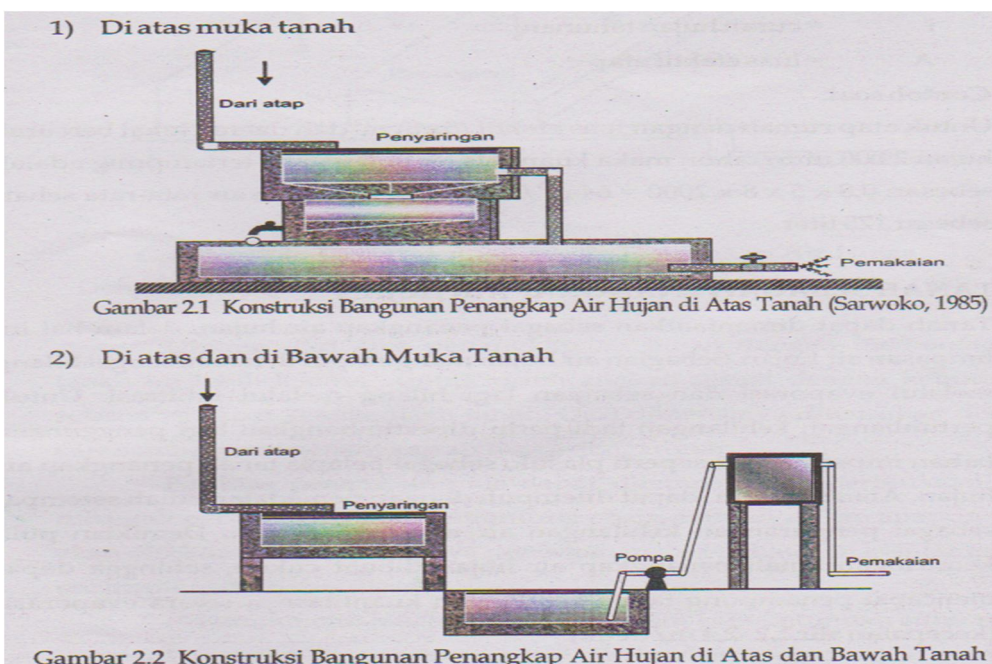
#### A. PENDAYAGUNAAN AIR HUJAN

Air hujan dapat ditangkap dan dikumpulkan dalam atap rumah yang terbuat dari bahan yang cukup kuat dan tidak mengandung problem sampingan misalnya seng, alumunium atau fiber glass,

Karakteristik air hujan yang asam menjadikan penggunaan atap asbes smemn tidak menguntungkan. Serat abses dapat diabsorbsi oleh air yang bersifat asam, sehingga member tambahan substansi asbes dalam air hujan yang ditangkap. Atap plastic emmang ekonomis secara capital, namun tidak tahan lama, sehongga menjadi tidak ekonomis secara kapitl. Pengecetan atap tidak diperkenankan, karena dapat menimbulkan rasa dan warna pada air. Saluran pengaliran di atap harus mempunyai kemiringan disamping untuk pengalrrian air juga untuk menghindari genangan air yang akan menyebabkan sarang untuk perkembangbiakan jentik nyamuk atau larva serangga lain.

Debu, daun-daun dan kotoran burung dapat terakumulasi pada waktu musim kering , kotoran tersebut dapat tercuci ketika hujan turun pertama kali, yang harus dihindari pemakaian airnya. Mengingat hal ini, maka saluran penyalur dari atap ke penampung sebaiknya disusun untuk menghindari masuknya kotoran ke penampungan air hujan, demikian pula dalam penjagaan kualitas atap dan saluran sebaiknya dibersihkan secara berkala.

Contoh konstruksi penangkap air hujan dari atap dapat dilihat dari gambar.



## B. PENGOLAHAN AIR PERMUKAAN

### 1. MENGOLAH AIR SUNGAI

#### a. Menggunakan pengolahan bertingkat

Pengolahan air bertingkat ii menggunakan kombinasi cara koagulasi dan filtrasi, sangat berguna untuk air yang mengandung bahan kimia, bau dan warna, tetapi tidak terlalu pekat. Pada prinsipnya proses ini terjadi di dua bak yaitu bak pertama sebagai tempat reaksi kimia dan bak kedua sebagai tempat filtrasi atau penyaringan.

#### 1) Bahan baku

##### a) Bahan kimia

Bahan kimia yang daot digunakan untuk pengolahan 100 liter air adalah 1 gram kaporit, 1- gr tawas, 10 gr kapur atau 100 gr karbon aktif/arang kelapa atau kayu yang dihaluskan.

##### b) Bahan penyaring

- Pasir (0,3-1,2 mm)
- Kerikir (12-30 mm)
- Ijuk
- Arang

##### c) Bahan untuk unit pengolah

- Drum 2buah (masing-masing berkapasitas 100 liter)
- Kayu untuk rak
- Kran 2 buah

##### d) Air baku

Bisa berupa air sungai, danau, rawa atau sumur.

#### 2) Pembuatan unit pengolahan air

- Sediakan 2 drum kecil yang mempunyai kapasitas 100liter, agar tidak berkarat dapat juga digunakan tong plastik
- Disediakan rak bertingkat seperi pada gambar
- Bahan-bahan yang akan digunakan sebgai penyaring dicuci dengan air bersih
- Bak penyaring disusun seperti pada gambar

#### 3) Penggunaan

- Kran 1 dan kran 2 ditutup
- Air olahan diisikan ke dalam bak pertama
- Zat kimia (koagulan) dilarutkan terlebih dahulu ke dalam ember kemudian dicampurkan dengan air olahan yang ada di bak pertama



- d) Air olahan di dalam bak yang telah diberi bahan koagulan diaduk selama 5 menit, selanjutnya didiamkan selama 10 menit. Apabila koagulan dari arang aktif, lama pengadukan dalam penyimpanan selama 30 menit
- e) Setelah didiamkan, air disalurkan ke bak penyaringan dengan membuka kran 1. Kran 2 tidak dibuka terlebih dahulu supaya pasir tetap terendam
- f) Selanjutnya air diisikan kembali ke dalam bak pertama dan dilakukan proses koagulasi kembali
- g) Selain itu kran 1 dibuka. Demikian pula kran 2 sehingga keluar air bersih. Setelah air dalam bak pertama habis, kran 2 cepat ditutup. Pasir tetap dibiarkan dalam keadaan terendam terus meskipun tidak dioperasikan.

#### 4) Pemeliharaan

Bila air yang keluar telah keruh atau alirannya kurang lancar berarti dalam saringan telah banyak mengandung lumpur. Oleh karena itu, unit pengolahan air harus dibersihkan. Pembersihan dilakukan dengan cara mengeluarkan pasir kemudian mencucinya dengan air panas, setelah itu pasir disusun kembali.

#### b. Pengolahan air dengan pengendapan ganda

Secara sederhana air yang keruh dapat dijernihkan melalui pengendapan. Air olahan yang dapat diolah dengan cara [pengendapan ini apabila secara kimia air itu tidak bermasalah. Hal ini ditunjukkan dengan rasa air tawar dan tidak berbau busuk.

Proses pengendapan cukup dengan menampung air dalam bak, ember/periuk tanah dan air ini didiamkan selama sehari semalam sehingga diperoleh air yang bersih dan dapat diciduk bagian atasnya. Untuk memenuhi kebutuhan air dalam rumah tangga dapat digunakan bak atau drum yang dilapisi cat/semen. Pengendapan dilakukan dengan dua buah bak atau drum yang digunakan secara bergantian. Bak pertama diisi air untuk keperluan hari ini, hal ini dilakukan sambil mengisis bak kedua untuk esok hari dan seterusnya secara bergantian.

#### 1) Bahan baku

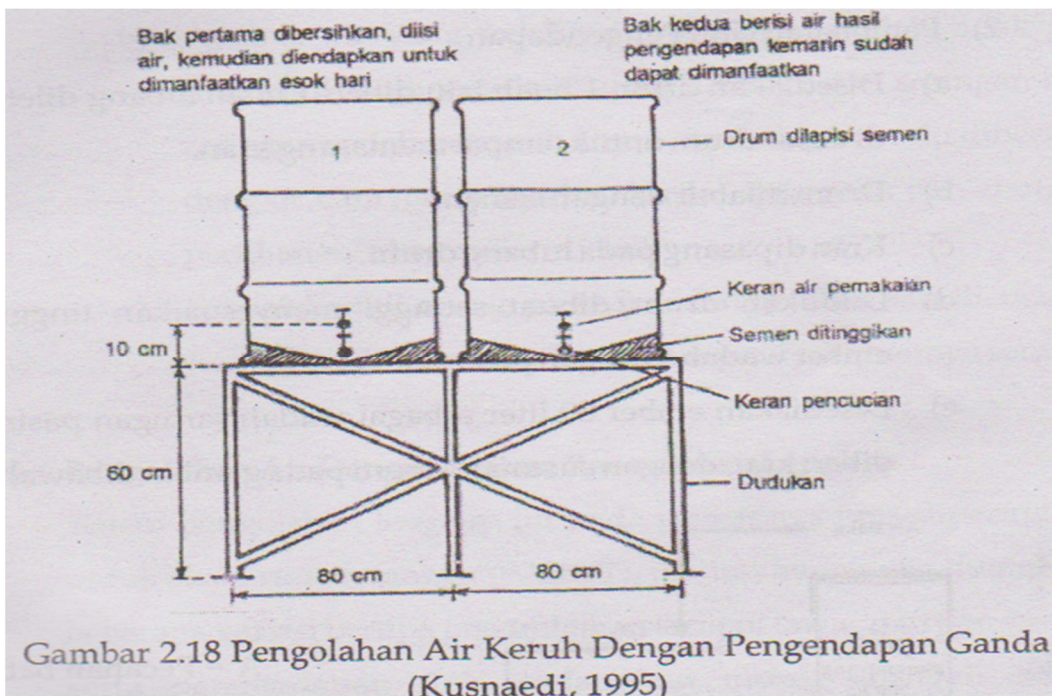
##### a) Air baku

Air baku yang akan diolah berupa air sungai rawa, danau, ataupun sumur yang keruh. Tetapi secara kimia dan mikrobiologi tidak masalah.

##### b) Alat untuk pengendapan

Bak atau drum yang besarnya disesuaikan dengan kebutuhan. Bagi kebutuhan rumah tangga kecil cukup dengan drum 200 liter sebanyak 2 buah. Jika pengendapan khusus air minum saja cukup 25-50 liter. Apabila menggunakan kran maka diperlukan bak atau drum dan juga dudukan drum.

- c) Bahan kimia
  - d) Apabila air susah diendapkan maka perlu tambahan bahan kimia (koagulan) misalnya berupa 20 gram kapur untuk 200 liter, 2 gr kaporit untuk 200 liter dan 20 gr tawas untuk 20 liter. Apabila diendapkan semalam saja sudah jernih tidak perlu penambahan bahan koagulan.
- 2) Pembuatan unit pengendapan
- a) Disediakan drum 2 buah lalu diberi 2 lubang 1 lubang diletakan di dasar drum dan 1 lagi di atas permukaan 5-10cm
  - b) Drum dilabur dengan semen
  - c) Kran dipasang pada lubang drum
  - d) Dudukan drum dibuat setinggi 60 cm
- 3) Penggunaan dan pemeliharaan
- a) Bak pertama diisi dan dibiarkan semalam
  - b) Bak kedua dibiarkan kosong
  - c) Keesokan harinya bak pertama sudah dapat digunakan dan bak kedua diisi , demikian seterusnya diisi secara bergantian
  - d) Apabila diperlukan zat kimia , setiap akan memasukkan air ke dalam drum bahan kimia tsb dimasukan pula, dilarutkan terlebih dahulu dalam wadah kecil.



### C. Pengolahan air dengan saringan rumah tangga

Saringan rumah tangga (SARUT) ini merupakan aplikasi dari saringan pasir sederhana yang dapat digunakan untuk skala rumah tangga (10jiwa). Air hasil saringan ditampung dan dapat langsung dimaska untuk keperluan sehari-hari.

#### 1) Bahan baku

##### a) Air baku

Air baku yang akan diolah berupa air sungai/irigasi yang tidak terlalu keruh

##### b) Alat pengendapan

Bak atau drum yang besarnya disesuaikan dengan kebutuhan. Bagi kebutuhan rumah tangga kecil cukup dengan drum 200 liter untuk wadah air baku sebanyak 1 buah dan ember 80 liter sebagai penyaring air (saringan pasir). Posisi drum lebih tinggi kedudukannya (diberi dudukan). Dengan menggunakan kran air dilewatkan pada saringan pasir kemudian hasil oenyaringan ditampung dalam ember.

#### 2) Pembuatan unit pengendapan

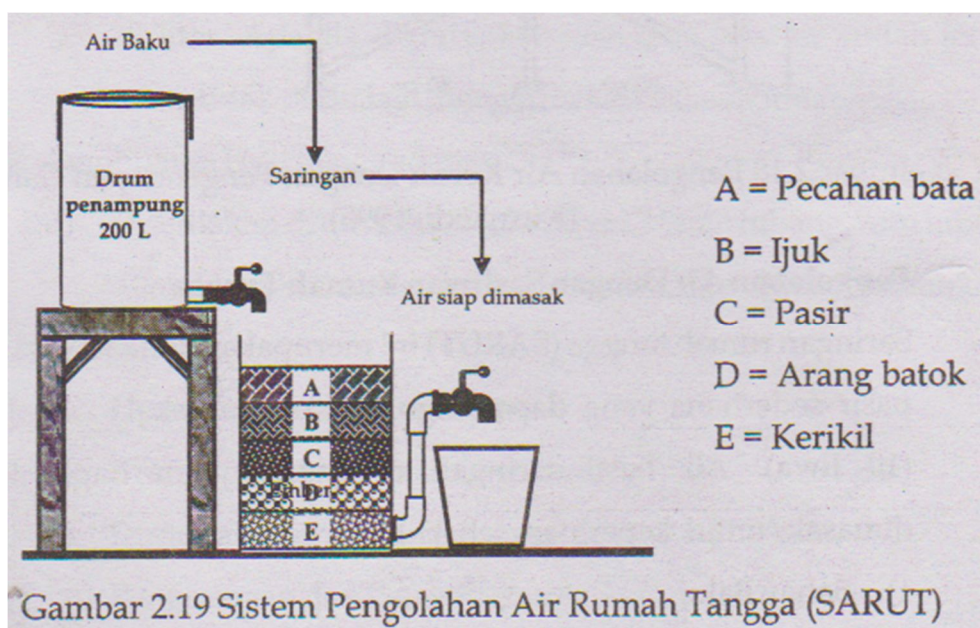
a) Disediakan drum 1 buah lalu diberi 1 buah lubang diletakkan di dasar drum untuk tempat memasang kran

b) Drum dilabur dengan semen

c) Kran dipasang dalam lubang drum

d) Dudukan drum dibuat setinggi menyesuaikan tinggi dari ember wadah saringan pasir.

e) Disediakan ember 80 liter sebagai wadah saringan pasir serta diberikan kran dengan susunan seperti gambar dibawah ini.



### 3) Penggunaan

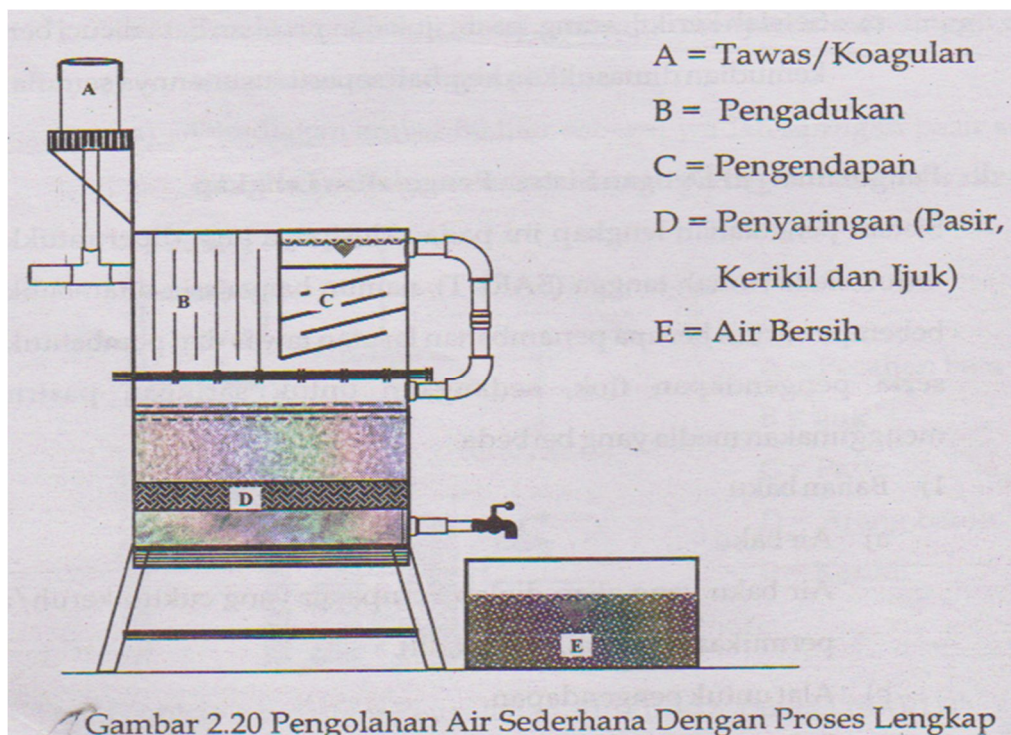
- a) Air dari sumber/saluran atau sungai diambil dengan menggunakan ember lalu dimasukkan ke dalam drum
- b) Kran pertama dibuka hingga air mengalir kedalam saringan pasir
- c) Kran 2 dibuka dari aringan pasir, hasil penyaringan ditampung dengan baskom/ember dan apabila akan digunakan rebus air hingga mendidih

### 4) Pemeliharaan

- a) Satiap 3 hari drum dicuci
- b) Apabila air yang keluar dari saringan sudah tidak lancar (mengecil) dari semula atau air meluber dari saringan berarti saringan sudah mampat. Untuk itu saringan perlu dibersihkan dan dicuci.
- c) Setelah saringan pasir dicuci bersih kemudian dimasukkan kembali seperti susunannya semula.

### Pengolahan air dengan sistem pengolahan lengkap

Sistem pengolahan lengkap ini pada prinsipnya juga diperuntukan untuk skala rumah tangga, namun hanya saja ditambahkan beberapa variasi berupa penambahan larutan tawas dan pembentukan serta pengendapan flok, sedangkan untuk saringan pasirnya menggunakan media yang berbeda



Gambar 2.20 Pengolahan Air Sederhana Dengan Proses Lengkap

## **D. UNIT ALAT PENGOLAH AIR ASIN MENJADI AIR SIAP MINUM SISTEM OSMOSIS BALIK**

### **PENDAHULUAN**

Alat pengolah air asin ada banyak dan macamnya. Selama ini untuk mengolah air asin dikenal dengan cara destilasi, pertukaran ion, elektrodialisis, dan osmosa balik. Masing-masing teknologi mempunyai keunggulan dan kelemahan. Pemanfaatan teknologi pengolahan air asin harus disesuaikan dengan kondisi air baku, biaya yang tersedia, kapasitas dan kualitas yang diinginkan oleh pemakai air. Di antara berbagai macam teknologi tersebut yang banyak dipakai adalah teknologi destilasi dan osmosa balik. Teknologi destilasi umumnya banyak dipakai ditempat yang mempunyai energi terbuang (pembakaran gas minyak pada kilang minyak), sehingga dapat menghemat biaya operasi dan skala produksinya besar ( $>500 \text{ m}^3/\text{hari}$ ). Sedangkan teknologi osmosa balik banyak dipakai dalam skala yang lebih kecil.

Keunggulan teknologi membran osmosa balik adalah kecepatannya dalam memproduksi air, karena menggunakan tenaga pompa. Kelemahannya adalah penyumbatan pada selaput membran oleh bakteri dan kerak kapur atau fosfat yang umum terdapat dalam air asin atau laut. Untuk mengatasi kelemahannya pada unit pengolah air osmosa balik selalu dilengkapi dengan unit anti pengerakkan dan anti penyumbatan oleh bakteri. Sistem membran reverse yang dipakai dapat berupa membran hollow fibre, lempeng/plate atau berupa spiral wound. Membran ini mampu menurunkan kadar garam hingga 95-98%. Air hasil olahan sudah bebas dari bakteri dan dapat langsung diminum.

Teknologi pengolahan air asin sistem osmosa balik banyak dipakai di banyak negara seperti Amerika, Jepang, Jerman dan Arab. Teknologi ini banyak dipakai untuk memasok kebutuhan air tawar bagi kota-kota tepi pantai yang langka sumber air tawarnya. Pemakai lain adalah kapal laut, industri farmasi, industri elektronika, dan rumah sakit.

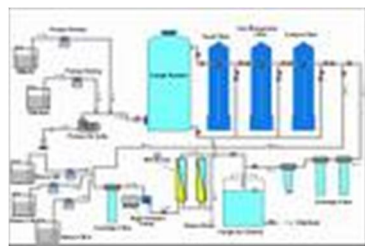
Unit Bergerak Pengolah Air Asin dimaksudkan sebagai unit emergensi yang dapat membantu dalam penyediaan air bersih pada keadaan bencana alam, wabah diare atau muntaber pada suatu wilayah, kekurangan air tawar selama musim kemarau terutama pada daerah pantai.

### **PROSES DESALINASI OSMOSIS BALIK**

Pada proses dengan membran, pemisahan air dari pengotornya didasarkan pada proses penyaringan dengan skala molekul. Di dalam proses desalinasi air laut dengan sistem osmosis balik, tidak memungkinkan untuk memisahkan seluruh garam dari air lautnya, karena akan membutuhkan tekanan yang sangat tinggi sekali. Pada prakteknya untuk menghasilkan air tawar, air asin atau air

laut dipompa dengan tekanan tinggi ke dalam suatu modul membran osmosis balik yang mempunyai dua buah pipa keluaran, yakni pipa keluaran untuk air tawar yang dihasilkan dan pipa keluaran untuk air garam yang telah dipekatkan.

Di dalam membran Osmosa Balik tersebut terjadi proses penyaringan dengan ukuran molekul, yakni partikel yang molekulnya lebih besar dari pada molekul air, misalnya molekul garam dan lainnya, akan terpisah dan akan ikut ke dalam air buangan. Oleh karena itu air yang akan masuk ke dalam membran osmosa balik harus mempunyai persyaratan tertentu, misalnya kekeruhan harus nol, kadar besi harus  $< 0,1$  mg/l, pH harus dikontrol agar tidak terjadi pergerakan kalsium karbonat dan lainnya.



Gambar 1. Contoh Sistem Pengolah Air Asin Bergerak

Pengolahan air minum dengan sistem Osmosa Balik terdiri dari dua bagian, yakni unit pengolahan awal dan unit Osmosa Balik. Salah satu contoh diagram proses pengolahan air dengan sistem Osmosa Balik dapat dilihat seperti pada Gambar 1. Air laut, terutama yang dekat dengan pantai masih mengandung partikel padatan tersuspensi, mineral, plankton dan lainnya, maka air baku tersebut perlu dilakukan pengolahan awal sebelum diproses di dalam unit Osmosa Balik. Unit pengolahan pendahuluan tersebut terdiri dari beberapa peralatan utama yakni pompa air baku, tangki reaktor (kontaktor), saringan pasir, filter mangan zeolit, dan filter untuk penghilangan warna (color removal), dan filter cartridge ukuran 0,5 m. Sedangkan unit Osmosa Balik terdiri dari pompa tekanan tinggi dan membran Osmosa Balik, serta pompa dosing klorine dan sterilisator ultra violet (UV).

## PROSES PENGOLAHAN

Air baku (air laut) dipompa ke tangki reaktor (kontaktor), sambil diinjeksi dengan larutan klorin atau Kalium Permanganat agar zat Besi atau Mangan yang larut dalam air baku dapat dioksidasi menjadi bentuk senyawa oksida Besi atau Mangan yang tak larut dalam air. Selain itu, pembubuhan Klorin atau Kalium Permanganat dapat berfungsi untuk membunuh mikroorganisme yang dapat menyebabkan biofouling (penyumbatan oleh bakteri) di dalam membran Osmosa Balik.

Dari tangki reaktor, air dialirkan ke saringan pasir cepat agar senyawa Besi atau Mangan yang telah teroksidasi dan juga padatan tersuspensi (SS) yang berupa partikel halus, plankton dan lainnya dapat disaring. Air yang keluar dari saringan pasir selanjutnya dialirkan ke filter Mangan Zeolit. Dengan adanya filter Mangan Zeolit ini, zat Besi atau Mangan yang belum teOsmosa Balikksidasi di dalam tangki reaktor dapat dihilangkan sampai konsentrasi  $< 0,1$  mg/l. Zat Besi dan Mangan ini harus dihilangkan terlebih dahulu karena zat-zat tersebut dapat menimbulkan kerak (scale) di dalam membran Osmosa Balik.

Dari filter Mangan Zeolit, air dialirkan ke filter penghilangan warna. Filter ini mempunyai fungsi untuk menghilangkan senyawa warna dalam air baku yang dapat mempercepat penyumbatan membran Osmosa Balik. Setelah melalui filter penghilangan warna, air dialirkan ke filter cartridge yang dapat menyaring partikel dengan ukuran  $0,5$  m. Setelah melalui filter cartridge, air dialirkan ke unit Osmosa Balik dengan menggunakan pompa tekanan tinggi sambil diinjeksi dengan zat anti kerak (antiskalant) dan zat anti biofouling. Air yang keluar dari modul membran Osmosa Balik yakni air tawar dan air buangan garam yang telah dipekatkan. Selanjutnya air tawarnya dipompa ke tangki penampung sambil dibubuhi dengan klorine dengan konsentarsi tertentu agar tidak terkontaminasi kembali oleh mikroba, sedangkan air garamnya dibuang lagi ke laut.

### **KUALITAS AIR BAKU**

Kualitas air baku menentukan proses yang akan dilakukan untuk menghasilkan air yang siap diminum. Oleh karena itu pengambilan contoh air dari lokasi pengoperasian sangat dibutuhkan untuk desain alat. Jika kualitas air berubah-ubah sebaiknya dipilih lokasi yang paling stabil kualitasnya dan kalau perlu dibangun stasiun pengambilan air baku. Dengan demikian peralatan dapat bekerja secara efektif dan efisien. Air asin yang akan diolah oleh membran harus jernih, oleh karena itu pada kasus-kasus dimana air tidak jernih atau keruh perlu dilakukan pengolahan awal atau pretreatmen karena pretreatmen yang terpasang terbatas kemampuannya.

### **SUMBER TENAGA**

Tenaga yang dibutuhkan untuk menjalankan seluruh unit osmosa balik sangat bervariasi tergantung dari kapasitas alat yang diinginkan, sebagai contoh alat pengolah air sistem osmosa balik kapasitas  $10$  m<sup>3</sup>/hari membutuhkan Genset dengan kapasitas  $10$  KVA dengan fasilitas  $3$  phase dan tegangan  $380$  volt.

### **CARA KERJA SISTEM DAN SPESIFIKASI TEKNIS**

Berdasarkan analisa kualitas air baku, maka unit-unit berikut ini yang dilengkapi dengan perangkat pendukungnya dapat menurunkan kadar parameter-parameter yang tidak memenuhi syarat standar kualitas air minum yang berlaku.

#### **a. Pompa Air Baku**

Pompa air baku adalah pompa sentrifugal biasa dengan kapasitas yang sesuai dengan kapasitas maksimum dari Unit Pengolah Awal. Pompa air baku minimal mempunyai daya tarik minimal 9 meter dan daya dorong 40 meter. Pada kondisi daya hisap kurang, sebaiknya dilengkapi pula oleh pompa celup yang dipasang pada selang air baku. Unit-unit yang harus dilalui oleh air baku adalah tangki pencampur (reactor tank), saringan pasir cepat (rapid sand filter), saringan mangan-zeolit cepat dan saringan karbon aktif/resin. Sebagai contoh kasus dalam proses pengolahan awal (Kapasitas 10 m<sup>3</sup>/hari) kehilangan tekanan sekitar 2,5 bar. Sehingga minimal pompa air baku harus bertekanan 5 bar, sehingga pada saat memasuki unit osmosa balik tekanan masih tersisa sekitar 2 - 2,5 bar.

#### **b. Tangki Pencampur (Reaktor Tank)**

Tangki Pencampur adalah alat untuk mengakomodasikan terjadinya proses pencampuran antara air baku dan bahan-bahan kimia tertentu. Biasanya dipakai Kalium permanganat atau klorin yang berfungsi sebagai zat oksidator untuk menurunkan kandungan bahan organik dan soda ash yang digunakan untuk menaikkan pH kearah netral. Penggunaan Kalium permanganat atau klorin dimaksudkan untuk membunuh bakteri-bakteri patogen, sehingga tidak menimbulkan masalah penyumbatan di sistem penyaringan berikutnya karena terjadinya proses biologi (terbentuknya jamur dll.). Tangki pencampur didisain khusus agar waktu kontak sesingkat mungkin dan pencampuran antara air baku dan bahan-bahan kimia tersebut dapat terjadi sebaik mungkin (homogen). Sistem pencampuran disini adalah sistem hidrolika (hydraulic mixing), sehingga dapat menghemat pemakaian energi listrik.

#### **c. Penyaring Pasir Cepat**

Air dari tangki pencampur masuk ke unit penyaringan pasir cepat dengan tekanan maksimum sekitar 4 Bar. Unit ini berfungsi menyaring partikel kasar yang berasal dari air baku dan hasil oksidasi kalium permanganat atau klorin, termasuk besi dan mangan. Unit filter berbentuk silinder dan terbuat dari bahan fiberglas. Unit ini dilengkapi dengan keran multi purpose (multiport), sehingga untuk proses pencucian balik dapat dilakukan dengan sangat sederhana, yaitu dengan hanya memutar keran tersebut sesuai dengan petunjuknya. Tinggi filter ini mencapai 120 cm dan berdiameter 30 cm. Media penyaring yang digunakan berupa pasir silika dan terdiri dari 4 ukuran, yaitu dari diameter terbesar 2 - 3 cm, kemudian 0,5 - 1 cm, 3 - 5 mm dan yang terkecil 1 - 2 mm. Unit filter ini juga didisain secara khusus, sehingga memudahkan dalam hal pengoperasiannya dan pemeliharannya. Dengan dilengkapi oleh 2 (dua) buah water moore, maka penggantian media filter dapat dilakukan dengan mudah.

#### **d. Penyaring Mangan Zeolit**



Unit ini mempunyai bentuk dan dimensi yang sama dengan unit penyaring pasir cepat, namun mempunyai material media filter yang sangat berbeda. Media filter adalah mangan zeolit yang berdiameter sekitar 0,3 - 0,5 mm. Dengan menggunakan unit ini, maka kadar besi dan mangan, serta beberapa logam-logam lain yang masih terlarut dalam air dapat dikurangi sampai sesuai dengan kandungan yang diperbolehkan untuk air minum.

#### **e. Penyaring Karbon Aktif atau Resin**

Unit ini khusus digunakan untuk penghilang bau, warna, logam berat dan pengotor-pengotor organik lainnya. Ukuran dan bentuk unit ini sama dengan unit penyaring lainnya. Media penyaring yang digunakan adalah karbon aktif granular atau butiran dengan ukuran 1 - 2,5 mm atau resin sintesis, serta menggunakan juga media pendukung berupa pasir silika pada bagian dasar.

#### **f. Filter Kartridge**

Penyaring ini merupakan penyaring pelengkap untuk menjamin bahwa air yang akan masuk ke proses penyaringan osmosa balik benar-benar memenuhi syarat air baku bagi sistem osmosa balik. Alat ini mempunyai media penyaring dari bahan sintesis selulosa. Alat ini juga berbentuk silinder dengan tinggi sekitar 25 cm dan diameter sebesar 12 cm. Kemampuan filtrasi filter ada dua macam, yaitu 0,45 mm dan 0,1 mm. Unit ini dipasang sebelum pompa tekanan tinggi dan membran osmosa balik.

#### **g. Pompa Tekanan Tinggi**

Pompa Tekanan Tinggi digunakan untuk mengalirkan air dari sistem penyaringan konvensional ke sistem penyaringan skala molekuler (membrane polymer). Untuk menembus membran osmosa balik membutuhkan tekanan besar. Jika air baku payau (TDS < 12.000 ppm) maka tekanan yang dibutuhkan berkisar 20 - 30 bar, sedangkan untuk air laut dibutuhkan tekanan antara 30 - 60 bar. Tegangan listrik yang dibutuhkan oleh pompa ini adalah 380 Volt (tiga phasa).

#### **h. Pompa Dosing**

Dalam sistem pengolahan air payau dengan sistem osmosa balik ini, dibutuhkan 3 (tiga) buah pompa dosing. Masing-masing untuk klorin atau kalium permanganat, zat pengatur pH (soda ash), anti pengerakkan dan anti penyumbatan. Pompa dosing memerlukan energi listrik yang rendah, yaitu maksimum sebesar 30 Watt. Kapasitas dapat divariasikan dari 0,39 sampai dengan 12,0 liter per jam dan jumlah stroke maksimum 100 untuk setiap menit. Berat pompa masing-masing sekitar 2,6 kg. Tekanan 5 - 7 Bar.

#### **i. Unit Osmosa balik**

Unit Osmosa balik merupakan jantung dari sistem pengolahan air secara keseluruhan. Unit ini terdiri dari selaput membran yang digulung secara spiral dengan pelindung kerangka luar (vessel) yang tahan terhadap tekanan tinggi. Kapasitas tiap unit bermacam-macam tergantung disain yang diinginkan. Daya tahan membran ini sangat tergantung pada proses pengolahan awal. Jika pengolahan awalnya baik, maka membran ini dapat tahan lama.

#### **j. Panel Kontrol**

Seluruh rangkaian listrik dalam sistem osmosa balik ini berada dan berpusat dalam satu unit yang disebut panel kontrol. Panel ini dilengkapi dengan indikator-indikator tekanan dan sistem otomatis. Apabila tekanan pada membrane telah mencapai nilai maksimum, maka dengan sendirinya switch aliran listrik menghentikan suplainya dan seluruh sistem juga berhenti. Dalam keadaan seperti ini kondisi membran harus diamati secara khusus dan apakah sudah saatnya harus diganti.

#### **k. Ultra Violet Sterilizer**

Proses sterilisasi dalam sistem pengolahan air ini menggunakan lampu Ultra Violet. Lampu ini dapat membunuh semua bakteri dalam air minum. Ukuran dan dimensi alat ini sama dengan Filter Kartridge. Energi yang dibutuhkan maksimum sebesar 30 Watt. Lampu ini dipasang sebagai tambahan, terutama jika unit dipergunakan untuk air tawar dan tidak melalui membran osmosa balik.

#### **l. Tangki Penampung Air Olahan**

Air hasil pengolahan sistem osmosa balik ini ditampung pada tangki penampung air olahan. Jumlah tangki penampung disesuaikan dengan kebutuhan. Setiap tangki penampung ini bervolume 1000 liter. Tangki ini terbuat dari bahan fiberglas. Tangki penampung ini diletakkan ditempat yang agak tinggi (1 m atau lebih) agar supaya air hasil olahan tersebut dapat dialirkan secara gravitasi.

#### **m. Tangki Bahan-Bahan Kimia**

Tangki bahan kimia terdiri dari lima buah tangki fiberglas dengan volume masing-masing 30 liter. Bahan-bahan kimia utama adalah klorin, kalium permanganat, soda ash, anti penyumbatan dan anti pengerakkan. Sebuah tangki lagi dipersiapkan dan digunakan sebagai cadangan.

#### **n. Sistem Jaringan Perpipaan**

Sistem jaringan perpipaan terdiri dari empat bagian, yaitu jaringan inlet (air masuk), jaringan outlet (air hasil olahan), jaringan bahan kimia dari pompa dosing dan jaringan pipa pembuangan air pencucian. Sistem jaringan ini dilengkapi dengan keran-keran sesuai dengan ukuran

perpipaan. Diameter yang dipakai sebagian besar adalah  $\frac{3}{4}$ ' , sebagian lagi 1' dan  $\frac{1}{2}$ '. Bahan pipa PVC tahan tekan, seperti rucika. Sedangkan keran yang dipakai adalah keran tahan karat terbuat dari plastik.