

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Baku

2.1.1 Definisi Air Baku

Air baku merupakan salah satu bahan dasar dalam proses pengolahan air minum, air baku dapat diambil dari berbagai sumber yang sesuai dengan baku mutu. Kuantitas air baku harus tersedia dalam jumlah banyak agar dapat memenuhi kebutuhan air masyarakat. Air baku memiliki berbagai klasifikasi kelas sesuai dengan proses pengolahannya, oleh karena itu perlu diperhatikan tentang klasifikasi kelas air baku yang akan digunakan.

2.1.2 Sumber Air Baku

Air baku yang dapat dilakukan pengolahan untuk air minum adalah air tanah dan air permukaan, penjelasannya sebagai berikut :

1. Menurut (Notodarmojo, 2005; Syahrudin et al., 2020) air tanah merupakan air yang berada di dalam lapisan tanah atau bebatuan yang terletak di bawah permukaan tanah. Air tanah tersimpan pada suatu lapisan yang disebut akuifer, dimana lapisan tersebut merupakan pembawa air tanah dan tempat penyimpanan air tanah di bawah permukaan. Umumnya air tanah bersifat payau sehingga kurang memenuhi persyaratan air minum.
2. Air permukaan merupakan air yang ada di atas tanah atau mata air, sungai, danau, lahan basah, atau laut. Air permukaan secara alami terisi oleh presipitasi dan berkurang secara alami melalui rembesan dan penguapan. Biasanya air permukaan merupakan salah satu air baku yang memenuhi persyaratan untuk proses pengolahan air minum. (Kusumaningtyas & Sumarno, 2017)

2.1.3 Persyaratan Penyediaan Air Baku

Persyaratan dalam penyediaan air baku menurut (Agustina, 2007) dibagi menjadi 3, antara lain :

1. Persyaratan Kualitas

Persyaratan kualitas menggambarkan mutu dari air baku air bersih. Persyaratan tersebut adalah sebagai berikut (Agustina, 2007) :

a. Persyaratan fisik

Secara fisik, air bersih harus jernih, tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, dan memiliki suhu sama dengan suhu udara atau kurang lebih $\pm 25^{\circ}\text{C}$.

b. Persyaratan kimia

Air bersih tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia dalam jumlah yang melampaui batas. Beberapa persyaratan antara lain adalah pH, total solid, zat organik, CO_2 agresif, kesadahan, Kalsium (Ca), Besi (Fe), Mangan (Mn), Tembaga (Cu), Seng (Zn), Chlorida (Cl), nitrit, Glourida (F), dan logam berat.

c. Persyaratan biologis

Air bersih tidak boleh mengandung kuman patogen dan parasitik yang mengganggu kesehatan. Persyaratan biologis ditandai dengan tidak adanya bakteri *E. coli* dalam air.

d. Persyaratan radioaktif

Air bersih tidak boleh mengandung zat yang menghasilkan bahan-bahan radioaktif, misalnya sinar alfa, beta, dan gamma.

2. Persyaratan Kualitas (Debit)

Persyaratan kuantitas dalam penyediaan air bersih adalah ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia. Artinya, air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan kebutuhan daerah dan jumlah penduduk yang akan dilayani. Persyaratan kuantitas juga dapat ditinjau dari standar debit air bersih yang dialirkan ke konsumen sesuai dengan jumlah kebutuhan air bersih. (Agustina, 2007).

3. Persyaratan Kontinuitas

Kontinuitas juga dapat diartikan bahwa air bersih harus tersedia 24 jam perhari atau setiap saat diperlukan, kebutuhan air tersedia. Akan tetapi, kondisi ideal tersebut hampir tidak dapat dipenuhi pada setiap wilayah di Indonesia

sehingga untuk menentukan tingkat kontinuitas pemakaian air dapat dilakukan dengan cara pendekatan aktifitas konsumen terhadap prioritas pemakaian air. Dengan analisis jaringan pipa distribusi, dapat ditentukan dimensi atau ukuran pipa yang diperlukan sesuai dengan tekanan minimum yang diperbolehkan agar kuantitas aliran terpenuhi (Agustina, 2007).

2.1.4 Karakteristik Air Baku

Air Minum merupakan air yang telah melalui proses pengolahan ataupun tanpa melalui proses pengolahan yang telah memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum (Permenkes RI, 2010). Penyediaan air bersih, selain harus memperhatikan kuantitasnya maka kualitasnya juga harus memenuhi standar yang berlaku. Untuk mendapatkan gambaran yang nyata tentang karakteristik air baku, maka perlu memperhatikan sifat-sifat air yang disebut parameter kualitas air. Persyaratan kesehatan untuk air minum harus memenuhi persyaratan fisika, kimiawi, radioaktif, dan mikrobiologis yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan yang telah diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 Tentang Kualitas Air Minum.

Air baku yang digunakan untuk pengolahan umumnya menggunakan air permukaan (Sungai). Sungai dikelompokkan kedalam kelas-kelas sungai yang sesuai dengan peruntukannya. Kelas-kelas sungai tersebut telah diatur dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 61 Tahun 2010 Tentang Penetapan Kelas Air pada Air Sungai. Kelas sungai tersebut terdiri dari empat kelas, yaitu:

1. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana atau sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

3. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian dan kegiatan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Kelas empat, air yang peruntukannya untuk mengairi pertanian dan kegiatan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

2.1.5 Karakteristik yang Terkandung dalam Air Baku

Dalam menentukan kualitas dari sebuah air dapat dilihat dari kandungan-kandungan yang ada didalamnya. Adapun beberapa parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui kandungan sebuah air adalah sebagai berikut:

1. Parameter Fisik

Sifat-sifat fisik air relatif mudah untuk diukur dan beberapa diantaranya mungkin dapat dinilai dengan cepat oleh orang awam. Yang termasuk kedalam parameter fisik adalah sebagai berikut :

a. Kekeruhan

Kekeruhan merupakan standar yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur kondisi suatu air baku dalam satuan skala NTU (*nephelometrix turbidity unit*) atau FTU (*Formazin turbidity unit*), Kekeruhan ini diakibatkan oleh adanya benda yang tercampur atau benda koloid di dalam air. Hal ini membuat perbedaan nyata dari segi estetika maupun dari segi kualitas air baku itu sendiri. Kekeruhan juga dapat disebabkan karena adanya kandungan TSS (*Total Suspended Solid*) baik yang bersifat organik maupun anorganik (Permenkes RI, 2010). Zat organik dapat berasal dari lapukan tanaman dan hewan, sedangkan zat anorganik biasanya dapat menjadi makanan bakteri sehingga mendukung perkembangannya. Kekeruhan dalam air tidak boleh melebihi 5 NTU. Penurunan dalam kekeruhan ini diperlukan karena selain ditinjau dari segi estetika yang kurang baik juga sebagai proses untuk desinfeksi air keruh sangat susah. Hal ini disebabkan penyerapan beberapa koloid dapat melindungi organisme dari adanya desinfektan yang diberikan. (Ninla Elmawati Falabiba et al., 2014)

b. Zat Padat Terlarut atau *TDS (Total Dissolved Solid)*

Zat padat terlarut atau *TDS (Total Dissolved Solid)* merupakan terlarutnya zat padat, baik berupa ion, berupa senyawa, koloid di dalam air. Sebagai contoh adalah air permukaan apabila diamati setelah turun hujan akan mengakibatkan air sungai maupun kolam terlihat keruh yang disebabkan oleh larutan partikel tersuspensi didalam air. Sedangkan pada musim kemarau air kelihatan berwarna hijau karena adanya genangan di dalam air. Konsentrasi kelarutan zat padat ini dalam keadaan normal sangat rendah, sehingga tidak kelihatan mata telanjang (Majid, 2019). Residu dianggap sebagai kandungan total bahan terlarut dan tersuspensi dalam air. Selama penentuan residu ini, sebagian besar bikarbonat yang merupakan ion utama di perairan telah mengalami transformasi menjadi karbondioksida, sehingga karbondioksida dan gas-gas lain yang menghilang pada saat pemanasan tidak tercakup dalam nilai padatan total (Boyd, 1982).

c. Total Padatan Tersuspensi atau *TSS (Total Suspended Solid)*

Total Suspended Solid (TSS) atau total padatan tersuspensi merupakan padatan yang tersuspensi pada air limbah yang mengandung bahan organik dan anorganik yang dapat disaring dengan kertas *milipore* berukuran pori-pori 0,45 μm . Padatan yang tersuspensi memiliki dampak buruk pada kualitas air karena menghalangi penetrasi matahari terhadap badan air, dan menyebabkan kekeruhan air meningkat karena terganggunya pertumbuhan organisme.

d. 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 (Effendi, 2003).

e. Rasa

Air minum pada umumnya tidak memberikan rasa atau tawar. Air yang berasa dapat memberikan petunjuk bahwa didalamnya terkandung zat-zat yang dapat membahayakan kesehatan. Rasa logam/ amis, rasa pahit,

asin, dan sebagainya. Efek yang diakibatkan pun berbeda-beda tergantung pada penyebab timbulnya rasa tersebut (Effendi, 2003)

f. 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 reaksi biokomia di dalam saluran/ pipa. Mikroorganisme patogen tidak mudah berkembang biak, dan bila diminum dapat menghilangkan dahaga (Effendi, 2003).

g. Warna

Air minum sebaiknya tidak berwarna untuk alasan estetis 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 organic ini bila terkena khlor dapat membentuk senyawa- senyawa khloroform yang beracun. Warna pun dapat berasal dari buangan industry (Effendi, 2003).

2. Parameter Kimiawi

Karakteristik kimia cenderung lebih khusus sifatnya dibandingkan dengan karakteristik fisik dan oleh karena itu lebih cepat dan tepat untuk menilai sifat-sifat air dari satu sampel.

a. pH

pH merupakan derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan, yang dimaksudkan "keasaman" di sini adalah konsentrasi ion hidrogen (H^+) dalam pelarut air. Nilai pH berkisar dari 0 hingga 14. Suatu larutan dikatakan netral apabila memiliki nilai $pH = 7$. Nilai $pH > 7$ menunjukkan larutan memiliki sifat basa, sedangkan nilai pH sederhana yang digunakan adalah kertas lakmus yang berubah menjadi merah bila keasamannya tinggi dan biru bila keasamannya rendah. Selain menggunakan kertas lakmus, indikator asam basa dapat diukur dengan pH meter yang bekerja

berdasarkan prinsip elektrolit atau konduktivitas suatu larutan. Untuk pH yang sesuai standart baku mutu dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No 32 tahun 2017 berkisar antara 6,5 - 8,5. Sedangkan pada air baku yang digunakan pH air sumur adalah 11

b. Nitrat/Nitrogen

Air permukaan sering kali tercemar oleh limbah domestik atau limbah industri amoniak bisa mengandung nitrat tinggi akibat dari proses nitrifikasi. Terdapat beberapa bentuk senyawa nitrogen, yaitu nitrogen organik (dalam bentuk protein, asam amino, dan urea), nitrogen amoniak (garam amonium, dan amoniak), nitrogen nitrit, dan nitrogen nitrat. Air baku dengan kadar org-N dan ammonia-N yang tinggi namun sedikit sekali $\text{NO}_3\text{-N}$, menunjukkan adanya limbah yang baru saja dibuang di badan air (Adisuasono et al., 2014).

c. Timbal (Pb)

Air dengan kadar 0,3-0,5 mg/l Pb menyebabkan keracunan pada manusia. Batas maximum pada kadar Pb dalam air minum adalah 0,1 mg/l. umumnya Pb di dalam air terjadi karena bahan penambal sambungan pipa lama (Permenkes 492/MENKES/PER/2010).

d. Fluor (F)

Fluor (F) merupakan salah satu unsur yang melimpah di kerak Bumi. Unsur ini ditemukan dalam bentuk ion fluorida (F). Fluor yang berikatan dengan kation monovalen, misalnya NaF, AgF, dan KF bersifat mudah terlarut; sedangkan *fluor* yang berikatan dengan kation divalen bersifat tidak larut dalam air, contohnya CaF_2 , dan PbF_2 . Sumber fluorida di alam adalah *fluorspar* (CaF_2), *cryolite* (Na_3AlF_6), dan *fluorapatite*. Selain itu, fluorida juga dapat berasal dari pembakaran batu bara. Fluorida sendiri banyak dimanfaatkan dalam industri besi baja, gelas, pelapisan logam dan aluminium, dan pestisida (Eckenfelder, 1989).

e. Alkalinity / Acidity

Air pada umumnya memiliki sifat basa (alkalin) dengan pH sedikit diatas normal, hal ini disebabkan oleh kandungan Kalsium/ kalium/ atau

magnesium karbonat/bikarbonat. *Alkalinity* ini penting dalam proses koagulasi, bila *alkalinity* dalam air baku kurang maka perlu dilakukan penambahan kapur atau Na_2CO_3 , bila kelebihan maka akan mengganggu proses koagulasi. Oleh karena itu, perlu dipertimbangkan dengan baik jenis koagulan yang digunakan agar reaksi dapat berjalan dengan sempurna. *Alkalinity* terkait dengan keberadaan anion bikarbonat, karbonat dan hidroksida. Pada umumnya *alkalinity* alami terkait dengan anion bikarbonat, sebagai proses pelarutan kapur dalam air. Penyebab acidity adalah CO_2 , baik secara alami atau karena proses pelunakan. CO_2 dinyatakan dalam mg/l CaCO_3 yang diperlukan untuk netralisasi asam karbonat. CO_2 bereaksi dengan air membentuk asam karbonat (H_2CO)

f. Kesadahan

Kesadahan air adalah kandungan-kandungan mineral tertentu di dalam air, pada umumnya ion kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg) dalam bentuk garam karbonat merupakan penyebab utama dari kesadahan sementara. Air yang mengandung ion Ca dan Mg dapat dihilangkan dengan melakukan pemanasan air (Pujriani,2008). Kesadahan air tetap adalah air sadah yang mengandung anion selain anion bikarbonat berupa senyawa kalsium klorida (CaCl_2), kalsium nitrat $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, kalsium sulfat (CaSO_4), magnesium klorida (MgCl_2). Kesadahan air yang mengandung senyawa tersebut tidak bisa dihilangkan dengan pemanasan (Fillaeli, 2012).

g. Besi dan Mangan

Besi adalah salah satu dari lebih unsur-unsur penting dalam air permukaan dan air tanah. Perairan yang mengandung besi sangat tidak diinginkan untuk keperluan rumah tangga, karena dapat menyebabkan bekas karat pada pakaian, porselin, alat-alat lainnya serta menimbulkan rasa yang tidak enak dan menyebabkan warna air kekuningan/ kecoklatan pada air minum konsentrasi diatas kurang lebih 0,31 mg/l (Juniar & Sari, 2019). Mangan merupakan unsur berlimpah di kerak bumi (sekitar 0,1%) yang terjadi secara alamiah. Mangan merupakan logam keras dan sangat rapuh. Sulit untuk meleleh, tetapi mudah teroksidasi. Mangan bersifat reaktif

ketika murni, sebagai bubuk akan terbakar dalam oksigen, bereaksi dengan air dan larut dalam asam encer (Fisika et al., 2013).

h. Klorida

Unsur klor dalam air terdapat dalam bentuk ion klorida (Cl^-). Ion klorida adalah salah satu anion anorganik utama yang ditemukan di perairan alami. Klorida biasanya terdapat dalam bentuk senyawa natrium klorida (NaCl), kalium klorida (KCl) dan kalsium klorida (CaCl_2) (Hefni Effendi, 2003). Kelebihan garam-garam klorida ini dapat menyebabkan penurunan kualitas air yang disebabkan oleh tingginya salinitas. Air ini tidak layak untuk pengairan dan keperluan rumah tangga (Achmad, R. 2004).

i. *Dissolved Oxygen* (DO)

Dissolved Oxygen (DO) adalah jumlah oksigen terlarut dalam air yang berasal dari fotosintesis dan absorpsi atmosfer atau udara. DO di suatu perairan sangat berperan dalam proses penyerapan makanan oleh makhluk hidup dalam air. Untuk mengetahui kualitas air dalam suatu perairan, dapat dilakukan dengan mengamati beberapa parameter kimia seperti DO. Semakin banyak jumlah DO (*dissolved oxygen*), maka kualitas air semakin baik. Jika kadar oksigen terlarut yang terlalu rendah akan menimbulkan bau yang tidak sedap akibat degradasi anaerobik yang mungkin saja terjadi. Satuan DO dinyatakan dalam persentase saturasi (Salmin, 2003).

j. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Biological Oxygen Demand (BOD) merupakan gambaran kadar bahan organik, yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbondioksida dan air. Dengan kata lain, BOD menunjukkan jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh proses respirasi mikroba aerob yang terdapat dalam botol besar daripada kadar bahan organik. Sebaliknya, perairan rawa memiliki kadar bahan organik yang lebih besar daripada kadar bahan anorganik terlarut (Effendi, 2003).

k. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimiawi yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan agar bahan buangan yang ada didalam

air dapat teroksidasi melalui reaksi kimiawi atau banyaknya oksigen-oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik menjadi CO₂ dan H₂O.

3. Parameter Biologis

Parameter biologi merupakan parameter yang berhubungan dengan keberadaan populasi mikroorganisme akuatik di dalam air, yang berakibat pada kualitas air. Parameter ini hanya berupa indikator bagi berbagai mikroba yang dapat berupa parasite (protozoa, metazoa, dan tungau), bakteri patogen dan virus.

a. Bakteri E-Coli

Bakteri E-Coli merupakan golongan mikro organisme yang lazim digunakan sebagai indikator, dimana bakteri ini dapat menjadi sinyal untuk menentukan suatu sumber air telah terkontaminasi oleh patogen atau tidak. Berdasarkan penelitian, bakteri *Coliform* ini menghasilkan zat etionin yang dapat menyebabkan kanker. Selain itu, bakteri pembusuk ini juga memproduksi bermacam-macam racun seperti indol dan skatol yang dapat menimbulkan penyakit bila jumlahnya berlebih di dalam tubuh (Pracoyo, 2006). Bakteri *coliform* dalam air minum dikategorikan menjadi tiga golongan, yaitu coliform total, fecal coliform, dan E. coli. Masing-masing memiliki tingkat risiko yang berbeda. *Coliform total* kemungkinan bersumber dari lingkungan dan tidak mungkin berasal dari pencemaran tinja. Sementara itu, fecal coliform dan E. coli terindikasi kuat diakibatkan oleh pencemaran tinja, keduanya memiliki risiko lebih besar menjadi patogen di dalam air. Bakteri fecal coliform atau E. coli yang mencemari air memiliki risiko yang langsung dapat dirasakan oleh manusia yang mengonsumsinya. Kondisi seperti ini mengharuskan pemerintah bertindak melalui penyuluhan kesehatan, investigasi, dan memberikan solusi untuk mencegah penyebaran penyakit yang ditularkan melalui air (Pracoyo, 2006).

b. Virus

Virus merupakan mikroorganisme yang lebih kecil dari pada bakteri yang memerlukan media coli untuk hidup dan beraktifitas. Yang perlu

diwaspadai adalah virus penyebab penyakit poliomyelitis, infectious hepatitis, dan kemungkinan gastroenteritis.

c. Algae / ganggang

Tumbuhan bersel tunggal dengan berbagai bentuk dan ukuran ini hidup dalam air yang tenang/ tergenang dengan kadar nutrient yang memadai. Beberapa jenis algae membentuk filament yang menimbulkan kekeruhan/warna, sehingga menyebabkan filter cepat buntu. Akibat buruk yang ditimbulkannya adalah rasa dan bau dalam air minum. Ada beberapa jenis algae, yaitu *chlorophycene* atau ganggang hijau, *cyanophyceae/* ganggang biru dan diatomeae. Algae memerlukan cahaya matahari yang cukup untuk hidup. Sumber makanan utama algae adalah bahan organik senyawa nitrogen dan fosfor serta CO₂. Algae tidak menyebabkan penyakit pada manusia. Bau/ rasa yang ditimbulkannya berasal dari minyak hasil pembuangan limbah organik atau cell setelah kematiannya. Pengendalian populasi dengan pemberian CuSO₄

d. Protozoa

Protozoa merupakan binatang bersel tunggal, berinti sejati (eukarotik) dan tidak memiliki dinding sel. Bentuk sel dan ukuran tubuhnya protozoa sangat bervariasi. Habitat protozoa hidup di air atau di tempat yang basah yang pada umumnya hidup bebas dan terdapat di lautan, lingkungan air tawar, atau daratan. Klasifikasi protozoa dibagi menjadi 4 kelas, yaitu rhizopoda (*sarcodina*), flagellata (*mastigophora*), cilliata (*ciliophora*), dan sporozoa. Protozoa yang perlu diwaspadai adalah dari jenis endamoeba dapat mengganggu kesehatan manusia yang menyebabkan penyakit disentri dan diare. Disinfeksi adalah memusnahkan mikro-organisme yang dapat menimbulkan penyakit. Disinfeksi merupakan benteng manusia terhadap paparan mikroorganisme patogen penyebab penyakit, termasuk di dalamnya virus, bakteri dan protozoa parasit (Bitton, 1994).

e. Fungi/ jamur

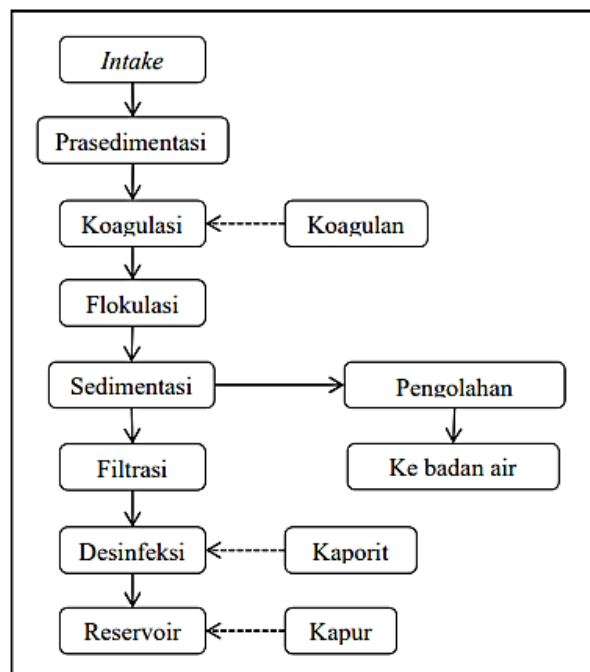
Jamur merupakan tumbuhan yang tidak mempunyai klorofil sehingga dapat hidup tanpa memerlukan cahaya. Jamur dapat bertahan hidup dengan

lingkungan yang memiliki kelembapan berlebihan, kurangnya ventilasi, atau suhu yang rendah sehingga jamur dapat hidup dalam pipa distribusi air minum dengan debit aliran air yang rendah dengan jangka waktu yang lama. Jamur yang mati pada dalam pipa dapat menimbulkan bau tidak sedap. Proses pemberian desinfeksi dapat memusnahkan adanya jamur.

2.2 Bangunan Pengolahan Air Minum

2.2.1 Proses Pengolahan Air Minum

Menurut (Saputri, 2011) proses pengolahan air secara umum yang sumber airnya berasal dari air permukaan dapat digambar sebagai berikut.



Gambar 2. 1 Skema Pengolahan Air Minum Secara Umum

(Sumber: Saputri, 2011)

Secara umum, pengolahan air minum secara lengkap dapat dibagi menjadi tiga tahap pengolahan, yaitu

1. Tahap pendahuluan/pertama (*pretreatment/primary*)
2. Tahap kedua (*secondary treatment*), dan
3. Tahap lanjutan (*advanced treatment*).

Pembagian tahapan pengolahan ini didasarkan pada konsep pengolahan berdasar pada dimensi polutan. Pengolahan tahap pendahuluan ditujukan untuk menghilangkan polutan berdimensi besar seperti sampah (plastic, kertas, kayu, bangkai, dll), lumpur, kasar (grit), dan partikel diskret. Jenis pengolahan pada tahap pendahuluan ini didominasi oleh proses fisik, seperti penyaringan kasar (screening), pencacahan (comminution), penyisihan grit, prasedimentasi, dan sebagainya (Ali Masduqi, 2012).

Pengolahan tahap kedua ditujukan untuk menghilangkan polutan berdimensi lebih kecil yang lebih sulit dihilangkan dengan cara fisik, misal partikel yang membentuk koloid ini dapat diendapkan setelah mengalami proses penggabungan partikel. Proses fisik-kimia untuk menghilangkan partikel jenis ini adalah koagulasi – flokulasi – sedimentasi – filtrasi (Ali Masduqi, 2012).

Pengolahan tahap lanjutan ditujukan untuk menghilangkan polutan berdimensi molekuler dan ionic. Polutan seperti bahan organik, mineral/logam, nutrient, gas terlarut, dan sebagainya. Jenis pengolahan yang diperlukan relative lebih kompleks dan melibatkan proses fisik, kimia, dan biologi (Ali Masduqi, 2012). Pengolahan lengkap dilakukan bila air baku tidak memenuhi persyaratan fisika, kimia, dan biologis. Untuk air minum, air baku berasal dari air permukaan (misalnya air sungai). Untuk urutan proses pengolahan dapat diterapkan antara lain

1. Penyaringan dan Pengendapan

Penyaringan pada air baku menggunakan screen yang berfungsi untuk memisahkan air dari sampah-sampah dalam ukuran besar, seperti daun, rumput, pasir dan lain - lain. Screen atau saringan dapat dikelompokkan menjadi 2, yaitu saringan kasar (*coarse screen*) dan saringan halus (*fine screen*). Saringan kasar diletakkan pada awal proses. Tipe yang umumnya digunakan antara lain bar rack atau bar screen, *coarse woven-wire screen* dan *communitor*. Saringan halus memiliki bukaan 2,3 – 6 mm, halus pembersihannya dilakukan secara mekanis. Beberapa tipe screen yang sangat halus juga telah dikembangkan untuk dipakai pada pengolahan sekunder (Said, 2017).

Penggolongan bar screen yaitu saringan kasar, saringan halus dan saringan sedang yang tergantung berdasarkan jarak antar batang (bar). Saringan halus memiliki rentang jarak antar batang 1,5-13 mm, saringan sedang memiliki rentang jarak antar batang 13-25 mm, dan saringan kasar jarak antar batang 32-100 mm. Saringan halus terdiri atas *fixed screen* dan *movable screen*. *Fixed* atau *static screen* dipasang permanen dengan posisi vertikal, miring atau horizontal. *Movable screen* harus dibersihkan secara berkala. Beberapa kriteria yang harus diperhatikan dalam merencanakan bar screen antara lain adalah : (Said, 2017)

- a. Kecepatan atau kapasitas rencana
- b. Jarak antar bar
- c. Ukuran bar (batang)
- d. Sudut inklinasi
- e. Headloss yang diperbolehkan

Benda - benda yang tersaring oleh screen akan dibersihkan secara rutin. Oleh sebab itu, screen dibagi menjadi dua berdasarkan metode pembersihannya, yaitu manual screen dan mekanik screen yang dapat dilihat pada gambar berikut.

Typical design information for manually and mechanically cleaned bar racks

Parameter	U.S. customary units			SI units		
	Unit	Cleaning method		Unit	Cleaning method	
		Manual	Mechanical		Manual	Mechanical
Bar size						
Width	in.	0.2-0.6	0.2-0.6	mm	5-15	5-15
Depth	in.	1.0-1.5	1.0-1.5	mm	25-38	25-38
Clear spacing between bars	in.	1.0-2.0	0.6-3.0	mm	25-50	15-75
Slope from vertical	deg	30-45	0-30	deg	30-45	0-30
Approach velocity						
Maximum	ft/s	1.0-2.0	2.0-3.25	m/s	0.3-0.6	0.6-1.0
Minimum	ft/s		1.0-1.6	m/s		0.3-0.5
Allowable headloss	in.	6	6-24	mm	150	150-600

Gambar 2. 2 Tabel Manual Screen dan Mekanik Screen

(Sumber: Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004)

Untuk saringan halus, dibagi menjadi 3 jenis yaitu *static (fixed)*, *rotary drum*, dan *step type*. Metode *fine screen* ini dapat meremoval BOD dan TSS, dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut (Metcalf and Eddy, "Waste Water Engineering Treatment Disposal Reuse" 4th edition. hal 316). Pengendapan dimaksudkan untuk memisahkan solid-liquid menggunakan pengendapan secara gravitasi. Ditinjau dari jenis partikel yang diendapkan, pengendapan dibedakan menjadi dua macam, yaitu prasedimentasi dan sedimentasi.

2. Koagulasi dan Flokulasi

Air baku dari air permukaan mengandung bahan-bahan yang tersusun oleh partikel koloid yang merupakan partikel yang tidak dapat mengendap secara alami karena adanya stabilitas suspensi koloid. Stabilitas koloid terjadi karena gaya tarik van der Waals dan gaya tolak/repulsive elektrostatis serta gerak Brown. Kestabilan koloid dapat dikurangi dengan proses koagulasi (proses destabilisasi) melalui penambahan bahan kimia dengan muatan berlawanan. Terjadinya muatan pada partikel menyebabkan antar partikel yang berlawanan cenderung bergabung membentuk inti flok.

Proses koagulasi selalu diikuti oleh proses flokulasi, yaitu penggabungan inti flok atau flok kecil menjadi flok yang berukuran besar. Proses koagulasi-flokulasi terjadi pada unit pengaduk cepat dan pengaduk lambat. Pada bak pengaduk cepat, ditambahkan bahan kimia (disebut koagulan). Pengadukan cepat dimaksudkan agar koagulan yang ditambahkan dapat tercampur secara merata/homogen. Pada bak pengaduk lambat, terjadi pembentukan flok yang berukuran besar hingga mudah diendapkan pada bak sedimentasi.

3. Sedimentasi

Sedimentasi bertujuan untuk memisahkan solid dari liquid menggunakan pengendapan secara gravitasi untuk menyisahkan suspended solid. Sedimentasi dimaksudkan untuk menyisahkan padatan tersuspensi dalam air dengan cara mengendapkannya secara gravitasi. Jenis partikel yang diendapkan adalah partikel flokulen, yaitu partikel yang dihasilkan dari koagulasi-flokulasi.

4. Penyaringan/Filtrasi

Filtrasi merupakan proses alami yang terjadi di dalam tanah, yaitu air tanah melewati media berbutir dalam tanah dan terjadi proses penyaringan. Dengan meniru proses alam ini, dikembangkan rekayasa dalam bentuk unit filter. Tujuan filtrasi adalah untuk menghilangkan partikel yang tersuspensi dan koloid dengan cara menyaringnya menggunakan media filter. Selain itu filtrasi juga dapat menghilangkan bakteri secara efektif dan juga membantu penyisihan warna, rasa, bau, besi dan mangan (Ali Masduqi, 2012). Karena pada proses pengendapan tidak semua gumpalan kotor dapat diendapkan. Butiran gumpalan kotoran dengan ukuran yang besar dan berat akan mengendap, sedangkan yang berukuran kecil dan ringan masih melayang - layang ke dalam air. Untuk mendapatkan air yang jernih, perlu dilakukan proses penyaringan dengan mengalirkan air yang telah diendapkan kotorannya ke bak penyaring yang terdiri dari saringan pasir silika.

5. Reservoir

Reservoir berfungsi sebagai tempat penampungan air bersih yang telah disaring melalui filter, air ini sudah menjadi air yang bersih yang siap digunakan dan harus dimasak terlebih dahulu untuk kemudian dapat dijadikan air minum. Pengolahan tidak lengkap dilakukan bila kualitas air baku sebagian telah memenuhi persyaratan dan sebagian kecil belum memenuhi persyaratan. Proses pengolahan air minum yang umum dilakukan untuk air tanah (misalnya air tanah dalam) adalah proses yang tidak selengkap pengolahan air permukaan. Adapun bangunan pengolahan yang diperlukan sangat tergantung dari proses yang diperlukan. Biasanya air baku yang akan diolah mempunyai karakteristik yang spesifik, misalnya konsentrasi Fe dan Mn yang tinggi memerlukan aerasi sehingga diperlukan bangunan aerasi.

2.2.2 Unit Instalasi Pengolahan Air Minum

A. Bangunan Penyadap (*Intake*)

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, intake adalah bangunan penangkap air atau tempat air masuk sungai, danau, situ, atau

sumber air lainnya. Kapasitas bangunan intake yang digunakan harus disesuaikan dengan kebutuhan air harian maksimum. Fungsinya adalah untuk mengambil air baku dari air permukaan dan dialirkan ke unit-unit pengolahan. Bangunan ini dilengkapi dengan Screen, agar dapat melindungi perpipaan dan pompa dari kerusakan atau penyumbatan – penyumbatan yang diakibatkan oleh adanya material melayang atau mengapung.

Adapun Jenis - Jenis Intake yaitu sebagai berikut.

- a. *River intake*
- b. *Direct intake*
- c. *Canal intake*
- d. *Dam intake (reservoir intake)*
- e. *Spring intake*

Dalam tugas ini intake yang digunakan adalah River Intake, karena air yang digunakan adalah air baku permukaan yang berasal dari sungai. Persyaratan lokasi penempatan bangunan pengambilan (intake):

1. Penempatan bangunan penyadap (*intake*) harus aman terhadap polusi yang disebabkan pengaruh luar (pencemaran oleh manusia dan makhluk hidup lain);
2. Penempatan bangunan pengambilan pada lokasi yang memudahkan dalam pelaksanaan dan aman terhadap daya dukung alam (terhadap longsor dan lain-lain);
3. Konstruksi bangunan pengambilan harus aman terhadap banjir air sungai, terhadap gaya guling, gaya geser, rembesan, gempa dan gaya angkat air (up-lift);
4. Penempatan bangunan pengambilan diusahakan dapat menggunakan sistem gravitasi dalam pengoperasiannya;
5. Dimensi bangunan pengambilan harus mempertimbangkan kebutuhan maksimum harian;

6. Dimensi inlet dan outlet dan letaknya harus memperhitungkan fluktuasi ketinggian muka air;
7. Pemilihan lokasi bangunan pengambilan harus memperhatikan karakteristik sumber air baku;
8. Konstruksi bangunan pengambilan direncanakan dengan umur pakai (lifetime) minimal 25 tahun;
9. Bahan/material konstruksi yang digunakan diusahakan menggunakan material lokal atau disesuaikan dengan kondisi daerah sekitar (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007).

Menurut (Kawamura, 1991) pemilihan lokasi intake harus berdasarkan pada beberapa syarat berikut, antara lain :

- Mendapatkan air dengan kualitas terbaik setelah melewati prosedur-prosedur tertentu guna menghindari pencemaran sumber air;
- Perkiraan kemungkinan perubahan yang terjadi;
- Minimisasi efek-efek yang diakibatkan oleh banjir dan sampah;
- Memungkinkan terjadinya pertumbuhan fasilitas dimasa mendatang;
- Minimisasi efek keberadaan sistem intake terhadap kehidupan akuatik yang ada;
- Mendapatkan kondisi geologi yang baik;
- Peletakan intake tidak boleh mengganggu atau menimbulkan konflik program-program peningkatan sungai dikemudian hari.

Pada perencanaan intake perlu diperhatikan karakteristik air seperti fluktuasi muka air maksimum dan minimum, materi tersuspensi dan banyaknya kotoran yang mengapung. Kecepatan aliran perlu diperhatikan agar tidak terjadi pengendapan pasir. Kecepatan aliran yang dianjurkan untuk saluran intake adalah 0,6-1,5 m/dtk dengan waktu tinggal dalam intake 20 menit (Al-Layla et al., 1977). Untuk cara kerja dalam River Intake dapat dijelaskan sebagai berikut:

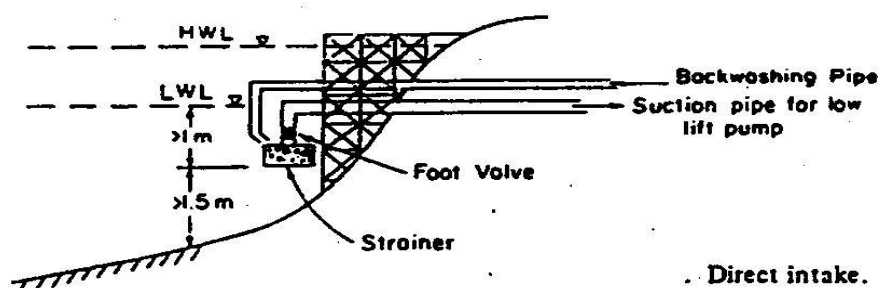
- Screen untuk menyisihkan benda – benda besar misalnya ranting, daun dan sebagainya

- Sumur pengumpul untuk menampung air dari badan air melalui pipa inlet sesuai dengan debit yang dibutuhkan.
- Strainer untuk Menyaring benda – benda kecil misalnya (kerikil, biji–biji).
- Suction Pipe untuk mengambil air dari sumur pengumpul setelah memulai strainer kemudian diolah.

Menurut Kawamura (2000), bangunan intake memiliki tipe yang bermacam-macam, antara lain:

1. Bangunan Penyadap Langsung (*Direct Intake*)

Bangunan untuk sumber air yang dalam seperti sungai atau danau dengan kedalaman yang cukup tinggi. Intake jenis ini memungkinkan terjadinya erosi pada dinding dan pengendapan dibagian dasarnya



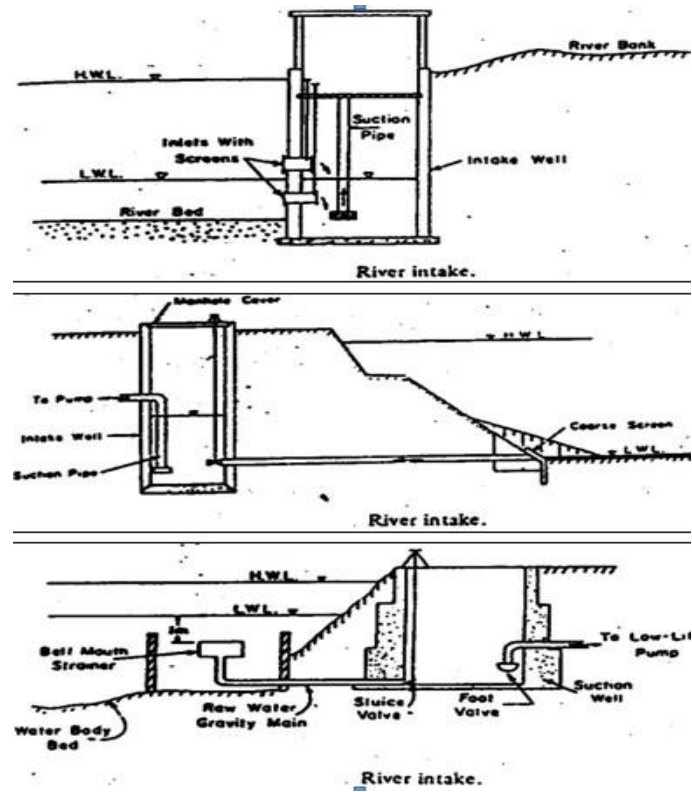
Gambar 2.3 Direct Intake

(Sumber : Kawamura, 2000)

2. Bangunan Penyadap Tidak Langsung (*Indirect Intake*)

a. *River Intake*

Menggunakan pipa penyadap dalam bentuk sumur pengumpul. Intake ini lebih ekonomis untuk air sungai yang mempunyai perbedaan level muka air pada musim hujan dan musim kemarau yang cukup tinggi.

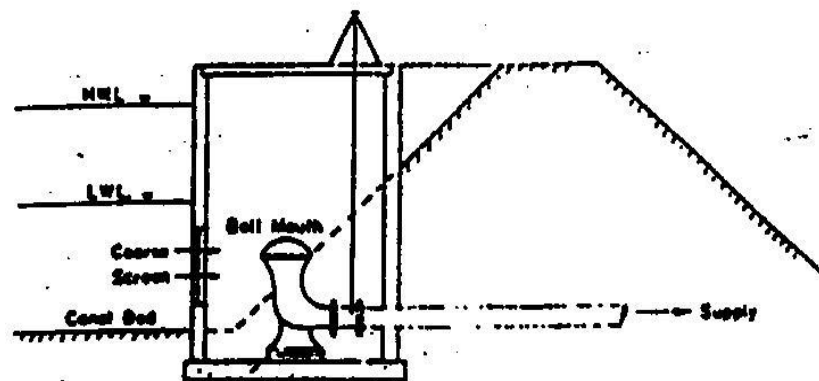


Gambar 2. 3 River Intake

(Sumber : Kawamura, 2000)

b. *Canal Intake*

Digunakan untuk air yang berasal dari kanal. Dinding chamber sebagian terbuka ke arah kanal dan dilengkapi dengan pipa pengolahan selanjutnya.

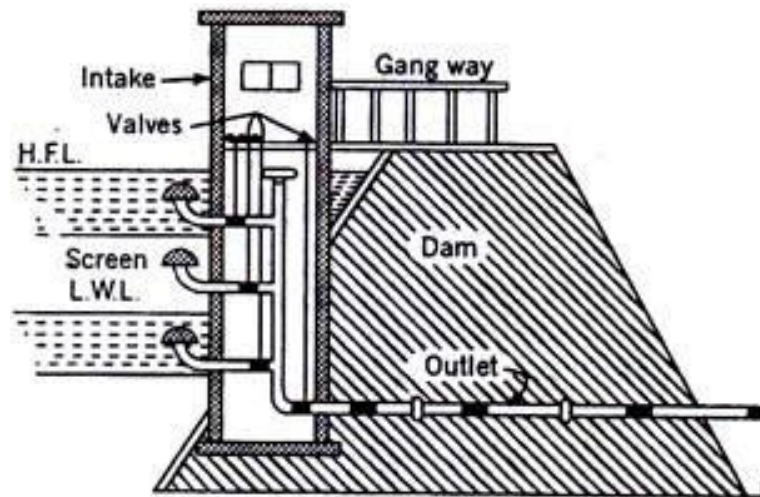


Gambar 2. 4 Canal Intake

(Sumber :Kawamura, 2000)

c. *Reservoir Intake*

Digunakan untuk air yang berasal dari dam (bendungan) dan dengan mudah menggunakan menara intake. Menara intake dengan dam dibuat terpisah dan diletakkan di bagian hulu. Untuk mengatasi fluktuasi level muka air, maka inlet dengan beberapa level diletakkan pada menara.



Gambar 2. 5 Reservoir Intake

d. *Spring Intake*

Digunakan untuk air baku dari mata air/air tanah.

e. *Intake Tower*

Digunakan untuk air permukaan dimana kedalaman air berada diatas level tertentu.

f. *Gate Intake*

Berfungsi sebagai screen dan merupakan pintu air pada prasedimentasi.

Dalam perencanaan ini kami menggunakan jenis *River Intake*. Alasannya karena River Intake lebih ekonomis, selain itu cocok digunakan untuk sungai yang memiliki perbedaan level muka air tinggi saat musim hujan dan musim kemarau.

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Mencari debit tiap Intake

$$Q = \frac{Q \text{ kapasitas produksi}}{\Sigma \text{ pipa}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan :

Q = debit (m³/s)
 Σpipa = Jumlah Pipa Intake

2. Mencari Luas Penampang Pipa Inlet

$$A = \frac{Q \text{ pipa intake}}{v} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan :

A = Luas penampang (m²)
 Q = debit (m³/s)
 v = Kecepatan (m/s)

3. Mencari Diameter Pipa Inlet

$$D = \left[\frac{4 \times A}{\pi} \right]^{0,5} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan :

D = Diameter Pipa (m)
 A = Luas Penampang (m²)

4. Rumus umum kecepatan (v)

$$v = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan :

v = kecepatan (m/s)
 Q = debit (m³/s)
 A = luas penampang (m²)

5. *Head Losses Mayor* sepanjang Pipa

$$H_f = \left[\frac{10,67 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \right] \times L \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan :

H_f = *Headlosses* Mayor (m)
 Q = debit (m³/s)
 L = Panjang Pipa (m)
 C = Koefisien Kekasaran Pipa

D = Diameter Pipa (m)

6. *Head Losses Minor* (H_m)

$$H_m = \frac{k \times v^2}{2g} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan :

H_m = Minor losses (m)

k = Koefisien kehilangan energi

v = Kecepatan (m/s)

g = Pecepatan gravitasi (m^2/s)

7. Mencari Slope Pipa

$$S_{HWL} = \frac{H_f}{L} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan :

S = Slope Pipa (m/m)

L = Panjang Pipa (m)

H_f = Head Losses (m)

8. Jumlah kisi pada *Bar Screen*

$$D = n \times d \times (n+1) \times r \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan :

n = Jumlah Kisi

d = Lebar Batang Kisi (m)

r = Jarak Antar Kisi (m)

D = Lebar Screen (m)

9. Mencari *Velocity Head* (h_v)

$$h_v = \frac{vc^2}{2g} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan :

h_v = *Velocity head* (m)

v = kecepatan (m/s)

g = pecepatan gravitasi (m^2/s)

10. Headloss melalui screen ($H_{f_{screen}}$)

$$H_{f_{screen}} = \beta \times \left(\frac{W}{b}\right)^{4/3} \times H_v \times \sin\alpha \dots\dots\dots (2.10)$$

Dengan :

β = Koefisien minor losses (m)

w = lebar bar (cm)

b = jarak antar bar (cm)

B. Prasedimentasi

Prasedimentasi biasa digunakan untuk menghilangkan partikel padat seperti kerikil dan pasir yang berasal dari air sungai sebelum dipompa ke unit pengolahan. Prasedimentasi merupakan salah satu unit pada bangunan pengolahan air minum yang umumnya digunakan sebagai pengolahan pendahuluan. Bentuk unit prasedimentasi yang umum digunakan adalah rectangular dan circular serta terdiri dari empat zona, yaitu zona inlet, zona pengendapan, outlet, dan zona lumpur. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengendapan adalah overflow rate, $v_{horizontal}$ (v_h), bilangan Reynold partikel, serta karakteristik aliran (Reynolds & Richards, 1996). Bak pengendap pertama terdiri dari empat ruangan fungsional yaitu:

1. *Zona Inlet*

Tempat memperhalus aliran transisi dari aliran influen ke aliran steady uniform di zona settling (aliran laminar).

2. *Zona Pengendapan*

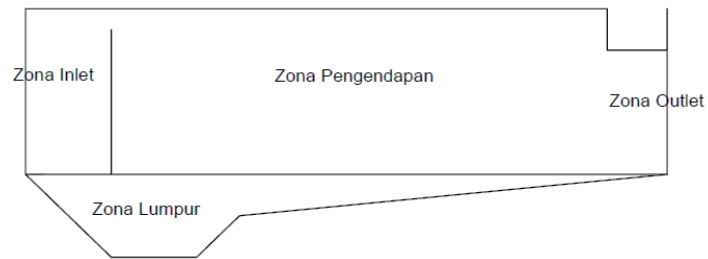
Tempat berlangsungnya proses pengendapan/pemisahan partikel partikel diskrit di dalam air buangan.

3. *Zona Lumpur*

Tempat menampung material yang diendapkan bersama lumpur endapan.

4. *Zona Outlet*

Tempat memperhalus aliran transisi dari zona settling ke aliran efluen serta mengatur debit efluen (Qasim et al., 2000).



Gambar 2. 6 Tampak Samping Unit Prasedimentasi

Menurut Metcalf & Eddy (2003) terdapat beberapa kriteria yang perlu diperhatikan untuk mendesain unit prasedimentasi, antarlain: *detention time*, *overflow rate*, *average flow*, *peak hourly flow*, dan *weir loading*. Kriteria desain unit prasedimentasi dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Desain Tipikal Prasedimentasi

<i>Item</i>	<i>U.S. customary units</i>			<i>SI units</i>		
	<i>Unit</i>	<i>Range</i>	<i>Typical</i>	<i>Unit</i>	<i>Range</i>	<i>Typical</i>
<i>Primary sedimentation tanks followed by secondary treatment</i>						
<i>Detention time</i>	h	1,5-2,5	2	h	1,5-2,5	2
<i>Overflow rate</i>						
<i>Average flow</i>	gal/ft ² . d	800-1200	1000	m ³ /m ² . d	30-50	40
<i>Peak hourly flow</i>	gal/ft ² . d	2000-3000	2500	m ³ /m ² . d	80-120	100
<i>Weir loading</i>	gal/ft.d	10.000- 40.000	20.000	m ³ /m ² . d	125-500	250

<i>Item</i>	<i>U.S. customary units</i>			<i>SI units</i>		
	<i>Unit</i>	<i>Range</i>	<i>Typical</i>	<i>Unit</i>	<i>Range</i>	<i>Typical</i>
<i>Primary settling with waste activated-sludge return</i>						
<i>Detention time</i>	h	1,5-2,5	2	h	1,5-2,5	2
<i>Overflow rate</i>						
<i>Average flow</i>	gal/ft ² . d	600-800	700	m ³ /m ² . d	24-32	28
<i>Peak hourly flow</i>	gal/ft ² . d	1200- 1700	1500	m ³ /m ² . d	48-70	60
<i>Weir loading</i>	gal/ft.d	10.000- 40.000	20.000	m ³ /m ² . d	125-500	250

(Sumber : Metcalf & Eddy (2003;398))

Desain outlet biasanya terdiri dari pelimpah yang dirancang sedemikian rupa untuk mengurangi terjadinya aliran pendek. Weir loading rate adalah beban pelimpah (dalam hal ini debit air) yang harus ditanggung per satuan waktu dan panjangnya. Berikut ini adalah beberapa kriteria desain untuk weir loading rate dari berbagai sumber.

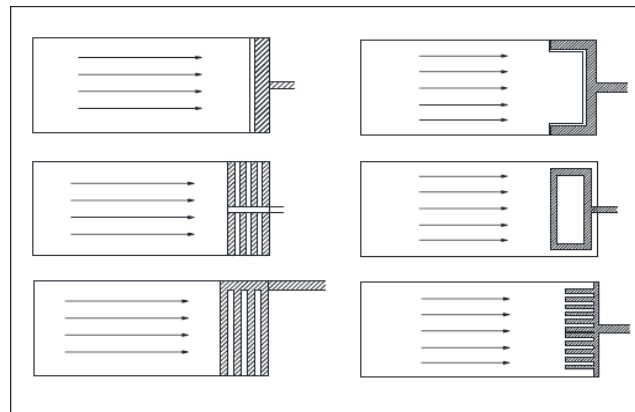
Tabel 2. 2 Beragam Weir Loading Rate dari Berbagai Sumber

<i>Weir Loading Rate</i> (m³/hari.m)	Sumber	Keterangan
186	(Katz & D., 1962)	
249,6	(Katz & D., 1962)	Pada daerah yang terpengaruh <i>density current</i>
264	(Kawamura, 2000)	

125 – 250	(Droste, 1997)	
172,8 – 259,2	(Huisman, 1977)	

Berdasarkan sejumlah kriteria desain pada beragam sumber mengenai weir loading rate di atas, dapat dilihat bahwa jika pada bak terjadi density current, weir loading rate diharapkan tidak terlalu besar karena dapat menyebabkan terjadinya penggerusan pada partikel yang mengendap di sekitar outlet, sehingga diharapkan weir loading rate dapat sekecil mungkin.

Pada dasarnya satu pelimpah sudah cukup, namun jika hanya ada satu pelimpah, maka weir loading rate akan menjadi besar. Hal tersebut dapat mengganggu proses pengendapan, sebab terjadi aliran ke atas menuju pelimpah dengan kecepatan cukup besar yang menyebabkan partikel yang bergerak ke bawah untuk mengendap terganggu. Terdapat beberapa alternatif untuk mendesain pelimpah agar luas yang dibutuhkan untuk zona outlet tidak terlalu besar dan beban pelimpah juga tidak terlalu besar, antara lain dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2. 7 Beragam Susunan Pelimpah pada Outlet

(Sumber : Qasim et al., 2000)

Rumus yang dipakai dalam perhitungan bak presedimentasi yaitu :

a. *Settling Zone*

1. Kecepatan Pengendapan

$$v_s = \frac{g}{18} \times \frac{(s_s - 1)d^2}{\nu} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dengan :

g = percepatan gravitasi (m/d^2)

S_s = berat jenis partikel

d = diameter partikel (m)

ν = viskositas kinematis (m^2/dt)

2. Kecepatan Aliran (V_h)

$$V_h = \frac{l}{td} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana :

l = panjang (m)

td = waktu detensi (td)

3. Reynold number (N_{re})

$$N_{re} = \frac{v_h \times R}{\mu} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dengan :

v_h = kecepatan aliran (m/s)

R = jari-jari hidrolis (m)

μ = absolute viskositas (m/s)

4. Froude number (N_{fr})

$$N_{fr} = \frac{v_h^2}{g \times R} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dengan :

v_h = kecepatan aliran (m/s)

R = jari-jari hidrolis (m)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

5. Kecepatan scoring (V_{sc})

$$V_{sc} = \sqrt{\frac{v_h^2}{g \times R}} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dengan :

V_{sc} = kecepatan scoring (m/s)

$$\rho \text{ sludge} = 2650 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_w \text{ air} = 997 \text{ kg/m}^3 \text{ (Reynold, 1996)}$$

$$\text{Kontrol pengerusan (scouring) } \beta = 0,02-0,12 ; \alpha = 0,03$$

b. Inlet zone

1. Luas Permukaan Pintu Air

$$A = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dengan :

$$Q = \text{debit (m}^3/\text{s)}$$

$$V = \text{kecepatan aliran (m/s)}$$

2. *Headloss* di Saluran Pengumpul

$$v = \frac{1}{n} \left(\frac{w \times h}{w+2h} \right)^{2/3} \left(\frac{H_f}{L} \right)^{2/3} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dengan :

$$w = \text{lebar saluran pengumpul}$$

$$l = \text{panjang saluran pengumpul}$$

$$n = \text{koef manning}$$

3. *Headloss* Pintu Air (H_f)

$$H_f = \frac{Q}{2,746 \times H^{2/3} \times Lp} \dots\dots\dots (2.18)$$

Dengan :

$$Q = \text{debit (m}^3/\text{s)}$$

$$h = \text{tinggi saluran pengumpul}$$

$$Lp = \text{lebar saluran pengumpul}$$

c. Outlet zone

Apabila menggunakan saluran pelimpah :

1. Tinggi peluapan melalui V notch (H)

$$Q = \frac{8}{15} (Cd) \sqrt{2g} \tan \frac{\theta}{2} H^{5/2} \dots\dots\dots (2.19)$$

Dengan :

$$Q = \text{kapasitas tiap bak (m}^3/\text{s)}$$

$$Cd = \text{koefisien drag}$$

$$b = \text{panjang weir keseluruhan (m)}$$

- g = percepatan gravitasi (m/s^2)
 h = tinggi air diatas saluran pelimpah (m)

2. Saluran Pengumpul

$$Q = 1,84 \times B \times h^{3/2} \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana :

- Q = kapasitas tiap bak (m^3/s)
 B = lebar pelimpah/gutter (m)
 H = kedalaman gutter (m)

d. *Sludge zone*

Ruang lumpur berbentuk limas terpancung

$$V = 1/3 \times t \times (A1 + A2 + (A1 \times A)^{1/2}) \dots\dots\dots (2.21)$$

Dengan :

- V = volume ruang lumpur (m^3)
 t = tinggi ruang lumpur (m)
 A1 = luas atas (m^2)
 A2 = luas bawah (m^2)

C. Aerasi

Aerasi adalah suatu proses penambahan udara/oksigen dalam air dengan membawa air dan udara ke dalam kontak yang dekat, dengan cara menyemprotkan air ke udara (air ke dalam udara) atau dengan memberikan gelembung-gelembung halus udara dan membiarkannya naik melalui air (udara ke dalam air).

Sumber lain menjelaskan bahwa aerasi adalah suatu proses atau usaha dalam menambahkan konsentrasi oksigen yang terkandung dalam air limbah, agar proses oksidasi biologi oleh mikroba akan dapat berjalan dengan baik. Dalam melakukan proses Aerasi ini perlu menggunakan alat yang dinamakan aerator. Prinsip kerja alat ini adalah untuk menambahkan oksigen terlarut di dalam air tersebut. Kemudian yang menjadi tugas utama dari aerator ini adalah

memperbesar permukaan kontak antara air dan udara. Adapun tujuan dari aerasi adalah

1. Penambahan jumlah oksigen
2. Penurunan jumlah karbon dioxide (CO_2) dan
3. Menghilangkan hydrogen sulfide (H_2S), Methan (CH_4) dan berbagai senyawa organik yang bersifat volatile (menguap) yang berkaitan dengan rasa dan bau

Hasil pengolahan air dengan metoda aerasi bermanfaat untuk menghasilkan air minum yang baik. Penurunan jumlah karbon dalam air sehingga bisa berbentuk dengan calcium karbonat (CaCO_3) yang dapat menimbulkan masalah. Aerasi secara luas telah digunakan untuk pengolahan air yang mempunyai kandungan jumlah besi dan mangan terlalu tinggi zat tersebut memberikan rasa pahit pada air, menghitamkan pemasakan beras dan memberikan noda hitam kecoklat-coklatan pada pakaian yang dicuci.

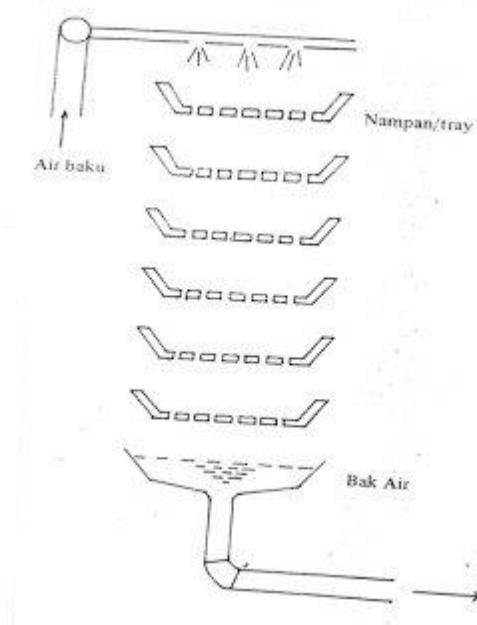
Oksigen yang berada di udara, melalui proses aerasi ini akan selanjutnya akan bereaksi dengan senyawa ferus dan manganous terlarut merubah menjadi ferric (Fe) dan maganic oxide hydrates yang tidak bisa larut. Setelah itu dilanjutkan dengan pengendapan (sendimentasi) atau penyaringan (filtrasi). Perlu dicatat bahwa oksidasi terhadap senyawa besi dan mangan di dalam air yang kecil (waterfall) aerators/aerator air terjun). Atau dengan mencampur air dengan gelembung-gelembung udara (bubble aerator). Dengan kedua cara tersebut jumlah oksigen pada air bisa dinaikan 60 – 80% (dari jumlah oksigen yang tertinggi, yaitu air yang mengandung oksigen sampai jenuh) pada aerator air terjun (waterfall aerator) cukup besar bisa menghilangkan gas-gas yang terdapat dalam air.

Penurunan carbon dioxide (CO_2) oleh waterfall aerators cukup berarti, tetapi tidak memadai apabila dari yang sangat corrosive. Pengelolaan selanjutnya seperti pembubuhan kapur atau dengan sarigan marmar atau dolomite yang dibakar masih dibutuhkan.

Jenis-Jenis Metode Aerasi

a. *Waterfall aerator* (aerator air terjun)

Pengolahan air aerasi dengan metode *Waterfall/Multiple aerator* seperti pada gambar, susunannya sangat sederhana, ekonomis, dan tidak memerlukan banyak ruang.



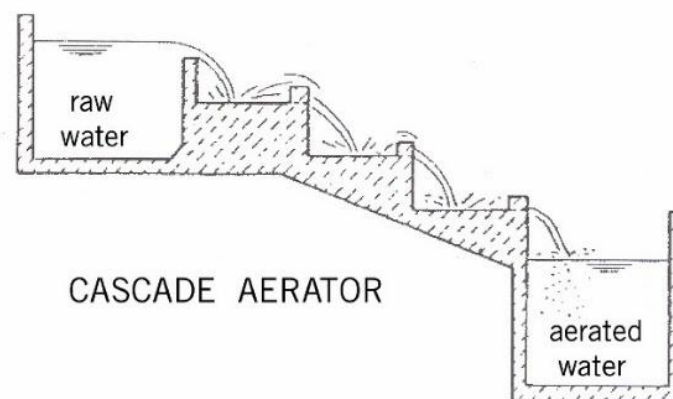
Gambar 2. 8 Waterfall Aerator

Sumber : <http://informasikesling.blogspot.com/2016/10/aerasi-pengertian-tujuan-dan-berbagai.html>

Jenis aerator terdiri atas 4-8 tray dengan dasarnya penuh lobanglobang pada jarak 30-50 cm. Melalui pipa berlobang air dibagi rata melalui atas tray, dari sini percikan-percikan kecil turun kebawah dengan kecepatan kira-kira 0,02 m /detik per m² permukaan tray. Tetesan yang kecil menyebar dan dikumpulkan kembali pada setiap tray berikutnya. Tray- tray ini bisa dibuat dengan bahan yang cocok seperti lempengan-lempengan absetos cement berlobang-lobang, pipa plastik yang berdiameter kecil atau lempengan yang terbuat dari kayu secara paralel.

b. *Cascade Aerator*

Pada dasarnya aerator ini terdiri atas 4-6 step/tangga, setiap step kira-kira ketinggian 30 cm dengan kapasitas kira-kira ketebalan 0,01 m³/det per meter². Untuk menghilangkan gerak putaran (*turbulence*) guna menaikkan efisiensi aerasi, hambatan sering ditepi peralatan pada setiap step. Dibanding dengan *tray aerators*, ruang (tempat) yang diperlukan bagi casade aerators agak lebih besar tetapi total kehilangan tekanan lebih rendah. Keuntungan lain adalah tidak diperlukan pemeliharaan



Gambar 2. 9 Cascade Aerator

Sumber: https://www.appropedia.org/Slow_sand_filtration_water_treatment_plants

D. Koagulasi – Flokulasi

Koagulasi adalah proses destabilisasi partikel koloid dengan cara penambahan senyawa kimia yang disebut koagulan. Destabilisasi merupakan proses dimana partikel-partikel koloid bersatu dengan koagulan dan menjadi besar. Koagulan yang digunakan berfungsi untuk membantu proses flokulasi agar flok dapat terbentuk lebih cepat. Partikel koloid adalah hampir sama dengan padatan tersuspensi hanya saja mempunyai ukuran yang lebih kecil yakni kurang dari 1 μ m (mikron), dengan kecepatan pengendapan yang sangat rendah sekali. Partikel koloid ini juga yang menyebabkan timbulnya kekeruhan. Dengan

demikian partikel-partikel koloid yang pada awalnya sukar dipisahkan dari air, setelah proses koagulasi akan menjadi kumpulan partikel yang lebih besar sehingga mudah dipisahkan dengan cara sedimentasi, filtrasi atau proses pemisahan lainnya yang lebih mudah (Said & Ruliasih, 2005;153).

Menurut Reynolds & Richards, (1996;556), flokulasi adalah pengadukan lambat dari air yang telah ditambahkan koagulan untuk mengumpulkan partikel yang sudah di destabilisasi sehingga dapat membentuk flok. Terbentuknya flok-flok menjadi lebih besar sehingga berat jenisnya lebih daripada air, maka flok-flok tersebut akan lebih mudah mengendap di unit sedimentasi.

TABEL 2. 3 BEBERAPA JENIS KOAGULAN DALAM PRAKTIK PENGOLAHAN AIR

Nama	Formula	Bentuk	dengan Air	pH Optimum
Aluminium sulfat	$2(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ $x = 14,16,18$	Bongkah, bubuk	Asam	- 7,8
Sodium aluminat	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$	Bubuk	Basa	- 7,8
Polyaluminium Chloride, PAC	$\text{In}(\text{OH})_m\text{Cl}_{3n-m}$	cairan, bubuk	Asam	- 7,8
Ferri sulfat	$2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	kristal halus	Asam	- 9
Ferri klorida	$\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	Bongkahan, cairan	Asam	- 9

(Sumber : Sugiarto, 2006)

Penambahan dosis koagulan yang lebih tinggi tidak selalu menghasilkan kekeruhan yang lebih rendah. Dosis koagulan yang dibutuhkan untuk pengolahan air tidak dapat diperkirakan berdasarkan kekeruhan, tetapi harus ditentukan melalui percobaan pengolahan. Tidak setiap kekeruhan yang tinggi

membutuhkan dosis koagulan yang tinggi. Jika kekeruhan dalam air lebih dominan disebabkan oleh lumpur halus atau lumpur kasar maka kebutuhan akan koagulan hanya sedikit, sedangkan kekeruhan air yang dominan disebabkan oleh koloid akan membutuhkan koagulan yang banyak. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi koagulan yaitu:

1. Pengaruh pH

Pada koagulan terdapat range pH optimum. Luasnya range pH koagulan ini dipengaruhi oleh jenis-jenis konsentrasi koagulan yang dipakai. Hal ini penting untuk menghindari adanya kelarutan koagulan. Proses koagulan pH yang terbaik adalah 7 (netral).

2. Pengaruh Temperatur

Pada temperatur yang rendah reaksi lebih lambat dan viskositas air menjadi lebih besar sehingga flok lebih sukar mengendap.

3. Dosis Koagulan

Air dengan kekeruhan yang tinggi memerlukan dosis koagulan yang lebih banyak. Dosis koagulan persatuan unit kekeruhan rendah, akan lebih kecil dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan yang tinggi, kemungkinan terjadinya tumbukan antara partikel akan berkurang dan netralisasi muatan tidak sempurna, sehingga mikroflokk yang terbentuk hanya sedikit, akibatnya kekeruhan akan naik. Dosis koagulan yang berlebihan akan menimbulkan efek samping pada partikel sehingga kekeruhan akan meningkat.

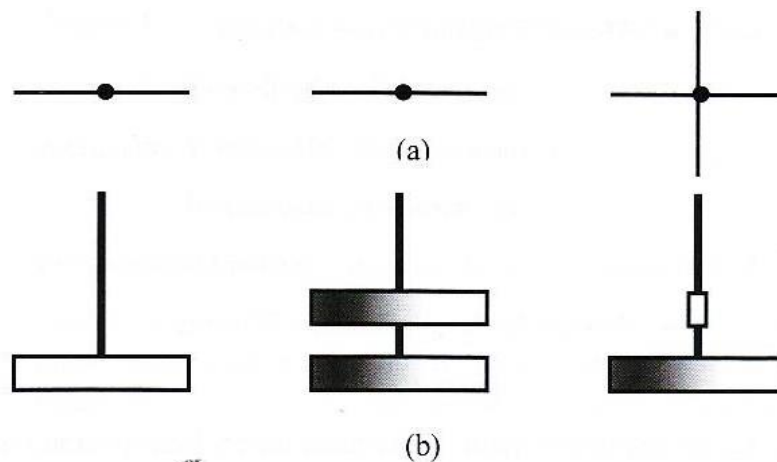
4. Pengadukan (*mixing*)

Pengadukan diperlukan agar tumbukan antara partikel untuk netralisasi menjadi sempurna. Distribusi dalam air cukup baik dan merata, serta masukan energi yang cukup untuk tumbukan antara partikel yang telah netral sehingga terbentuk mikroflokk. Pada proses koagulasi ini pengadukan dilakukan dengan cepat. Air yang memiliki kekeruhan rendah memerlukan pengadukan yang lebih banyak dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan tinggi.

5. Pengaruh Garam

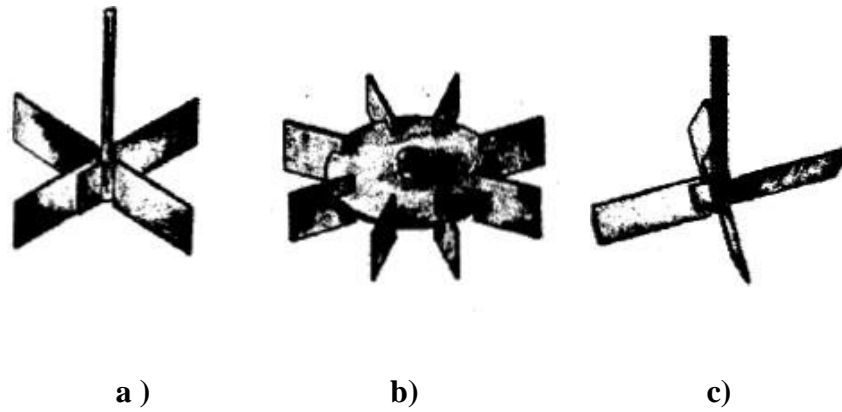
Garam-garam ini dapat mempengaruhi proses suatu penggumpalan. Pengaruh yang diberikan akan berbeda-beda bergantung dengan macam garam (ion) dan konsentrasinya. Semakin besar valensi ion akan semakin besar pengaruhnya terhadap koagulan. Penggumpalan dengan garam Fe dan Al akan banyak dipengaruhi oleh anion dibandingkan dengan kation. Jadi natrium, kalsium, dan magnesium relatif tidak mempengaruhi (Hadi, 1992).

Koagulasi atau pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu: pengadukan mekanis, hidrolis, dan pneumatis. Pada pengadukan mekanis, digunakan peralatan berupa motor bertenaga listrik, poros pengaduk (shaft), dan alat pengaduk (impeller). Berdasarkan bentuknya terdapat tiga macam alat pengaduk, yaitu paddle (pedal), turbine, dan propeller (baling-baling). Bentuk ketiga impeller dapat dilihat pada gambar



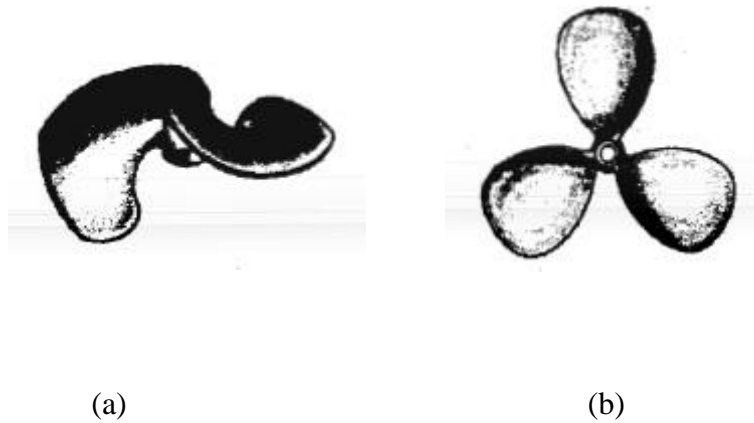
Gambar 2. 10 Tipe paddle (a) tampak atas, (b) tampak samping

(Sumber :Masduqi & Assomadi, 2012;112)



Gambar 2. 11 Tipe turbine (a) turbine blade lurus, (b) turbine blade dengan piringan, (c) turbine dengan blade menyerong

(Sumber : Qasim et al., 2000)



Gambar 2. 12 Tipe propeller (a) propeller 2 blade, (b) propeller 3 blade

(Sumber : Qasim et al., 2000)

Tabel 2. 4 Kriteria Impeller

Tipe Impeller	Kecepatan Putaran	Dimensi	Keterangan
---------------	-------------------	---------	------------

Paddle	20-150 rpm	diameter: 50-80% lebar bak lebar: 1/6 – 1/10 diameter paddle	
Turbine	10-150 rpm	diameter: 30-50% lebar bak	
Propeller	400-1750 rpm	diameter: maks. 45 cm	Jumlah pitch 1-2 buah

Sumber: (Reynolds & Richards, 1996;185)

Tabel 2. 5 Nilai Gradien Kecepatan dan Waktu Pengadukan Mekanis

Waktu Pengadukan, td (detik)	Gradien Kecepatan (detik⁻¹)
20	1000
30	900
40	790
50 ≥	700

Sumber: (Reynolds & Richards, 1996;184)

Flokulasi adalah proses penggabungan inti flok sehingga menjadi flok yang berukuran lebih besar. Pada flokulasi, kontak antar partikel melalui tiga mekanisme, yaitu:

1. *Thermal motion*, yang dikenal dengan *Brownian Motion* atau difusi atau disebut dengan *Flocculation Perikinetik*.
2. Gerakan cairan oleh pengadukan
3. Kontak selama pengendapan (Marsono, 2002)

Pengadukan lambat (*agitasi dan stirring*) digunakan dalam proses flokulasi, untuk memberi kesempatan kepada partikel flok yang sudah terkoagulasi untuk bergabung membentuk flok yang ukurannya semakin membesar. Selain itu, untuk memudahkan flokulan untuk mengikat flok-flok kecil dan mencegah pecahnya flok yang sudah terbentuk.

Pengadukan lambat dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20 sampai 100 detik⁻¹) selama 10 hingga 60 menit atau nilai GTd (bilangan Camp) berkisar 48000 hingga 210000. Gradien kecepatan diturunkan secara bertahap agar flok yang telah terbentuk tidak pecah dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar. Nilai G dan waktu detensi untuk proses flokulasi adalah:

1. Air sungai
 - Waktu detensi = minimum 20 menit
 - $G = 10 - 75 \text{ detik}^{-1}$
2. Air Waduk
 - Waktu detensi = 30 menit
 - $G = 10 - 75 \text{ detik}^{-1}$
3. Air Keruh
 - Waktu detensi dan G lebih rendah
4. Jika menggunakan garam besi sebagai koagulan
 - G tidak lebih dari 50 detik^{-1}
5. Flokulator terdiri dari 3 kompartemen
 - G Kompartemen 1 : Nilai terbesar
 - G Kompartemen 2 : 40% dari G kompartemen 1
 - G Kompartemen 3 : nilai terkecil
6. Penurunan kesadahan

- Waktu detensi = 30 menit
 - $G = 10 - 50 \text{ detik}^{-1}$
7. Presipitasi Kimia (Penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)
- Waktu detensi = 15 -30 menit

E. Sedimentasi

Sedimentasi atau pengendapan adalah suatu unit operasi untuk menghilangkan materi tersuspensi atau flok kimia secara gravitasi. Proses sedimentasi pada pengolahan air bersih umumnya untuk menghilangkan padatan tersuspensi sebelum dilakukan proses pengolahan selanjutnya (Said & Ruliasih, 2005).

Jenis pengendapan partikel pada sedimentasi dapat dibedakan menjadi 2 jenis pengendapan, yaitu :

1. Pengendapan partikel *Discrete*, pengendapan yang terjadi akibat gaya gravitasi dan mempunyai kecepatan pengendapan yang relatif konstan tanpa dipengaruhi oleh adanya perubahan partikel dan berat jenis.
2. Pengendapan partikel *Flocculant*, yaitu pengendapan yang terjadi akibat gaya gravitasi dan mempunyai percepatan pengendapan per satuan waktu sesuai dengan pertambahan ukuran partikel *flocculant*.

Pada zona pengendapan, massa dari partikel flokulen pada suspensi secara keseluruhan tetap karena partikel flokulen begitu dekat dan adanya gaya antar partikel menyebabkan mereka berada pada posisi relatif tetap satu sama lain.

Proses sedimentasi didesain untuk menghilangkan padatan yang dapat terendapkan oleh pengendapan gravitasi untuk dapat memaksimalkan unit proses selanjutnya seperti filtrasi. Proses sedimentasi dibagi menjadi 2 klasifikasi yaitu grit chamber (plain sedimentation) dan sedimentation tanks (clarifiers). Kriteria dari pengklasifikasian ini adalah ukuran, kualitas, dan nilai spesifik gravity dari partikel yang terpisahkan,

Efisiensi proses sedimentasi dipengaruhi oleh karakteristik air baku yang digunakan. Salah satu kunci dari keefektifan proses sedimentasi adalah bagaimana hasil dari proses koagulasi dan flokulasi. Tiga konfigurasi utama untuk perencanaan tangki sedimentasi, yaitu : (Kawamura, 1991)

a. Horizontal rectangular basin

Desain yang baik pada bangunan ini dapat mengurangi lebih dari 95% dari kekeruhan air. Bentuknya yang persegi panjang yang tanpa menggunakan alat pengambil lumpur mekanik mempunyai beberapa keuntungan misalnya, mempunyai kemampuan untuk menyesuaikan kondisi air seperti perubahan kekeruhan, laju aliran yang meningkat ataupun debit air yang meningkat secara tiba-tiba. Sedangkan pada bentuk yang circular biasanya menggunakan pengambil lumpur mekanik.

Cara kerja bak sedimentasi bentuk rectangular (persegi panjang) yaitu, air yang mengandung flok masuk ke zona inlet kemudian masuk ke zona settling melalui baffle/sekat agar alirannya menjadi laminar. Di zona settling partikel mengendap, endapannya masuk ke zona lumpur, sedangkan supernatant (airnya) keluar melalui zona outlet. Beberapa keuntungan horizontal-flow dibandingkan dengan up flow adalah :

- Lebih bisa menyesuaikan dengan variasi kualitas dan hidrolis air
- Prosesnya memberikan bentuk yang dapat direncanakan sesuai dengan operasional dan kondisi iklim
- Biaya konstruksi murah
- Operasional dan perawatannya mudah Adapun kriteria desainnya jumlah air yang akan diolah (Q), waktu detensi, luas permukaan dan kecepatan pengendapan.

b. Upflow sedimentation tanks

Bangunan tipe ini biasanya digunakan bila debit air konstan dan kualitas kekeruhan tidak lebih dari 900 NTU. Kelemahan dari bangunan ini adalah tidak bisa digunakan bila kapasitasnya berlebih dan memerlukan tenaga ahli untuk mengoperasikannya. Bila dalam suatu bangunan pengolahan air

lahannya terbatas bisa digunakan tipe ini untuk bak sedimentasinya karena lahan yang diperlukan untuk bangunan ini relatif kecil.

c. *Upflow reactor clarifiers with sludge blanket*

Tangki persegi panjang dengan aliran horizontal adalah konfigurasi tangki yang sering digunakan karena stabilitas hidroliknya. Tipe tangki ini juga dapat diprediksi performanya dan mampu untuk menyaingi flow rate yang dua kali lebih besar dari desain yang direkomendasikan tanpa perubahan signifikan pada kualitas airnya. Terlebih lagi, sistem aliran horizontal lebih mudah dioperasikan.

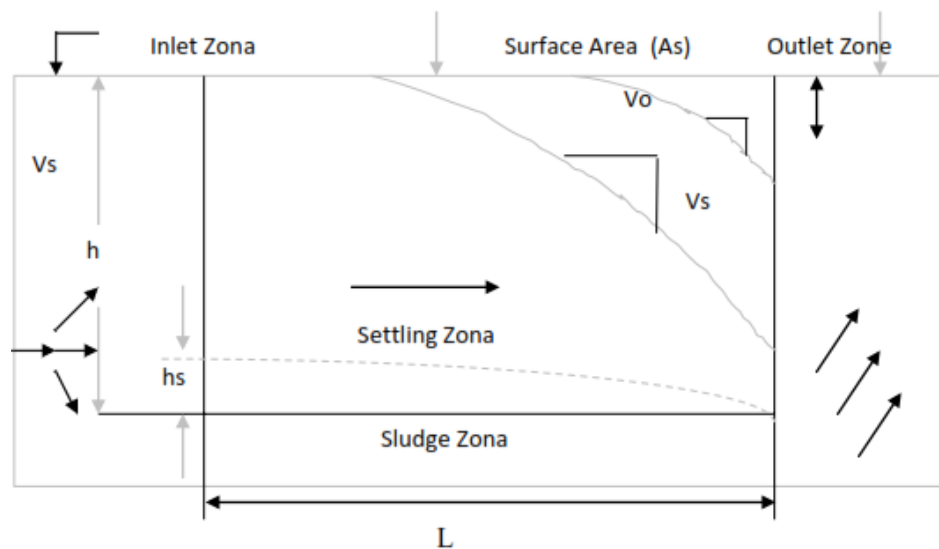
Banyak pertimbangan penting yang secara langsung dapat mempengaruhi desain sistem sedimentasi yaitu kandungan padatan terlarut dalam air baku, kecepatan pengendapan partikel yang akan diendapkan, kondisi iklim, karakteristik air baku, kondisi geologis di wilayah instalasi, tipe dan keseluruhan sistem sedimentasi, desain inlet dan outlet, metode penghilangan lumpur, serta bentuk tangki.

Dalam pengolahan air minum, karakteristik air baku perlu diperhatikan. Jika air baku yang digunakan berasal dari sungai tempat pernah terjadi banjir bandang, maka proses pengolahan sebaiknya menggunakan Grit chamber agar pasir dan lumpur dapat terendapkan. Grit chamber adalah proses plain sedimentation yang menghilangkan partikel diskrit yang berukuran lebih besar dari 15 μm . Proses sedimentasi bergantung pada gravitasi pengendapan dari partikel, karena itulah dalam perencanaannya kecepatan pengendapan adalah hal penting, agar dapat mengendapkan partikel dalam kisaran temperatur air tertentu. Kecepatan pengendapan partikel dapat diukur di laboratorium dengan metode jarrest.

Kondisi iklim juga perlu diperhitungkan dalam perencanaan bangunan sedimentasi, seperti perubahan suhu harian dan musiman, suhu air dan udara, curah hujan, serta intensitas dan arah angin. Jika temperatur cuaca harian cenderung berubah-ubah, bak akan mengalami aliran arus pendek karena kerapatan arus. Pada daerah dengan musim dingin, tangki perlu ditutup atau dihangatkan.

Pengolahan air yang terdapat pada daerah dengan cuaca panas dapat bermasalah dengan pertumbuhan alga dan vegetasi pada daerah aliran sungai. Pada daerah dengan cuaca yang banyak terkena matahari, bangunan pengolahan juga akan bermasalah karena adanya alga. Hal ini dapat dicegah dengan menutup bak atau menggunakan proses klorinasi. Pada daerah dengan curah hujan tinggi, bangunan sedimentasi cenderung memiliki partikel terlarut yang banyak dalam air bakunya. Karena itu desainnya harus memiliki pengolahan lumpur yang kontinu untuk menghilangkan akumulasi lumpur sebelum mengurangi kapasitas efektif bak.

Adapun zona tersebut dapat digambarkan seperti dibawah ini:



Gambar 2. 13 Zona pada Bak Sedimentasi

(Sumber : Al Layla, Water Supplay Engineering Design)

Dimana pada setiap zona terjadi proses sebagai berikut :

1. Zona Inlet

Tempat memperhalus aliran transisi dari aliran influen ke aliran *steady uniform* di zona settling (aliran laminer)

2. Zona Pengendapan

Tempat berlangsungnya proses pengendapan/pemisahan partikel-partikel diskrit di dalam air buangan.

3. Zona Lumpur

Tempat menampung material yang diendapkan bersama lumpur endapan.

4. Zona Outlet

Tempat memperhalus aliran transisi dari zona settling ke aliran efluen serta mengatur debit efluen (Qasim et al., 2000).



GAMBAR 2. 15 KOLOM TEST SEDIMENTASI TIPE II

Ada dua jenis bak sedimentasi yang biasa digunakan :

a. *Horizontal – flow Sedimentation*

Desain yang baik pada bangunan ini dapat mengurangi lebih dari 95% dari kekeruhan air. Bentuknya yang persegi panjang yang tanpa menggunakan alat pengambil lumpur mekanik mempunyai beberapa keuntungan misalnya, mempunyai kemampuan untuk menyesuaikan kondisi air seperti perubahan kekeruhan, laju aliran yang meningkat ataupun debit air yang meningkat secara tiba-tiba. Sedangkan pada bentuk yang circular biasanya menggunakan pengambil lumpur mekanik.

Cara kerja bak sedimentasi bentuk rectangular (persegi panjang) yaitu, air yang mengandung flok masuk ke zona inlet kemudian masuk ke zona settling melalui baffle/sekat agar alirannya menjadi laminar. Di zona

settling partikel mengendap, endapannya masuk ke zona lumpur, sedangkan supernatant (airnya) keluar melalui zona outlet. Beberapa keuntungan horizontal-flow dibandingkan dengan up flow adalah :

- Lebih bisa menyesuaikan dengan variasi kualitas dan hidrolis air
- Prosesnya memberikan bentuk yang dapat direncanakan sesuai dengan operasional dan kondisi iklim
- Biaya konstruksi murah
- Operasional dan perawatannya mudah Adapun kriteria desainnya jumlah air yang akan diolah (Q), waktu detensi, luas permukaan dan kecepatan pengendapan.

b. Upflow sedimentation

Bangunan tipe ini biasanya digunakan bila debit air konstan dan kualitas kekeruhan tidak lebih dari 900 NTU. Kelemahan dari bangunan ini adalah tidak bisa digunakan bila kapasitasnya berlebih dan memerlukan tenaga ahli untuk mengoperasikannya. Bila dalam suatu bangunan pengolahan air lahannya terbatas bisa digunakan tipe ini untuk bak sedimentasinya karena lahan yang diperlukan untuk bangunan ini relatif kecil.

F. Filtrasi

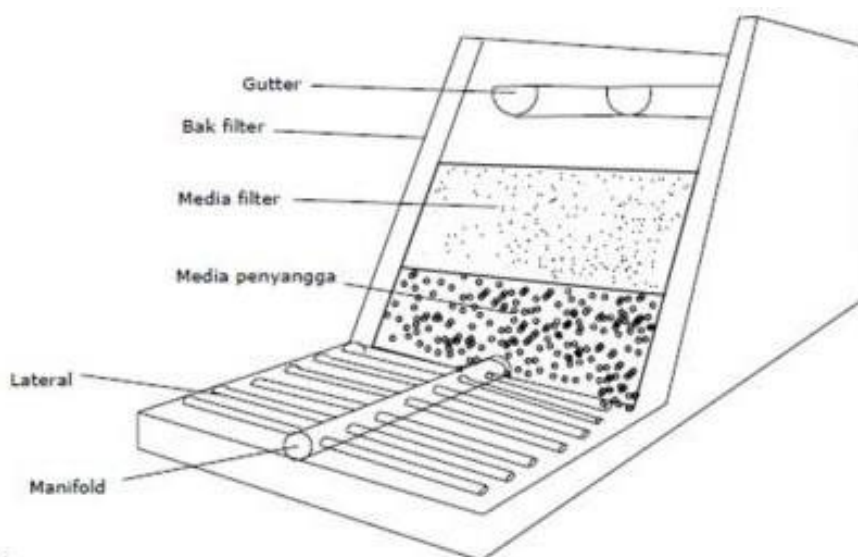
Menurut Al-Layla pada tahun 1978, partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air tidak bisa mengendap secara sempurna hanya dengan menggunakan proses sedimentasi. Untuk lebih menyempurnakan proses penyisihan partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air, dapat dilakukan dengan menggunakan proses filtrasi. Proses filtrasi sendiri adalah suatu proses di mana air dilewatkan pada pasir dan kombinasi kerikil-kerikil untuk mendapatkan hasil air yang lebih baik.

Bakteri dan sejenisnya dapat dengan efektif dihilangkan dengan menggunakan proses filtrasi. Selain itu filtrasi juga dapat mengurangi warna, rasa, bau, kadar besi juga kadar mangan yang terdapat di dalam air. Proses

pengurangan kadar-kadar tersebut tidak lepas dengan adanya proses fisika dan kimia yang terjadi di dalam proses filtrasi itu sendiri. Beberapa faktor yang berkontribusi di dalam proses removal filter adalah :

- a. Proses penyaringan yang terjadi di setiap lapisan permukaan filter
- b. Proses sedimentasi di dalam filter
- c. Kontak antara partikel flok dengan lapisan kerikil atau dengan flok yang sudah terkumpul di atas lapisan filter.
- d. Proses adsorpsi atau proses elektrokinetik.
- e. Proses koagulasi di dalam filter.
- f. Proses biologis di dalam filter.
- g. Penggabungan zat-zat koloid di dalam filter.

Pada prosesnya, partikel tersuspensi yang ukurannya terlalu besar akan tetap tertahan di atas lapisan pasir. Namun jika ukuran partikel terlalu kecil (contohnya: partikel koloid dan bakteri) akan lebih sulit untuk dihilangkan karena akan lebih mudah lolos pada lapisan pasir ini. Pada lapisan kerikil, jarak di antara lapisan kerikil berfungsi sebagai area sedimentasi partikel tersuspensi. Namun dapat juga digunakan oleh partikel-partikel flok yang belum seratus persen terendapkan pada bak sedimentasi untuk mengendap pada lapisan kerikil ini. Dapat dilihat bagian-bagian filter dalam gambar sebagai berikut.



GAMBAR 2. 16 BAGIAN-BAGIAN FILTER

Sumber : Reynold/Richards (1996)

Terdapat beberapa macam jenis filter modifikasi yang telah digunakan di mancanegara, antara lain rapid sand filter, slow sand filter, pressure sand filter, multiple media filters, *diatomateous earth filters*, *upflow filters* dan lain sebagainya.

Menurut Al-Layla pada tahun 1978, pada proses purifikasi air, rapid sand filters memiliki hasil effluent yang lebih baik jika dibandingkan dengan slow sand filters. Kecepatan pada rapid sand filters ini cukup tinggi dan laju filtrasi nya berkisar antara $4-5 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$ (namun terkadang laju filtrasi nya dapat lebih dari $6 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$). Ukuran pasir efektif yang digunakan pada filter ini berkisar antara 0,45- 0,55 mm. Lapisan filter ini bila dilihat dari bawah terdiri dari gravel dengan tebal berkisar antara 38-60 cm, sedangkan di atasnya terdapat pasir yang tebalnya kurang lebih 80cm. Proses backwash pada rapid sand filter berbeda dengan slow sand filter. Pada rapid sand filters waktu backwash ditentukan dari headloss filter saat itu.

Keuntungan menggunakan rapid sand filters adalah area yang digunakan tidak begitu luas, pasir yang dibutuhkan lebih sedikit, kurang sensitif terhadap perubahan kualitas air baku, dan waktu yang dibutuhkan relatif lebih cepat jika dibandingkan dengan slow sand filters. Sedangkan kekurangan dari rapid sand filters adalah tidak dapat mengurangi kadar bakteri di dalam air, membutuhkan biaya yang mahal, membutuhkan keahlian khusus dan menghasilkan lumpur yang banyak.

Media filter dapat tersusun dari pasir silika alami, anthrasit, atau pasir garnet. Media ini umumnya memiliki variasi dalam ukuran, bentuk dan komposisi kimia. Pemilihan media filter yang digunakan dilakukan dengan analisis ayakan. Hasil ayakan suatu media filter digambarkan dalam kurva akumulasi distribusi untuk mencari ukuran efektif dan keseragaman media yang diinginkan.

Effective Size (ES) atau ukuran efektif media filter adalah ukuran media filter bagian atas yang dianggap paling efektif dalam memisahkan kotoran yang besarnya 10% dari total kedalaman lapisan media filter atau 10 % dari fraksi berat, ini sering dinyatakan sebagai P10 (persentil 10). P10 yang dapat dihitung dari ratio ukuran rata – rata dan standar deviasinya.

Uniformity Coefficient (UC) atau koefisien keragaman adalah angka keseragaman media filter yang dinyatakan dengan perbandingan antara ukuran diameter pada 60 % fraksi berat terhadap ukuran (size). Adapun Kriteria untuk keperluan rapid sand filter adalah :

- a. Single media pasir :
 - $UC = 1,3 - 1,7$
 - $ES = 0,45 - 0,7 \text{ mm}$
- b. Untuk dual media :
 - $UC = 1,4 - 1,9$
 - $ES = 0,5 - 0,7 \text{ mm}$

Tipe-tipe filtrasi berdasarkan pada kapasitas produksi air yang terolah dibedakan menjadi:

1. **Filter Pasir Cepat**

Filter pasir cepat atau rapid sand filter adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi cepat, berkisar 6 hingga 11 m/jam. Filter ini selalu didahului dengan proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan untuk memisahkan padatan tersuspensi. Jika kekeruhan pada influen filter pasir cepat berkisar 5-10 NTU maka efisiensi penurunan kekeruhannya dapat mencapai 90-98% (Masduqi & Assomadi, 2012:171). Kriteria desain pasir cepat dapat dilihat pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 Kriteria Perencanaan Filter Pasir Cepat

No	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan
1	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6 – 11	6 – 11
2	Pencucian: <ul style="list-style-type: none"> • Sistem pencucian • Kecepatan (m/jam) • Lama pencucian (menit) • Periode antara dua pencucian (jam) • Ekspansi (%) 	Tanpa/dengan blower & atau <i>surface wash</i> 36 – 50 10 – 15 18 – 24 30 – 50	Tanpa/dengan blower & atau <i>surface wash</i> 36 – 50 10 – 15 18 – 24 30 – 50
3	Dasar filter <ul style="list-style-type: none"> a. Lapisan penyangga dari atas ke bawah <ul style="list-style-type: none"> • Kedalaman (mm) ukuran butir (mm) • Kedalaman (mm) ukuran butir (mm) • Kedalaman (mm) ukuran butir (mm) • Kedalaman (mm) ukuran butir (mm) b. Filter Nozel <ul style="list-style-type: none"> • Lebar slot nozel (mm) • Prosentase luas slot nozel terhadap luas filter (%) 	80 – 100 2 – 5 80 – 100 5 – 10 80 – 100 10 – 15 80 – 150 15 – 30 < 0,5 > 4%	80 – 100 2 – 5 80 – 100 5 – 10 80 – 100 10 – 15 80 – 150 15 – 30 < 0,5 > 4%

Sumber: SNI 6774-2008

2. Filter Pasir Lambat

Filter pasir lambat atau slow sand filter adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi lambat yaitu sekitar 0,1 hingga 0,4 m/jam. Filter pasir lambat bekerja dengan cara pembentukan lapisan biofilm di beberapa milimeter bagian atas lapisan pasir halus yang disebut lapisan hypogeal atau *schmutzdecke*. Lapisan ini mengandung bakteri, fungi, protozoa, rotifera, dan larva serangga air. *Schmutzdecke* adalah lapisan yang melakukan pemurnian efektif dalam pengolahan air. Selama air melewati *schmutzdecke*, partikel akan terperangkap dan organik terlarut akan teradsorpsi, diserap, dan dicerna oleh bakteri, fungi, dan protozoa (Masduqi

& Assomadi, 2012:176). Kriteria perencanaan filter pasir lambat dapat dilihat pada tabel 2.7.

Tabel 2.7 Kriteria Filter Pasir Lambat

Kriteria	Nilai / Keterangan
Kecepatan filtrasi	0,1 – 0,4 m/jam
Ukuran bed	Besar, 2000 m ²
Kedalaman bed	30 cm kerikil, 90-110 cm pasir, berkurang 50-80 cm saat pencucian
Ukuran pasir	<i>Effective size</i> 0,25-0,3 mm, <i>uniformity coefficient</i> 2-3
Distribusi ukuran media	Tidak terstratifikasi
Sistem underdrain	Sama dengan filter cepat atau batu kasar dan beton berlubang sebagai saluran utama
Kehilangan energi	6 cm saat awal, hingga 120 cm saat akhir
Filter run	20 – 60 hari
Metode pembersihan	Mengambil lapisan pasir di permukaan dan mencucinya
Air untuk pembersihan	0,2 – 0,6% dari air tersaring
Pengolahan pendahuluan	Biasanya tidak ada bila kekeruhan kurang dari 50 NTU
Biaya konstruksi	Relatif rendah
Biaya operasi	Relatif rendah
Biaya depresiasi	Relatif rendah

Sumber : Schulz & Okun (1984)

3. Filter Bertekanan

Filter bertekanan (pressure filter) pada dasarnya mempunyai prinsip yang sama dengan filter grafitasi (filter cepat dan filter lambat), yaitu air akan melewati media berbutir dan terjadi penyaringan secara fisik. Pada filter cepat dan filter lambat, aliran air melewati media berbutir hanya didorong oleh tekanan atmosfer atau sistem aliran terbuka. Pada filter bertekanan, diperlukan pendorong tekanan yang lebih besar. Oleh karena itu tangki dirancang dengan sistem tertutup dan menggunakan pompa untuk menambah tekanan dalam tangki. Filter bertekanan terdiri atas tangki tertutup, media

filter, media penyangga, dan sistem underdrain. Kriteria filter bertekanan terdapat pada tabel 2.8

Tabel 2. 8 Kriteria Filter Bertekanan

No	Unit	Nilai / Keterangan
1	Kecepatan penyaringan (m/jam)	12 – 33
2	Pencucian: <ul style="list-style-type: none"> • Sistem pencucian • Kecepatan (m/jam) • Lama pencucian (menit) • Periode antara dua pencucian (jam) • Ekspansi (%) 	Tanpa atau dengan blower & atau <i>surface wash</i> 72 – 198 - - 30 – 50
3	Media pasir <ul style="list-style-type: none"> • Tebal (mm) • Single media • Media ganda • Ukuran efektif, ES (mm) • Koefisien keseragaman, UC • Berat jenis (kg/L) • Porositas • Kadar SiO₂ 	300 – 700 600 – 700 300 – 600 - 1,2 – 1,4 2,5 – 2,65 0,4 > 95%
4	Media antransit <ul style="list-style-type: none"> • Tebal (mm) • ES (mm) • UC • Berat jenis (kg/L) • Porositas 	400 – 500 1,2 – 1,8 1,5 1,35 0,5
5	Dasar filter Filter Nozel <ul style="list-style-type: none"> • Lebar slot nozel (mm) • Prosentase luas slot nozel terhadap luas filter (%) 	< 0,5 > 4%

Sumber : SNI 6774-2008

4. Hidrolika Pencucian (Backwash)

Setelah digunakan dalam kurun waktu tertentu, filter akan mengalami penyumbatan akibat tertahannya partikel halus dan koloid oleh media filter. Tersumbatnya media filter ditandai oleh :

- Penurunan kapasitas produksi
- Peningkatan kehilangan energi (*headloss*) yang diikuti oleh kenaikan muka air diatas media filter
- Penurunan kualitas produksi

Tujuan pencucian filter adalah melepaskan kotoran yang menempel pada media filter dengan aliran ke atas (*upflow*) hingga media terekspansi. Umumnya tinggi sebesar 15 sampai 35% (Droste, 1997). Lama pencucian sekitar 3 hingga 15 menit.

Ada beberapa sistem pencucian filter yaitu :

- a. Menggunakan menara air
- b. Inter filter

G. Desinfeksi

Desinfeksi merupakan salah satu proses dalam pengolahan air minum yang berfungsi untuk membunuh organisme patogen yang masih terdapat dalam air olahan. Yang terjadi dalam proses ini adalah dengan membubuhkan bahan kimia yang mempunyai kemampuan membasmi bakteri patogen seperti klor. Dalam perencanaan ini digunakan bahan kimia klor sebagai desinfektan. Bak ini sebagai tempat kontak antara chlor dengan air hasil pengolahan sehingga persyaratan bakteriologis dapat terpenuhi. Senyawa chlor yang sering digunakan adalah $\text{Ca}(\text{OCl}_2)_2$ yang ada dipasaran dikenal dengan kaporit. Senyawa ini mengandung kurang lebih 60% chlor. Untuk dapat merencanakan bak chlorinasi maka terlebih dahulu harus ditentukan dosis chlor yang dibutuhkan. Bak ini sebagai tempat pembubuhan desinfektan sehingga terjadi kontak antara air yang telah diolah dengan desinfektan. Chlorin $\text{Ca}(\text{OCl}_2)_2$ merupakan salah satu desinfektan kimia yang umum digunakan dalam pengolahan air bersih maupun air buangan. Karakteristik desinfektan yang baik:

1. Efektif membunuh mikroorganisme patogen
2. Tidak beracun bagi manusia/hewan domestik
3. Tidak beracun bagi ikan dan spesies akuatik lainnya
4. Mudah dan aman disimpan, dipindahkan, dibuang
5. Rendah biaya
6. Analisis yang mudah dan terpercaya dalam air
7. Menyediakan perlindungan sisa dalam air minum

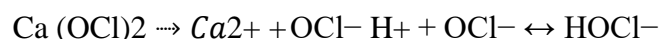
Ada beberapa hal yang mempengaruhi proses desinfeksi, diantaranya adalah

- a. Oksidan kimia;
- b. Iradiasi;
- c. Pengolahan termal;
- d. Pengolahan kimiawi.

Desinfeksi memiliki berbagai jenis antara lain, desinfeksi kimiawi dan desinfeksi fisik :

- a. Desinfeksi Kimiawi

Desinfektan yang paling sering digunakan adalah kaporit ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) dan gas chlor (Cl_2). Pada proses desinfeksi menggunakan kaporit, terjadi reaksi persamaan sebagai berikut:



Sebagai suatu proses kimia yang menyangkut reaksi antara biomassa mikroorganisme perlu dipenuhi 2 syarat:

1. Dosis yang cukup
2. Waktu kontak yang cukup, minimum 30 menit

Selain itu diperlukan proses pencampuran yang sempurna agar desinfektan benar-benar tercampur. Desinfeksi menggunakan ozon lazim digunakan untuk desinfeksi hasil pengolahan *waste water treatment*.

- b. Desinfeksi Fisik

Desinfeksi menggunakan ultraviolet lebih aman daripada menggunakan klor yang beresiko membentuk trihalometan yang bersifat karsinogenik, tetapi jika digunakan ultraviolet sebagai desinfektan maka instalasi distribusi harus benar-benar aman dan menjamin tidak akan ada kontaminasi setelah desinfeksi. Apabila kontaminan masuk setelah air didesinfeksi, maka kontaminan tersebut akan tetap berada dalam air dan sampai ke tangan konsumen. Selain itu, biaya yang diperlukan juga lebih besar dibandingkan

dengan desinfeksi menggunakan kaporit. Umumnya desinfeksi dilakukan sesaat sebelum air didistribusikan kepada konsumen. Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan, yaitu:

- Dosis *chlorine*
- Senyawa chlorine yang biasa digunakan
- Metode aplikasi
- Desain bak
- Meteran air klorinasi
- Filter
- Pipa pengadukan
- Koneksitas air
- Out valve
- Chlorine cylinder
- Manometer
- Relay

Senyawa chlorine yang digunakan dalam pengolahan air minum adalah:

a) *Chlorine* (Cl_2)

- Merupakan gas yang sangat beracun dan sangat korosif sehingga ventilasi pada permukaan atau level lantai diperlukan.
- Liquid dan gas chlorin ditangani dalam pipa besi tempa, tetapi larutan chlorin dengan korosif tinggi ditangani dengan pipa plastik.
- Storage disediakan untuk supply 30 hari.

b) *Calcium Hypochlorite* ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$)

- Merupakan senyawa chlor yang paling sering dipakai untuk desinfektan
- Mengandung 70% *Chlorine*

c) *Sodium Hypochlorite* ($\text{Na}(\text{OCl})$)

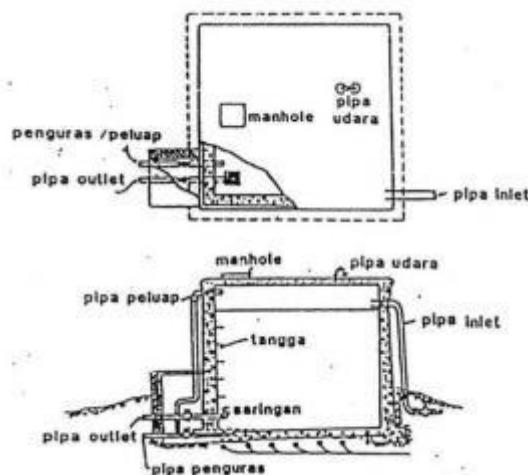
- Tersedia dengan jumlah 1,5 - 15%
- Larutan dapat didekomposisi lebih cepat pada konsentrasi tinggi

H. Reservoir

Reservoir adalah tempat penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. Umumnya reservoir ini diperlukan pada suatu system penyediaan air bersih yang melayani suatu kota. Reservoir mempunyai fungsi dan peranan tertentu yang diperlukan agar sistem penyediaan air bersih tersebut dapat berjalan dengan baik. Fungsi utama dari reservoir adalah untuk menyeimbangkan antara debit produksi dan debit pemakaian air. Seringkali untuk waktu yang bersamaan, debit produksi air bersih tidak dapat selalu sama besarnya dengan debit pemakaian air. Pada saat jumlah produksi air bersih lebih besar daripada jumlah pemakaian air, maka kelebihan air tersebut untuk sementara disimpan dalam reservoir, dan digunakan kembali untuk memenuhi kekurangan air pada saat jumlah produksi air bersih lebih kecil daripada jumlah pemakaian air. Berdasarkan tinggi relative reservoir terhadap permukaan tanah sekitarnya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi 2 yaitu :

1. Reservoir Permukaan (*Ground Reservoir*)

Reservoir permukaan adalah reservoir yang sebagian besar atau seluruh reservoir tersebut terletak di bawah permukaan tanah.



GAMBAR 2. 17 RESERVOIR PERMUKAAN

Sumber: https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/uploads/edok/2018/11/aee05_3_Fungsi_Ground_Reservoir.docx.pdf

2. Reservoir Menara (*Elevated Reservoir*)

Reservoir menara adalah reservoir yang seluruh bagian penampungan dari reservoir tersebut terletak lebih tinggi dari permukaan tanah sekitarnya.



GAMBAR 2. 148 RESERVOIR MENARA

Sumber: https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/uploads/edok/2018/11/ae05_3_Fungsi_Ground_Reservoir.docx.pdf

Sedangkan berdasarkan bahan konstruksinya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi 4 yaitu :

1. Reservoir Tangki Baja

Banyak reservoir menara dan “*standpipe*” atau reservoir tanah yang dikonstruksi dari bahan baja yang dibaut atau dilas. Karena baja beresiko terhadap karat dan mudah menyerap panas, maka perlu dicat dan dilindungi dengan “*Cathodic Protection*”. Biasanya tangki baja jauh lebih murah dari tangki beton.



GAMBAR 2. 159 RESERVOIR TANKI BAJA

Sumber: https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/uploads/edok/2018/11/aee05_3._Fungsi_Ground_Reservoir.docx.pdf

2. Reservoir Beton Cor

Tanki dan reservoir beton pertama kali dibuat tanpa penutup. Perkembangan selanjutnya konstruksi ini memakai penutup dari kayu atau beton. Dengan tutup ini maka masalah sanitasi akan terselesaikan. Kelebihan dari menggunakan beton cor adalah kedap air dan tidak mudah bocor. Kelemahan umum dari bahan beton adalah biaya konstruksi yang relatif lebih tinggi.



GAMBAR 2. 20 RESERVOIR BETON COR

Sumber: https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/uploads/edok/2018/11/aee05_3_Fungsi_Ground_Reservoir.docx.pdf

3. Reservoir *Fiberglass*

Penggunaan *fiberglass* sebagai bahan untuk membuat reservoir memiliki beberapa kelebihan seperti ringan, tekstur dinding tanki kaku dan terlihat kuat. Namun dari kelebihan yang dimiliki, adapun kekurangan yang dimiliki yaitu rentan terhadap benturan dan dinding tanki mudah retak, tidak tahan terhadap UV dan oksidasi bila terjemur sinar matahari.



GAMBAR 2. 2116 RESERVOIR FIBERGLASS

Sumber : <https://aekotangkifiberglass.com/tangki-air-fiberglass/>

4. Reservoir Pasangan Bata

Penggunaan bata merah sebagai bahan pengisi dinding bangunan sudah umum kita lihat diberbagai bangunan dari dulu hingga kini. Selain sudah teruji kekuatannya, untuk mendapatkan material ini pun tidak susah. Kelebihan dari menggunakan material ini adalah kekuatan, kekokohan serta tahan lama sehingga jarang sekali terjadi keretakan dinding. Kekurangannya adalah dari sulitnya membuat pasangan bata yang rapi sehingga membutuhkan plesteran yang cukup tebal agar menghasilkan dinding yang cukup rata dan kecenderungan pemborosan dalam penggunaan material perekatnya.



GAMBAR 2. 22 RESERVOIR PASANGAN BATA

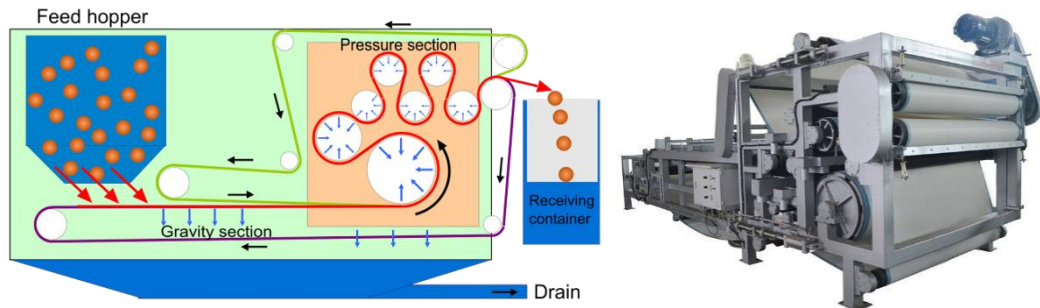
Sumber: https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/uploads/edok/2018/11/aee05_3_Fungsi_Ground_Reservoir.docx.pdf

I. Belt Filter Press

Sebagian besar dari jenis Belt-Filter Press, lumpur dikondisikan di bagian saluran gravitasi untuk dapat menebalkan lumpur. Pada bagian ini banyak air yang tersisihkan dari lumpur secara gravitasi. Dibeberapa unit, bagian ini diberikan dengan bantuan vacuum, yang menambah saluran dan membantu untuk mengurangi bau. Mengikuti saluran gravitasi, tekanan yang digunakan dalam bagian tekanan rendah, dimana lumpur diremas diantara pori kain sabuk. Di beberapa unit, bagian tekanan rendah diikuti bagian tekanan tinggi dimana lumpur mengalami pergeseran melewati penggulung. Peremasan dan penggeseran ini menginduksi dari penambahan air dari lumpur. Akhir pengeringan cake lumpur adalah penyisihan dari sabuk dengan Scrapper blade. Sistem operasi jenis belt-filter press dari pompa penyedot lumpur, peralatan polimer, tangki lumpur (flokulator), belt-filter press, conveyor cake lumpur, dan sistem pendukung (compressor, pompa pencuci). Namun, ada beberapa unit yang tidak menggunakan tangki lumpur.

Banyak variabel yang mempengaruhi cara kerja dari belt-filter press, antara lain karakteristik lumpur, metode dan kondisi bahan kimia, tekanan, konfigurasi mesin (saluran gravitasi), porositas sabuk, kecepatan sabuk, dan lebar sabuk. Belt-filter press ini sensitif terhadap variasi karakteristik lumpur dan efisiensi mengurangi pengeringan lumpur. Fasilitas memadukan lumpur harus termasuk dalam desain sistem dimana karakteristik lumpur beraneka ragam. Namun, pada

kenyataannya operasi yang mahal mengakibatkan beban padat yang lebih besar dan pengering cake ditingkatkan dengan meningkatkan konsentrasi padatan lumpur.



GAMBAR 2. 23 INSTALASI BELT PRESS

(Sumber: <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/wastewater-treatment-system-use-sludge-press-dewatering-belt-press-system-60690134130.html>)

Belt-Filter Press mempunyai ukuran lebar belt dari 0.5-3.5 m. Ukuran yang umum digunakan untuk lumpur perkotaan adalah 2 m. Beban lumpur dari 90 sampai 680 kg/m.h tergantung pada jenis lumpur dan konsentrasi lumpur yang masuk. Beban hidroulik pada lebar belt antara 1.6-6.3 L/m.s. Pertimbangan keamanan desain mencakup ventilasi untuk memindahkan Hidrogen Sulfida atau gas lainnya dan peralatan penjaga untuk mencegah hilangnya baju diantara rol.

2.3 Aksesoris Pipa Pada Bangunan

Dalam membangun sebuah sistem jaringan saluran air yang ideal membutuhkan dukungan aksesoris pipa yang tepat. Fungsi dari aksesoris pipa tersebut adalah:

- Membangun jalur belokan
- Membangun jalur percabangan
- Mendukung metode penyambungan
- Menyambung antar pipa

Aksesoris pipa terdiri dari:

1. Shock Pipa/Socket

Aksesoris ini digunakan untuk menyambung pipa, tujuannya untuk memperpanjang pipa dengan menyambung lurus satu pipa dengan pipa lainnya. Aksesoris ini biasa digunakan untuk menyambung pipa dengan diameter yang sama, dengan ulir yang berada di dalam. Shock pipa terbagi menjadi beberapa jenis diantaranya adalah:

- Shock pipa PVC polos, digunakan untuk menyambung dua pipa PVC yang ujungnya tidak ada ulir atau drat.
- Shock pipa drat luar, pada kedua ujung shock nya memiliki ulir/drat. Shock pipa jenis ini biasanya dikombinasikan dengan shock pipa drat dalam
- Shock pipa drat dalam, pada kedua ujung shock nya memiliki ulir/drat. Shock pipa jenis ini biasanya dikombinasikan dengan shock pipa drat luar ataupun konektor penyambung selang



(a)

(b)

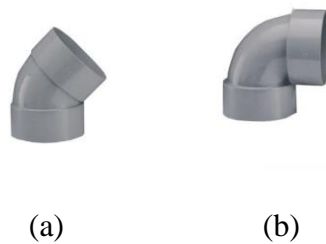
(c)

**GAMBAR 2. 24 (A) SHOCK PIPA POLOS (B) SHOCK PIPA DRAT LUAR
(C) SHOCK PIPA DRAT DALAM**

Sumber: <https://mengalirjauh.blogspot.com/2019/04/mengenal-jenis-jenis-aksesoris-pipa-pvc.html>

2. Elbow

Elbow merupakan aksesoris perpipaan yang memiliki bentuk mirip dengan huruf “L” atau berbentuk siku (*Elbow*). Aksesoris ini berfungsi untuk membelokkan aliran. Aksesoris ini memiliki kombinasi sudut bervariasi, yang paling sering dipakai adalah 90° dan 45°

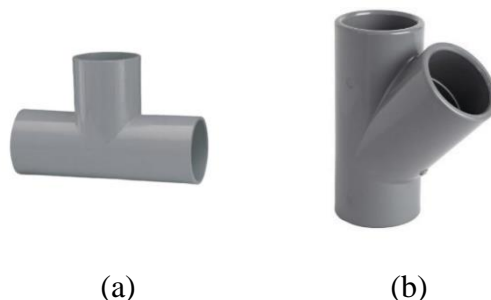


GAMBAR 2. 25 (A) ELBOW 45° (B) ELBOW 90°

Sumber : <https://www.bhinneka.com/rucika-fitting-jis-elbow-90d-dl-class-d-5-inch-sku3326821514>

3. Tee

Tee merupakan aksesoris pipa yang berfungsi untuk membagi aliran lurus menjadi dua arah, ke kanan dan kiri. Seperti namanya aksesoris tee berbentuk seperti huruf “T”, namun ada beberapa kasus Tee berbentuk seperti huruf “Y”, banyak orang menyebutnya *Y-Branch*



GAMBAR 2. 26 (A) PIPA TEE BENTUK T (B) PIPA TEE BENTUK Y (Y BRANCH)

Sumber : <https://www.bhinneka.com/rucika-y-branch-aw-4-inch-sku3326985056>

4. Reducer

Aksesoris ini berfungsi untuk menyambung dua pipa dengan diameter berbeda. Reducer ini terbagi menjadi dua tipe, yakni reducer elbow untuk membelokkan aliran dan reducer socket untuk memperpanjang pipa dengan sambungan lurus



GAMBAR 2. 27 REDUCER

Sumber : <https://www.bhinneka.com/pralon-plok-sock-reducer-fitting-pvc-34-x-12-inch-sku0013780888>

5. Flange

Flange adalah sebuah komponen yang digunakan untuk menyambungkan dua elemen antara pipa dengan *valve*, atau pipa dengan equipment lainnya menjadi satu kesatuan yang utuh dengan menggunakan baut sebagai perekatnya. Tujuan penggunaan flange adalah agar pipa dan valve bisa disambungkan dan kelak bisa dilepas untuk memudahkan dalam perbaikan dan penggantian *equipment* tanpa merusak komponen dan peralatan terkait.



GAMBAR 2. 178 FLANGE PIPA

Sumber : <https://www.cnzahid.com/2015/08/ilmu-pipa-definisifungsi-dan-jenis.html>

6. *Dop/plug/cap/clean out*

Banyak istilah untuk menggambarkan benda ini. Namun fungsi mereka sama, yaitu untuk menutup saluran pipa pada ujung pipa yang tidak dihubungkan lagi. Cap adalah penutup yang lebih simpel dari yang lain, Plug adalah penutup yang sangat rapat dengan sistem ulir/drat, clean out adalah penutup yang dapat ditutup dan dibuka sesuka hati. Namun kebanyakan kontraktor memilih untuk menutup ujung pipa dengan kran, agar sewaktu-waktu ujung pipa dapat digunakan dan bermanfaat



GAMBAR 2. 189 CLEAN OUT

Sumber : <https://www.bhinneka.com/rucika-standard-clean-out-d-4-inch-sku3326816567>

2.4 Parameter Kualitas Air

Standar air minum bergantung dari kebijakan pemerintah pusat. Kebijakan standar layak air minum melihat kondisi suatu negara yang bersangkutan. Standar kualitas air baku di Indonesia telah diatur dalam Peraturan Pemerintah nomor 82 tahun 2001, yaitu klasifikasi kualitas mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu:

1. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang memper-syaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
2. Kelas dua, 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;
3. Kelas tiga, 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;
4. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Standar kualitas air yang diterapkan di Pengolahan air minum mengacu pada PP RI No. 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air kelas I. dapat dilihat pada tabel 2.1.

TABEL 2. 9 PARAMETER KRITERIA MUTU BERDASARKAN KELAS

Parameter	Satuan	Kelas				Keterangan
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Temperatur	°C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi Temperatur dari keadaan alamiah

Parameter	Satuan	Kelas				Keterangan
		I	II	III	IV	
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi	Mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi \leq 5000 mg/L
KIMIA ANORGANIK						
pH		6-9	6-9	6-9	5-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	mg/L	2	3	6	12	
COD	mg/L	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total Fosfat sebagai P	mg/L	0,2	0,2	1	5	
NO ₃ sebagai N	mg/L	10	10	20	20	
NH ₃ -N	mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka \leq 0,02 mg/L sebagai NH ₃
Arsen	mg/L	0,05	1	1	1	
Kobalt	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Boron	mg/L	1	1	1	1	

Parameter	Satuan	Kelas				Keterangan
		I	II	III	IV	
Selenium	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
Khrom (IV)	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,01	
Tembaga	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $Cu \leq 1$ mg/L
Besi	mg/L	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $Fe \leq 5$ mg/L
Timbal	mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $Pb \leq 0,1$ mg/L
Mangan	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Air Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
Seng	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $Zn \leq 5$ mg/L
Klorida	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Sianida	mg/L	0,02	0,02	0,02	(-)	
Fluorida	mg/L	0,5	1,5	1,5	(-)	
Nitrit sebagai N	mg/L	0,06	0,06	0,06	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $NO_2_N \leq 1$ mg/L
Sulfat	mg/L	400	(-)	(-)	(-)	

Parameter	Satuan	Kelas				Keterangan
		I	II	III	IV	
Klorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	(-)	
Belerang sebagai H ₂ S	mg/L	0,002	0,002	0,002	(-)	
MIKROBIOLOGI						
<i>Fecal coliform</i>	Jml/100 ml	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, <i>Fecal coliform</i> ≤ 2000 jml/100 ml dan <i>Total coliform</i> 10000 jml/100 ml
<i>Total coliform</i>	Jml/100 ml	1000	5000	10000	10000	

Sumber : Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001

Selain standar kualitas air minum yang diatur oleh Peraturan Pemerintah No. 81 Tahun 2001, adapula standar kualitas air minum yang diatur pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Dimana air yang tersalur harus memiliki mutu baik, bersih atau jernih dan dapat dinilai dari penglihatan atau secara fisik, dapat dilihat pada tabel 2.2.

TABEL 2. 10 LAMPIRAN WAJIB PARAMETER KUALITAS AIR MINUM

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1) E.Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0

	2) Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	b. Kimia an-organik		
	1) Arsen	Mg/l	0,01
	2) Fluorida	Mg/l	1,5
	3) Total Kromium	Mg/l	0,05
	4) Kadmium	Mg/l	0,003
	5) Nitrit, (Sebagai NO ₂)	Mg/l	3
	6) Nitrat, (Sebagai NO ₃)	Mg/l	50
	7) Sianida	Mg/l	0,07
	8) Selenium	Mg/l	0,01
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a. Parameter Fisik		
	1) Bau		Tidak Berbau
	2) Warna	TCU	15
	3) Total zat padat terlarut (TDS)	Mg/l	500
	4) Kekeruhan	NTU	5
	5) Rasa		Tidak Berasa
	6) Suhu	C	Suhu udara \pm 3
	b. Parameter Kimiawi		
	1) Aluminium	Mg/l	0,2
	2) Besi	Mg/l	0,3
	3) Kesadahan	Mg/l	500
	4) Klorida	Mg/l	250
	5) Mangan	Mg/l	0,4
	6) pH	Mg/l	6,5 – 8,5
	7) Seng	Mg/l	3
	8) Sulfat	Mg/l	250
	9) Tembaga	Mg/l	2
	10) Amonia	Mg/l	1,5

Sumber : Permenkes RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010

2.5 Persen Removal

Berikut adalah persen removal yang diketahui pada unit bangunan pengolahan air minum yang akan digunakan.

TABEL 2. 11 PERSEN REMOVAL

Unit	Parameter Teremoval	Range % Removal	Literatur
Intake	-	-	-
Prasedimentasi	Kekeruhan	65 - 80%	Reynold/Richard, 2nd hal 130
Aerasi	Besi (Fe)	60 -90%	Droste, 1997. Theory and Practice of water and wastewater Treatment chapter 9. halaman 224
	Mangan (Mn)	0 - 60%	Droste, 1997. Theory and Practice of water and wastewater Treatment chapter 9. halaman 224
	Amonia	90%	(Ririn Arifah, Amonia Stripping, 2016)
	Kekeruhan	20%	Droste, 1997. Theory and Practice of water and wastewater Treatment chapter 9. halaman 224
Koagulasi	-	-	-
Flokulasi	-	-	-
Sedimentasi	Kekeruhan	90%	Droste, Ronald L, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Hal 224
	TDS	20%	Droste, Ronald L, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Hal 225
Filtrasi	Kekeruhan	80 - 90%	Droste, Ronald L, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Hal 224
	TDS	20%	Droste, Ronald L, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Hal 224
	Fecal Coli	90-100%	Droste, Ronald L, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Hal 224

	Besi (Fe)	90-100%	Droste, Ronald L, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Hal 225
	Mangan (Mn)	20-100%	Reynold/Ricard 2nd, Unit Operations and Processes in Environmental Engineering, hal 316)
Desinfeksi	Total Coliform	0 - 100%	Droste, Ronald L, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Hal 225
	Fecal Coli	90 - 100%	Droste, Ronald L, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Hal 226
Reservoir	-	-	-