

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Baku

Penyediaan air bersih, selain kuantitas, kualitasnya pun harus memenuhi standar yang berlaku. Untuk ini perusahaan air minum selalu memeriksa kualitas air bersih sebelum didistribusikan kepada pelanggan sebagai air minum. Air minum yang ideal seharusnya jernih, tidak berbau, tidak berwarna, tidak berasa. Air minum pun seharusnya tidak mengandung kuman patogen dan segala makhluk yang membahayakan kesehatan manusia. Tidak mengandung zat kimia yang dapat merubah fungsi tubuh, tidak dapat diterima secara estetis dan dapat merugikan secara ekonomis. Air itu seharusnya tidak korosif, tidak meninggalkan endapan pada seluruh jaringan distribusinya.

Dalam hal air bersih, sudah merupakan praktek umum untuk menetapkan kualitas dan karakteristik dikaitkan dengan suatu baku mutu air tertentu (standar kualitas air). Untuk memperoleh gambaran yang nyata tentang karakteristik air baku, seringkali diperlukan pengukuran sifat-sifat air atau biasa disebut parameter kualitas air, yang beraneka ragam. Formulasi-formulasi yang dikemukakan dalam angka-angka standar tentu saja memerlukan penilaian yang kritis dalam menetapkan sifat-sifat dari tiap parameter kualitas air (Soemirat, 1994).

Standar kualitas air adalah baku mutu yang ditetapkan berdasarkan sifat-sifat fisik, kimia, radioaktif maupun bakteriologis yang menunjukkan persyaratan kualitas air tersebut. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001

Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air, air menurut kegunaannya digolongkan menjadi :

- Kelas I : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- Kelas II : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- Kelas III : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- Kelas IV : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Untuk dapat memahami akibat yang dapat terjadi apabila air minum tidak memenuhi standar, berikut pembahasan karakteristik beserta parameter kualitas air bersih berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No 416/MENKES/PER/IX/1990:

1. Karakteristik Fisis

Sifat-sifat fisis air adalah relatif mudah untuk diukur dan beberapa diantaranya mungkin dengan cepat dapat dinilai oleh orang awam.

a. Bau

Air minum yang berbau selain tidak estetik juga tidak akan disukai oleh masyarakat. Bau air dapat memberikan petunjuk akan kualitas air. Misalnya, bau amis dapat disebabkan oleh tumbuhan algae.

b. Rasa

Air minum biasanya tidak memberi rasa/tawar. Air yang tidak tawar dapat menunjukkan kehadiran berbagai zat yang dapat membahayakan kesehatan. Rasa logam/amis, rasa pahit, asin, dan sebagainya. Efeknya tergantung pula pada penyebab timbulnya rasa tersebut.

c. Suhu

Suhu air sebaiknya sejuk atau tidak panas terutama agar:

- Tidak terjadi pelarutan zat kimia yang ada pada saluran/pipa, yang dapat membahayakan kesehatan.
- Menghambat reaksi biokimia di dalam saluran/pipa.
- Mikroorganisma patogen tidak mudah berkembang biak, dan
- Bila diminum dapat menghilangkan dahaga.

d. Warna

Air minum sebaiknya tidak berwarna untuk alasan estetik dan untuk mencegah keracunan dari berbagai zat kimia maupun mikroorganisme yang berwarna. Warna dapat disebabkan adanya tannin dan asam humat

yang terdapat secara alamiah di air rawa, berwarna kuning muda, menyerupai urine, oleh karenanya orang tidak mau menggunakannya. Selain itu, zat organik ini bila terkena khlor dapat membentuk senyawa-senyawa khloroform yang beracun. Warna pun dapat berasal dari buangan industri.

e. Jumlah zat padat tersuspensi *TSS (Total Suspended Solid)*

Materi yang tersuspensi adalah materi yang mempunyai ukuran lebih kecil dari pada molekul/ion yang terlarut. Materi tersuspensi ini dapat digolongkan menjadi dua, yakni zat padat dan koloid. Zat padat tersuspensi dapat mengendap apabila keadaan air cukup tenang, ataupun mengapung apabila sangat ringan; materi inipun dapat disaring. Koloid sebaliknya sulit mengendap dan tidak dapat disaring dengan (filter) air biasa.

Materi tersuspensi mempunyai efek yang kurang baik terhadap kualitas air karena menyebabkan kekeruhan dan mengurangi cahaya yang dapat masuk kedalam air. Oleh karenanya, manfaat air dapat berkurang, dan organisme yang butuh cahaya akan mati. Setiap kematian organisme akan menyebabkan terganggunya ekosistem akuatik. Apabila jumlah materi tersuspensi ini banyak dan kemudian mengendap, maka pembentukan lumpur dapat sangat mengganggu dalam saluran, pendangkalan cepat terjadi, sehingga diperlukan pengerukan lumpur yang lebih sering. Apabila zat-zat ini sampai di muara sungai dan bereaksi dengan air yang asin, maka baik koloid maupun zat terlarut dapat mengendap di muara-muara dan proses

inilah yang menyebabkan terbentuknya delta-delta. Dapat dimengerti, bahwa pengaruhnya terhadap kesehatan pun menjadi tidak langsung.

f. Kekeruhan

Kekeruhan air disebabkan oleh adanya zat padat yang tersuspensi, baik yang bersifat anorganik maupun yang organik. Zat anorganik, biasanya berasal dari lapukan batuan dan logam, sedangkan yang organik dapat berasal dari lapukan-lapukan tanaman atau hewan. Buangan industri dapat juga menyebabkan sumber kekeruhan. Zat organik dapat menjadi makanan bakteri, sehingga mendukung perkembangbiakannya. Bakteri ini juga merupakan zat tersuspensi, sehingga pertambahannya akan menambah pula kekeruhan air. Demikian pula dengan algae yang berkembang biak karena adanya zat hara N, P, K akan menambah kekeruhan air. Air yang keruh sulit didesinfeksi, karena mikroba terlindung oleh zat tersuspensi tersebut. Hal ini tentu berbahaya bagi kesehatan, bila mikroba itu patogen.

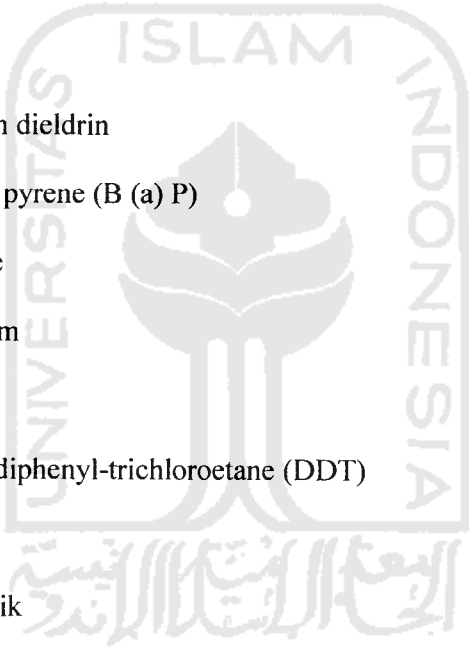
2. Karakteristik Kimiawi

Karakteristik kimia cenderung lebih khusus sifatnya dibandingkan dengan karakteristik fisik. Adapun karakteristik kimiawi dapat digolongkan menjadi dua bagian, sebagai berikut:

A. Kimia Anorganik

- | | |
|----------------|-------------------|
| a. Aluminium . | h. Ph |
| b. Arsen | i. Perak |
| c. Barium | j. Nitrat, Nitrit |
| d. Besi | k. Seng |
| e. Kesadahan | l. Sulfat |
| f. Klorida | m. Tembaga |
| g. Mangan | n. Timbal |
| | o. Sianida |

B. Kimia Organik

- 
- a. Aldrin dan dieldrin
 - b. Benzo (a) pyrene (B (a) P)
 - c. Chlordane
 - d. Chloroform
 - e. 2,4-D
 - f. Dichloro-diphenyl-trichloroetane (DDT)
 - g. Detergen
 - h. Zat Organik

3. Karakteristik Biologis

Analisis Bakteriologi suatu sampel air bersih biasanya merupakan parameter kualitas yang paling sensitif. Dalam parameter mikrobiologis ini hanya dicantumkan koliform tinja dan total koliform. Sebetulnya kedua macam parameter ini hanya berupa indikator bagi berbagai mikroba yang dapat berupa parasit (protozoa, metazoa, tungau), bakteri patogen dan virus.

Jumlah perkiraan terdekat (JPT) bakteri coliform/100 cc air digunakan sebagai indikator kelompok mikrobiologis. Hal ini tentunya tidak terlalu tepat, tetapi sampai saat ini bakteri inilah yang paling ekonomis dapat digunakan untuk kepentingan tersebut.

Untuk membuat air menjadi aman diminum, tidak hanya tergantung pada pemeriksaan mikrobiologis, tetapi biasanya juga ditunjang oleh pemeriksaan residu khlor misalnya.

4. Parameter Radioaktivitas

Apapun bentuk radioaktivitas efeknya adalah sama, yakni menimbulkan kerusakan pada sel yang terpapar. Kerusakan dapat berupa kematian dan perubahan komposisi genetik. Perubahan genetik dapat menimbulkan berbagai penyakit seperti kanker dan mutasi.

Sinar alpha, beta dan gamma berbeda dalam kemampuan menembus jaringan tubuh. Sinar alpha sulit menembus kulit, jadi bila tertelan lewat minuman maka yang terjadi adalah kerusakan sel-sel pencernaan, sedangkan beta dapat menembus kulit dan gamma dapat menembus sangat dalam. Kerusakan yang terjadi ditentukan oleh intensitas sinar serta frekuensi dan luasnya pemaparan.

2.2 Air Permukaan

Air tawar berasal dari dua sumber, yaitu air permukaan (*surface water*) dan air tanah (*ground water*). Air permukaan adalah air yang berada di sungai, danau, waduk, rawa dan badan air lain, yang tidak mengalami infiltrasi kebawah tanah. Areal tanah yang mengalirkan air kesuatu badan air disebut *watershed* atau *drainage basins*. Air yang mengalir dari daratan menuju suatu badan air disebut

limpasan permukaan (*surface run off*), dan air yang mengalir di sungai menuju laut disebut aliran air sungai (*river run off*). Sekitar 69% air yang masuk ke sungai berasal dari hujan, pencairan es/salju dan sisanya berasal dari air tanah. Wilayah di sekitar daerah aliran sungai yang menjadi tangkapan air disebut *catchment basin*.

Air hujan yang jatuh ke bumi dan menjadi air permukaan memiliki kadar-kadar bahan terlarut atau unsur hara yang sangat sedikit. Air hujan biasanya bersifat asam, dengan nilai pH 4,2. Hal ini disebabkan air hujan melarutkan gas-gas yang terdapat di atmosfer, misalnya gas Karbondioksida (CO_2), Sulphur (S) dan Nitrogen Oksida (NO_2) yang dapat membentuk asam lemah (Novotny dan Olem, 1994). Setelah jatuh ke permukaan bumi, air hujan mengalami kontak dengan tanah dan melarutkan bahan-bahan yang terkandung di dalam tanah (Hefni Effendi, 2003).

2.3 Air Sungai Sebagai Sumber Air Bersih

2.3.1 Kuantitas

Permukaan planet bumi sebagian besar terdiri dari perairan, Dari 40 juta mil kubik air yang berada di permukaan bumi dan ada di dalam tanah tidak lebih dari 0,5% (0,2 juta mil kubik) yang secara langsung dapat digunakan untuk kepentingan manusia. Karena dari jumlah 40 juta mil kubik 97% terdiri dari air laut dan jenis air lain yang berkadar garam tinggi 2,5% berbentuk es dan salju abadi yang dalam keadaan cair baru dapat dipakai manusia dan makhluk lain (Ersin Seyhan, 1977).

Akibat panas sinar matahari pada permukaan bumi, permukaan air laut dan air yang ada pada makhluk hidup menguap menjadi awan yang apabila terkena dingin akan mengalami kondensasi, yang akan turun menjadi hujan. Air hujan akan meresap ke dalam tanah dan mengalir di permukaan tanah menuju ke badan-badan air, sehingga air akan bertambah banyak. Dari rantai perputaran air tersebut, dapat dibedakan atas tiga sumber yaitu (Soemirat 1994).

1. Air angkasa meliputi air hujan dan salju,
2. Air tanah meliputi mata air, sumur dangkal, sumur dalam dan artesis.
3. Air permukaan meliputi sungai, rawa-rawa dan danau.

Air sungai sangat terpengaruh oleh musim, dimana debit air sungai pada musim hujan relatif lebih banyak dibanding dengan pada musim kemarau. Kuantitas air sungai dipengaruhi oleh (Anonymous, 1984).

- Debit sumber air sungai (air hujan, air dari mata air dan sebagainya)
- Sifat dan luas area.
- Keadaan tanah.

2.3.2 Kualitas

Air permukaan adalah air yang ada di permukaan tanah, baik keberadaannya bersifat sementara dan mengalir ataupun stabil. Air permukaan bila langsung digunakan untuk kebutuhan sehari-hari perlu diperhatikan apakah air tersebut sudah tercemar atau belum. Indikator atau tanda bahwa air permukaan sudah tercemar adalah adanya perubahan atau tanda yang dapat diamati melalui :

1. Adanya perubahan warna, bau dan rasa dalam air.
2. Adanya perubahan suhu air.
3. Adanya perubahan pH dan konsentrasi ion hidrogen.
4. Timbulnya endapan, koloidal dan bahan terlarut.
5. Adanya mikroorganisme.
6. Meningkatnya radioaktifitas dalam air

Agar air permukaan dapat digunakan sebagai sumber air bersih perlu dilakukan pengolahan air untuk perbaikan kualitas fisika air bersih dapat dilakukan misalnya dengan penyaringan (filtrasi).

Pada umumnya air sungai mengandung zat organik maupun anorganik, yang terkandung dalam air sungai tergantung kadar pencemaran pada air sungai tersebut dan jenis tanah yang dilalui oleh air sungai tersebut.

Sungai pada umumnya akan membawa zat-zat padat yang berasal dari erosi, penghancuran zat-zat organik, garam-garam mineral sesuai dengan jenis tanah yang dilalui. Dan pada sungai-sungai yang melalui daerah-daerah pemukiman yang padat akan mengalami pencemaran akibat buangan rumah tangga yang dapat mengakibatkan perubahan warna, peningkatan kekeruhan, rasa, bau dan lain-lain (Anonymous, 1984).

2.4 Air Minum

Air merupakan bahan yang sangat penting bagi kehidupan umat manusia dan fungsinya tidak pernah dapat digantikan oleh senyawa lain. Air juga merupakan komponen penting dalam bahan makanan karena air dapat

mempengaruhi penampakan, tekstur, serta cita rasa makanan kita. Air berperan sebagai pembawa zat-zat makanan dan sisa-sisa metabolisme, sebagai media reaksi yang menstabilkan pembentukan biopolimer, dan sebagainya (Winarno, 2002).

Air dapat dikonsumsi sebagai air minum apabila air tersebut bebas dari mikroorganisme yang bersifat patogen dan telah memenuhi syarat-syarat kesehatan. Untuk masyarakat awam persediaan air minum, mereka mengambil dari sumber air sebelum dikonsumsi air tersebut harus direbus dahulu. Merebus air sampai mendidih bertujuan untuk membunuh kuman-kuman yang mungkin terkandung dalam air tersebut. Sedangkan air minum yang tersedia dipasaran luas berupa air mineral yang berasal dari sumber air pegunungan dan telah mengalami proses destilasi atau penyulingan di industri dalam skala besar. Penyulingan ini juga bermaksud untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung baik berupa mikroorganisme maupun berupa logam berat (Tjokrokusumo, 1995).

2.4.1 Kekeruhan

Air menjadi keruh karena adanya benda-benda lain yang tercampur atau larut dalam air seperti tanah liat, lumpur, benda-benda organik halus dan plankton. Kekeruhan didefinisikan sebagai suatu istilah untuk menggambarkan butiran-butiran tanah liat, pasir, bahan mineral dan sebagainya yang menghalangi cahaya atau sinar masuk kedalam air.

Kekeruhan air di dalam air permukaan pada umumnya ditimbulkan oleh bahan-bahan dalam suspensi (ukuran lebih besar 1 milimikron dan 1 mikron). Kekeruhan yang ditimbulkan oleh bahan-bahan dalam suspensi sangat mudah

dihilangkan dengan cara pengendapan, bentuk ini terdiri antara lain bakteria, bahan-bahan anorganik seperti pasir dan lempung serta bahan-bahan organik seperti daun-daunan. Bahan-bahan koloid hanya dapat dihilangkan dengan proses penyaringan dengan saringan pasir. (Chatib, 1992)

Kekeruhan sebenarnya tidak mempunyai efek langsung terhadap kesehatan tetapi tidak disukai masyarakat karena masalah estetika kurang baik. Persyaratan mutu dari kekeruhan air bersih maksimum yang diperoleh menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 907/MENKES/SK/SK/2002 adalah 5 NTU.

Kekeruhan menunjukkan sifat optis air, yang mengakibatkan pembiasan cahaya kedalam air. Kekeruhan membatasi masuknya cahaya ke dalam air. Kekeruhan ini terjadi karena adanya bahan yang terapung dan terurainya zat tertentu, seperti bahan organik, jasad renik, lumpur, tanah liat dan benda lain yang melayang atau terapung dan sangat halus. Semakin keruh air, semakin tinggi daya hantar listriknya dan semakin banyak pula padatannya (Kristanto, 2002).

Partikel yang terkandung dalam air dapat terjadi karena adanya erosi tanah yang dilalui oleh aliran air. Kation-kation yang terdapat dalam partikel lempung adalah Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , H^+ , Al^{2+} dan Fe^{2-} , berurutan menurut besarnya gaya adsorpsi yang dialami. Dari urutan kation tersebut, terlihat partikel yang mengandung Na^+ dan K^+ sangat stabil dan sukar mengendap karena hanya sedikit yang mengalami gaya adsorpsi, sedangkan partikel yang mengandung Al^{3+} dan Fe^{3+} kurang stabil dan mudah mengendap.

Adapun zat yang tidak dapat mengendap tanpa bantuan bahan kimia (koagulan) antara lain unsur organik dari limbah domestik. Jenis dan ukuran partikel koloid dalam air yang sukar mengendap dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Spektrum Ukuran Partikel

| No | Jenis Partikel | Bahan Penyusun | Ukuran (Mikron) |
|----|----------------|---|---------------------------|
| 1 | Molekul | - | 10^{-10} - 10^{-8} |
| 2 | Koloid | - | |
| 3 | Tersuspensi | Clay FeOH CaCO ₃ SiO ₃ | |
| 4 | Bakteri | | 10^{-6} - $10^{-5.5}$ |
| 5 | Alga | | 10^{-6} - $10^{-4.5}$ |
| 6 | Virus | | $10^{-7.5}$ - $10^{-8.5}$ |

Sumber : Anonim, 1991.

Untuk menghilangkan zat-zat tersebut di atas, cara yang umum dilakukan adalah dengan proses sedimentasi, akan tetapi untuk ukuran partikel yang sangat kecil seperti partikel koloidal dan partikel tersuspensi memerlukan waktu yang sangat lama, seperti dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Jenis Partikel Koloid dan Tersuspensi.

| No | Jenis partikel | Diameter (mm) | Waktu Pengendapan |
|----|----------------|-------------------|----------------------|
| 1 | Kerikil | 10 | 0,3 Detik |
| 2 | Pasir halus | 0,1 | 33 Detik |
| 3 | silt | 0,01 | 38 Detik |
| 4 | Bakteri | 0,001 | 55 Detik |
| 5 | Koloid | 0,0001 - 0,000001 | 230 Hari - 6,3 Tahun |

Sumber: Anonim, 1991.

2.4.2 Total Suspended Solid (TSS)

TSS adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen, misalnya tanah liat, bahan-bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme, dan sebagainya. Sebagai contoh, air permukaan mengandung tanah liat dalam bentuk suspensi yang dapat tahan sampai berbulan-bulan, kecuali jika keseimbangannya terganggu oleh zat-zat lain, sehingga mengakibatkan terjadinya penggumpalan yang kemudian diikuti dengan pengendapan (Fardiaz, 1992)

Bahan-bahan tersuspensi dan terlarut pada perairan alami tidak bersifat toksik, akan tetapi jika berlebihan, dapat meningkatkan nilai kekeruhan yang selanjutnya akan menghambat penetrasi cahaya matahari ke kolom air dan akhirnya berpengaruh terhadap proses fotosintesis di perairan.

TSS adalah zat-zat padat yang berada pada dalam suspensi, dapat dibedakan menurut ukurannya sebagai partikel tersuspensi koloid (partikel koloid) dan

partikel tersuspensi biasa (partikel tersuspensi). (Sumestri, S. dan Alaerts, G., 1984).

Jenis partikel koloid tersebut adalah penyebab kekeruhan dalam air (efek tyndall) yang disebabkan oleh penyimpangan sinar nyata yang menembus suspensi tersebut. Partikel-partikel koloid tidak terlihat secara visual, sedangkan larutannya (tanpa partikel koloid) yang terdiri dari ion-ion dan molekul-molekul tidak pernah keruh. Larutan menjadi keruh bila terjadi pengendapan (presipitasi) yang merupakan keadaan kejenuhan dari suatu senyawa kimia. Partikel-partikel tersuspensi biasa, mempunyai ukuran lebih besar dari partikel koloid dan dapat menghalangi sinar yang akan menembus suspensi, sehingga suspensi tidak dapat dikatakan keruh, karena sebenarnya air diantara partikel-partikel tersuspensi tidak keruh dan sinar tidak menyimpang. (Sumestri, S. dan Alaerts, G., 1984).

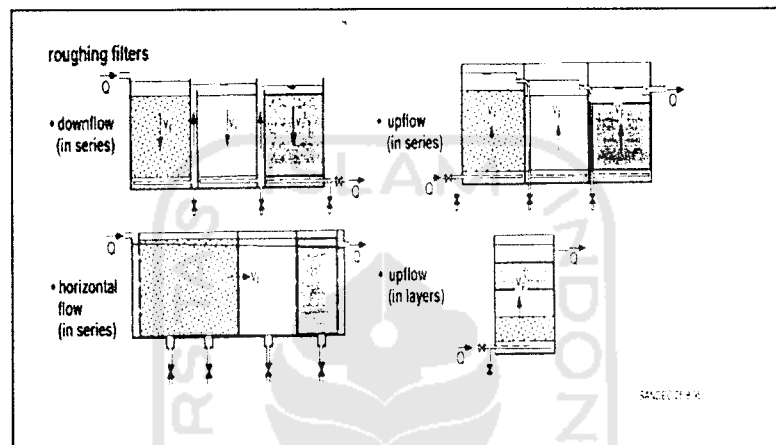
2.5 Pengolahan Air Minum dengan *Roughing Filter*

2.5.1 Teknologi *Roughing Filter*

Roughing filter utamanya digunakan untuk memisahkan material padatan dari air. Material padatan yang baik secara mendatar akan mengendap pada tangki sedimentasi yang mempunyai jarak pengendapan vertikal 1-3 m sebelum bertemu/kontak dengan dasar tangki. Untuk kecepatan pengendapan, pada material padatan yang besar tidak menjangkau dasar tangki dan karena itu tidak dapat dipisahkan. Tangki sedimentasi yang sama dapat dipenuhi/diisi dengan material filter dengan diameter media yaitu 20-4 mm. Padatan *solid* yang tidak melewati filter menyentuh permukaan gravel setelah beberapa milimeter dari jarak

pengendapan. Sejak itu jarak pengendapan secara drastis direduksi oleh material filter, *roughing filter* adalah proses yang lebih efektif untuk meremoval material padatan daripada sedimentasi

Secara umum perbedaan *lay out pre filter* ditunjukkan pada gambar 2.1 sebagai berikut:



Gambar 2.1 *Lay out Umum dari Roughing Filter*

Sumber: (Martin. W,1996)

2.5.2 Aplikasi Roughing Filter

Slow sand filter diaplikasikan pada pengolahan air permukaan secara efektif memperbaiki kualitas mikrobiologi air. Bagaimanapun aplikasi yang efektif pada proses pengolahan meminta air baku dengan kekeruhan yang rendah. *Pretreatment* air permukaan dengan loading yang tinggi pada material padatan biasanya dibutuhkan. Flokulasi kimia, kombinasi dengan sedimentasi untuk mereduksi material padatan, tidak dapat diterapkan pada suplai air perkotaan di negara berkembang seperti halnya secara umum memiliki masalah pada bahan pengolahan air.

Menghadapi masalah tersebut, *prefiltrasi* adalah alternatif proses pengolahan yang efisien dan sederhana digunakan utamanya untuk memisahkan material padatan. Hal itu tidak menggunakan bahan kimia dan juga memperbaiki mikrobiologi kualitas air. Sejak itu *prefilter* umumnya berisi fraksi material filter kasar yang berbeda, yang diketahui sebagai *roughing filter*. Konsekuensinya *roughing filter* seringkali diprioritaskan sebagai teknologi *pretreatment* untuk rencana suplai air perkotaan.

Tipe filter yang dikembangkan untuk melihat variasi kualitas air baku/mentah. *Intake* dan *dynamic filter* sering diaplikasikan sebagai *pretreatment* pertama kali diikuti oleh *roughing filter* yang dioperasikan menjadi filter aliran vertikal atau horisontal. Filter biasanya dibersihkan secara hidraulik oleh pengurasan filter cepat, sebuah rangkaian *prefiltrasi* yang berada adalah frekuensi biaya yang paling efektif, menampilkan konsep multi pembawa dan karena itu menyediakan cara yang efisien dalam memperbaiki mikrobiologi kualitas air.

Prefilter dan *roughing filter* sekarang secara ekstensif keduanya digunakan pada rencana penyediaan air pada beberapa negara berkembang dan rencana air bawah buatan di negara industri. Menambahkan pengalaman kerja, *intake filter* mampu mereduksi material padatan 50-70% dan *roughing filter* mampu untuk memisahkan material partikulat 90% lebih. *Prefilter* dan *roughing filter* juga memperbaiki kualitas mikrobiologi air yaitu mereduksi *faecal coliform*. Filter juga memberikan kontribusi untuk mereduksi warna pada organik terlarut dan bahan lainnya pada permukaan. Bagaimanapun sejak itu suspensi kaya akan material warna yang sulit diperoleh oleh *roughing filter*, biasanya meminta penambahan

koagulan. Dalam kombinasi dengan *slow sand filte*, *prefilter* dan *roughing filter* dipercaya dalam proses pengolahan yang tepat menahan partikulat di negara berkembang (Martin W. 1996).

2.5.3 Gambaran Pengembangan Roughing Filter

Dari tahun 1982 sampai tahun 1984 test filtrasi secara efektif dilakukan di laboratorium Institut Federal Swiss untuk Penelitian dan Teknologi Lingkungan (EAWAG) oleh Departemen Air dan Sanitasi di negara berkembang (SANDEC) di Duebendorf. Model suspensi kaolin digunakan untuk menyelidiki mekanisme *roughing filter* aliran horisontal. Menambahkan dua hasil test laboratorium yang penting, efisiensi filter dipengaruhi oleh sifat permukaan filter medium dan pembaharuan filter melalui pengurasan. Hasil penelitian disimpulkan:

1. Praktek yang lebih pada implementasi *roughing filter* aliran horisontal disusun pada sebuah desain, konstruksi dan operasional manual. Test laboratorium SANDEC dibatasi oleh *Development Cooperation Swiss* (SDC), pada akhirnya didukung promosi dan penyebaran informasi teknologi *roughing filter* aliran horisontal yang dimulai pada tahun 1986. Di bawah SANDEC, insinyur perguruan tinggi lokal mendemonstrasikan studi teknologi ini dan pengalaman praktek dengan proses pengolahan. *Roughing filter* aliran horisontal dibuat untuk menstabilisasi *slow sand filter* di pabrik. Empat tahun yang lalu, teknologi ini dipromosikan penyebarannya ke 20 negara lebih, dan lebih dari 60 pabrik *roughing filter* dibangun diperiode ini.

2. Lebih lanjut, beberapa institusi melakukan penambahan studi penelitian kerja proses *roughing filter* aliran horisontal. Laboratorium atau test dasar dengan *roughing filter* aliran horisontal juga dilakukan oleh Universitas Dar es Salaam, Tanzania, Universitas Tampere Teknologi di Finland, Universitas Surrey di Guildford Inggris, Institut International Hydraulic dan Teknologi Lingkungan di Delft, Universitas Delft Teknologi di Nederland, Universitas Newcastel Upon tyne di Inggris dan Universitas New Hampshire di Durham USA. Perbedaan metode *pretreatment*, meliputi *roughing filter* aliran horisontal menjadi test dasar pembandingan pada program penelitian ekstensif di Cali, Colombia. *The Centro Inter Regional de Abastecimiento Remocian de Agua* (Cinara) meneliti hal tersebut, dikolaborasi dengan Pusat Sanitasi dan Air Internasional di Belanda, menyederhanakan dan meyakinkan proses *pretreatment* dalam penelitian ini.
3. SANDEC dilibatkan dalam pengembangan dan promosi *roughing filter* untuk dekade mendatang. *Roughing filter* aliran horisontal aslinya dipelajari di laboratorium, test dasar dilakukan di negara berkembang dan akhirnya di implementasikan pada proyek. Secara manual berisi deskripsi proses pengolahan ini yang dipublikasikan pada tahun 1986 sebagai IRCWD laporan No.06/86.
4. Bagaimanapun, teknologi *roughing filter* dikembangkan dimasa depan mengikuti tahun. Perbedaan tipe prefilter dan *roughing filter* akan dipelajari dan ditest. Para peneliti menyadari pengembangan ini,

dilanjutkan untuk aplikasi secara eksklusif *roughing filter* aliran horisontal juga ditempatkan dimana tipe filter yang lebih diprioritaskan.

5. Secara manual, disusun untuk membatasi jembatan informasi ini. Hal ini didasari pada sebuah perbaikan yang lengkap pada masa sebelumnya, pada draf yang dipresentasikan di konferensi internasional *roughing filter* di Zurich, Switzerland yang diadakan pada bulan Juni 1992 dan pengalaman dasar SANDEC dengan implementasi *roughing filter*. Hal tersebut juga diterjemahkan ke dalam bahasa Prancis dan Spanyol.

2.5.4 Variabel Desain Roughing Filter

Desain *roughing filter* mempunyai 3 target, yaitu:

1. Mengurangi kekeruhan dan konsentrasi *Suspended Solid* (mg/l)
2. Menghasilkan Q output spesifik setiap hari (m^3/s)
3. Mengijinkan operasional yang cukup berdasarkan determinan waktu *running filter* T_r (hari/ minggu).

Desain filter ada 6 variabel dalam range tertentu, yaitu:

1. Kecepatan filtrasi V_f (m/jam), umumnya berkisar antara 0,3-1 M/Jam.
2. Ukuran rata-rata d_{g1} (mm) dari setiap media filter, biasanya berkisar antara 20-4 mm. Fraksi media filter dapat dilihat pada tabel 2.3 direkomendasikan seragam.
3. Panjang l_i (m) dari setiap media filter yang spesifik

Setiap panjang l_i dari material filter tergantung pada tipe filter.

Hal ini boleh berubah besarnya kedalaman dari *up flow roughing filter* dibatasi dengan bangunan, umumnya antara 80-120 cm. Panjang

horisontal flow roughing filter dalam hal ini tidak dibatasi, tetapi panjang normalnya 5 dan 7 m.

4. Angka n_1 dari fraksi filter

Angka n_1 dari fraksi tergantung juga pada tipe filter. Permukaan filter boleh hanya 1 fraksi saja dimana *roughing filter* biasanya terdiri dari 3 fraksi gravel. Akan tetapi, secara individual panjang filter l_i dari *roughing filter* sering didesain dengan rasio 3: 2:1.

5. Tinggi H (m) dari luas permukaan filter ($A(m^2)$)

Tergantung pada aspek struktural dan operasional. Direkomendasikan 1-2 m untuk menghindarkan dari masalah ketinggian air. Kedalaman 1 m juga dimungkinkan agar bila menggunakan pembersih filter secara manual dilakukan dengan mudah untuk meremoval material filter. Lebar filter harus tidak melebihi 4-5 m dan A untuk *vertikal flow filter* harus tidak lebih besar dari 25-30 m^2 atau 4-6 m^2 untuk *horisontal roughing filter*.

2.5.5 Jenis-Jenis Material *Roughing Filter*

Material saringan perlu mempunyai spesifik yang besar untuk meningkatkan proses sedimentasi yang berlangsung di dalam *roughing filter* dan perembesan yang tinggi untuk partikel atau unsur padat yang akan dipisahkan. Uji filtrasi mengungkapkan bahwa bukan kekasaran maupun struktur atau bentuk dari material saringan mempunyai suatu pengaruh besar pada efisiensi saringan material berikut bisa digunakan untuk media saringan:

1. Kerikil dari dasar sungai atau dari tanah

2. Pecahan batu atau batu dari suatu penggalian
3. Batu bata tanah liat yang dibakar
4. Material plastik sebagai modul atau chip (yang digunakan untuk meneteskan saringan) digunakan jika material ditempat itu tersedia
5. Arang yang dibakar, walaupun ada risiko disintegrasi manakala membersihkan material saringan, hanya perlu dipertimbangkan dalam kasus khusus (yaitu untuk pemindahan perihal organik yang dihancurkan)
6. Serabuk kelapa, meskipun dengan resiko air menjadi berasa selama operasi saringan panjang, haruslah hati-hati dalam penggunaanya.

Berikut ini tabel perforen saringan dengan material saringan berbeda

Tabel 2. 3 Pengurangan Kekeuruhan dengan Material Saringan Berbeda

| Proyek | Kerikil | Material Saringan Alternatif |
|--|---|---|
| BNHP/Sudan Batu bakar | 87%(20-30, 15-20 dan 5-10mm) | 77% (bata 30-50, 15-20, 5-10)mm |
| Sabut palem* Plumbon/Indonesia | 39% (16-25)mm | 67% (sabut/serat) |
| Bahan plastic , universitas Newcastle | 92% (pecahan batu bata, 30-50, kerikil 14-18 dan 5-9)mm | 94% (lingkar Φ 38mm pipa Φ 30 mm lebar tutup 5 mm |

* hanya diisi pada kompartemen pertama sumber: (Martin W. 1996)

2.5.6 Pembersihan Filter

Penggumpalan partikel atau unsur padat dengan volume yang besar di dalam media filter akan mengurangi perembesan filter dan pada akhirnya juga akan mengurangi efesiensi filter dan meningkatkan tahanan filter. Untuk menjaga kinerja filter yang cukup baik dan membatasi *headloss filter*, pembersihan secara periodik partikel atau unsur padat yang terkumpul dari media filter merupakan hal yang sangat penting untuk dilakukan.

Roughing filter dapat dibersihkan secara manual atau secara hidrolik. Pembersihan filter secara manual (penggalan, mencuci, dan pengisian ulang media saringan) adalah susah dan membutuhkan tenaga kerja yang secara intensif. Oleh karena itu pembersihan filter secara hidrolik berperan penting dalam operasional *roughing filter* dalam jangka panjang dan merupakan pembersihan yang efisien.

Pembersihan saringan secara hidrolik memerlukan pembersihan saringan yang cepat pada partikel/unsur padat yang dikumpulkan, yang kemudian dibilas menuju alas saringan. Berikut ini merupakan variabel desain paling utama untuk pembersihan saringan secara hidrolik :

- a) Kecepatan pembersihan filter V_d (m/jam)
- b) Area inlet A_d pada sistem pembersihan
- c) Jarak horizontal L_d (m) antara saluran atau bukaan dalam alas saringan
- d) Frekwensi pembersihan $1/T_r$ atau periode filter yang dijalankan T_r

Kecepatan pembersihan saringan adalah sama dengan nilai jatuhnya suatu permukaan air bawah tanah di dalam saringan itu. Pembersihan filter awal dengan kecepatan tinggi V_d direkomendasikan untuk efisiensi pembersihan. Kondisi-kondisi aliran yang bergolak penting bagi suspensi ulang dan pengangkutan partikel/unsur padat yang dikumpulkan melalui saringan itu. Oleh karena itu suatu percepatan pembersihan 30 M/Jam, atau paling baik 60-90 M/Jam, diperlukan untuk pembersihan hidrolik yang efisien (Martin W. 1996).

2.5.7 Pemeliharaan Filter

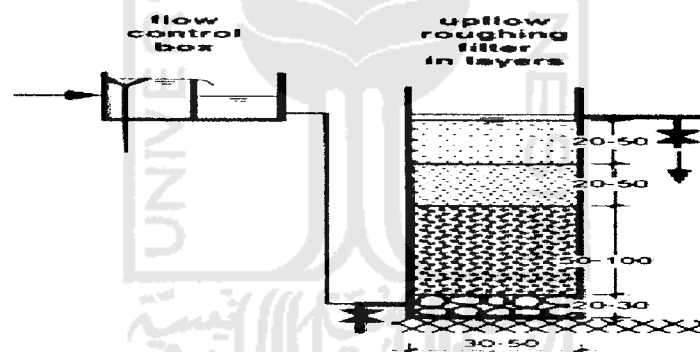
Pemeliharaan filter dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- Pemelihara secara periodik dari tanaman pengolahan (pemotong rumput, penghapusan pohon, dan semak-semak besar yang dapat mengganggu struktur oleh akar-akarnya dibuang atau dihilangkan)
- Proteksi tanah terhadap erosi (khususnya struktur intake air permukaan, saluran drainase air limbah dan *run off* permukaan)
- Memperbaiki keretakan dinding dari struktur dan pengantian *plaster shipeped*
- Pemakaian agen anti karat pada bagian logam (bendungan V-Notch, penyangga pipa)
- Pemeriksaan katup-katup dan sistem drainase, dan kadang melumasi bagian yang bergerak.
- Membersihkan material filter
- Mengambil busa material terapung pada bagian atas filter
- Mencuci material kasar (pada distribusi dan kontak inlet)
- Mengontrol dan mengganti bagian yang tidak sempurna (alat dan peralatan uji)

2.5.8 *UpFlow(in layer) Roughing Filter*

Dimensi filter ini yang tidak terbatas dan tataruang yang sederhana adalah keuntungan utama *Upflow (In Layers) roughing filter*. Umumnya stuktur dasar *roughing filter* tidak menciptakan permasalahan struktur, panjang, lebar dan tinggi filter yang tidak terbatas. Selain itu tataruang yang sederhana tidak memerlukan

penambahan struktur hidrolik dan instalasi seperti pada *vertical-flow roughing filter*. Air yang mengalir dengan arah ke atas dari inlet kompartemen dengan perbedaan ukuran material filter yang dipisahkan oleh dinding yang dilubangi, kemudian keluar melalui outlet filter. Seperti yang digambarkan pada gambar 2.3. Ukuran material filter berada pada range antara 20-4 mm, pada umumnya dipisahkan dalam tiga kompartemen saringan dengan ukuran gravel yang berbeda yaitu kasar, medium dan pecahan bagus. Untuk mencegah pertumbuhan alga di dalam filter, level air dijaga di bawah permukaan dari material filter oleh bendungan atau menempatkan pipa effluent pada filter outlet. Berikut ini gambar dari reaktor *roughing filter*:

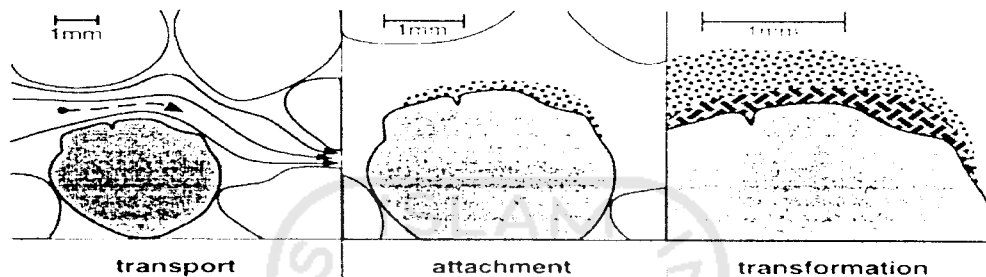


Gambar 2.2 *Upflow (In Layers) Roughing Filter*
Sumber: Martin W. 1996

2.6 Dasar Teori Filtrasi

Penjelasan berikut mengarahkan pada penyediaan informasi tentang beberapa mekanisme filtrasi dan menerangkan prosesnya secara lebih detail. Penyisihan padatan oleh *roughing filter* adalah suatu proses yang agak kompleks yang meliputi sedimentasi, biologi dan adsorpsi seperti halnya aktivitas biokimia. Yang pada dasarnya, digambarkan di dalam gambar 2.2, partikel padat ditransfer

ke permukaan dan sisa-sisa yang mendempet sebelumnya diubah oleh proses biologi dan kimia. Yang kemudian juga penting untuk meremoval padatan. Saringan kerikil kasar sebagian besar meningkatkan kualitas air secara fisik sebagaimana filter kerikil pasir memisahkan padatan dan mengurangi kekeruhan.



Gambar 2.3. Mekanisme Filtrasi

2.7 Mekanisme Penyaringan

Mekanisme penyaringan meliputi lima kegiatan antara lain :

a. Pengendapan

Pada proses ini terjadi pemisahan-pemisahan partikel yang lebih besar karena mengendap, yang membedakan jika dalam bak pengendap terbentuk di dasar bak sedangkan dalam penyaringan terjadi pada seluruh permukaan media saring

b. Penahanan secara mekanis

Pada proses ini terjadi pemisahan partikel-partikel dalam air dimana partikel-partikel tersebut terlalu besar untuk melewati celah-celah diantara butir-butir media saring.

c. Adsorpsi

Merupakan kegiatan yang terpenting pada proses penyaringan karena dalam proses ini dapat menghilangkan bahan-bahan yang melayang, bau, warna, serta dapat menghimpun bahan-bahan organik sampai sekecil-kecilnya. Hal ini terjadi karena adanya gaya tarik-menarik yang muatan listriknya berbeda.

d. Aktifitas kimia

Aktifitas kimia terjadi karena adanya oksidasi oleh oksigen bebas di udara sehingga terurai menjadi bahan yang berbahaya dan akibatnya akan mengendap.

e. Aktifitas biologi

Aktifitas biologi terjadi karena kegiatan dari kehidupan di air yang melekat pada media saring membentuk lapisan film karena adanya proses penahanan mekanis, endapan dan adsorpsi. (Huisman, 1974)

2.7.1 Faktor Yang Mempengaruhi Kualitas Hasil Penyaringan

Beberapa hal yang dapat mempengaruhi kualitas hasil penyaringan yaitu:

- a. Kualitas air baku yang lebih jelek memerlukan penyaringan yang lebih sempurna
- b. Ketebalan lapisan media saring pada ketebalan media saring tertentu air yang disaring hasilnya akan lebih bagus karena kesempatan bereaksi akan makin lama.
- c. Waktu kontak penyaringan, dengan semakin lama waktu kontak sampai batas tertentu maka hasilnya semakin baik

- d. Diameter media saring yang lebih kecil sampai batas tertentu memberikan hasil yang bagus
- e. Jenis media saring yang berbeda akan memberikan hasil yang berbeda karena tiap-tiap media saring memiliki kemampuan menyaring yang berbeda.
- f. Kecepatan penyaringan yang lebih lambat akan memberikan kesempatan lebih lama untuk beraksi dengan media saring
- g. Umur saringan, saringan yang baru dipakai akan memberikan hasil yang bagus dari pada saringan yang telah dipakai berkali-kali
- h. Suhu air
 - 1) Pengaruh suhu terhadap kekentalan air jika suhu air semakin tinggi, maka kekentalan air semakin rendah. Sehingga gaya gesek air akan lebih cepat melalui celah tersebut. Dengan demikian memperpendek waktu penyaringan.
 - 2) Pengaruh suhu terhadap efektifitas biologi
Suhu air dapat mempengaruhi kecepatan metabolisme bakteri dalam air. Bila suhu mencapai batas optimum untuk perkembangbiakan bakteri, maka bakteri akan bertambah dengan cepat.
 - 3) Pengaruh suhu terhadap reaksi kimia
Bila suhu tinggi maka reaksi kimia akan semakin cepat dan sebaliknya.
(Huisman, 1974)

2.8 Hipotesa

1. Bahwa penggunaan *Roughing Filter* aliran *upflow (In layers)* bermedia gravel dapat menurunkan kadar kekeruhan dan *Total Suspended Solid*.
2. Terjadinya perbedaan secara signifikan hasil proses filtrasi *roughing filter* aliran *upflow (In layers)* dengan variasi gravel dan kecepatan aliran

