

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Baku

Air baku adalah air bersih yang digunakan untuk kebutuhan air domestik dan industri. Untuk memenuhi kebutuhan air baku yang terus meningkat setiap hari, air baku bisa diperoleh dari sungai, air tanah, atau air sumur. Air yang digunakan sebagai air baku harus memenuhi persyaratan sesuai dengan kegunaannya. Sumber air baku bisa berasal dari air permukaan, cekungan air tanah, atau air hujan yang telah memenuhi standar kualitas tertentu untuk digunakan sebagai air bersih (Prayitno, 2009).

Standar kualitas air bersih di Indonesia diatur dalam Lampiran VI Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Air yang disalurkan harus berkualitas baik, bersih atau jernih, dan dapat dinilai secara visual bahwa air tersebut harus bebas bau, warna, dan kekeruhan, serta layak untuk didistribusikan kepada konsumen. Kualitas air bersih dibagi menjadi 4 (empat) kelas, yaitu:

1. Kelas satu: air yang bisa digunakan sebagai air baku air minum atau keperluan lain yang membutuhkan kualitas air serupa.
2. Kelas dua: air yang bisa digunakan untuk sarana rekreasi air, budidaya ikan air tawar, peternakan, irigasi pertanian, atau keperluan lain dengan kualitas air yang sama.
3. Kelas tiga: air yang dapat digunakan untuk budidaya ikan air tawar, peternakan, irigasi pertanian, atau keperluan lain dengan kualitas air yang sama.
4. Kelas empat: air yang bisa digunakan untuk irigasi pertanian atau keperluan lain dengan kualitas air yang sesuai.

Untuk memastikan standar kualitas air minum terpenuhi, diperlukan beberapa usaha untuk menjaga kualitas air, yaitu:

1. Kontrol terhadap sumber air, termasuk pemilihan sumber yang tepat, pengawasan terhadap polusi yang masuk, peningkatan kualitas sumber, serta kontrol pertumbuhan biologis.
2. Instalasi pengolahan air yang tepat.
3. Pengawasan sistem transmisi dan distribusi untuk mencegah kontaminasi.

2.1.1 BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) adalah parameter kimia yang digunakan untuk mengukur jumlah bahan organik terlarut serta kebutuhan oksigen mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air. Limbah industri tahu memiliki kandungan bahan organik terlarut yang tinggi. Semakin tinggi BOD, semakin banyak senyawa organik yang terkandung dalam limbah, sehingga mikroorganisme memerlukan lebih banyak oksigen untuk penguraian. Sebaliknya, nilai BOD yang rendah menandakan degradasi bahan organik oleh mikroorganisme (Amadea, 2018). BOD, atau Kebutuhan Oksigen Biologis, berfungsi sebagai parameter kimia untuk mengevaluasi kualitas air. Nilai BOD yang tinggi menunjukkan rendahnya kandungan oksigen terlarut, yang berdampak pada kematian organisme perairan seperti ikan akibat kekurangan oksigen (anoksia) (Salmin, 2005).

2.1.2 TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS (*Total Suspended Solid*) adalah partikel padat yang tersuspensi di dalam air. Partikel tersebut dapat berasal dari mineral seperti lanau, pasir halus, lempung, atau hasil dekomposisi organisme. Selain itu, TSS juga bisa berasal dari mikroorganisme seperti plankton, bakteri, alga, virus, dan lainnya. TSS ini berperan dalam meningkatkan kekeruhan atau mengubah warna air (Said, 2007). Zat tersuspensi memiliki kaitan erat dengan tingkat kekeruhan air. Kekeruhan ini dipicu oleh limbah industri tahu yang mengandung zat organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut. Semakin tinggi konsentrasi zat tersuspensi, semakin keruh air tersebut (Amadea, 2018).

2.1.3 pH

Salah satu indikator penting dari kualitas air limbah adalah konsentrasi ion hidrogen, yang biasanya diukur menggunakan pH. pH digunakan untuk menunjukkan konsentrasi ion hidrogen, dan rentang pH yang ideal bagi kehidupan biologis adalah antara 6 dan 9. Air limbah dengan pH yang sangat asam atau basa akan sulit diolah melalui proses biologi. Jika pH air limbah tidak disesuaikan dengan standar baku mutu dan langsung dibuang ke lingkungan, hal ini dapat mengganggu atau mencemari keseimbangan pH alami di badan air. Pengukuran pH dapat dilakukan dengan pH meter (Metcalf & Eddy, 2004).

2.1.4 Total Coliform

Penelitian ilmiah di bidang sanitasi dan kualitas air telah menyoroti pentingnya parameter total coliform sebagai indikator utama kontaminasi fecal dalam air minum serta sumber air lainnya. Dalam studi yang dilakukan oleh Beuchat (1981), total coliform digunakan untuk menilai kualitas sanitasi makanan dan air di fasilitas pengolahan makanan. Studi ini menekankan pentingnya pengendalian sanitasi yang efektif dalam mencegah penyebaran penyakit yang ditularkan melalui makanan dan air. Temuan dari penelitian ini memberikan pemahaman lebih mendalam mengenai pentingnya pemantauan dan pengendalian total coliform untuk menjaga kebersihan dan keamanan pangan.

2.1.5 Fe terlarut

Besi (Fe) terlarut merupakan salah satu parameter penting dalam penilaian kualitas air baku sungai. Keberadaan besi dalam air alami umumnya berasal dari pelapukan batuan yang mengandung mineral besi, serta dari aktivitas manusia seperti pertambangan dan industri. Konsentrasi besi yang tinggi dalam air dapat mempengaruhi kualitas air baku dan penggunaannya, terutama dalam sistem penyediaan air minum dan kegiatan domestik lainnya.

Kadar besi yang melebihi ambang batas yang ditetapkan dalam peraturan kualitas air dapat menyebabkan perubahan warna, bau, dan rasa pada air, serta menimbulkan masalah pada peralatan distribusi air akibat pengendapan besi. Selain itu, kelebihan besi juga dapat memicu pertumbuhan mikroorganisme

seperti bakteri besi, yang dapat memperburuk kualitas air dan menimbulkan masalah kesehatan.

Menurut studi yang dilakukan oleh Kumar et al. (2018), besi terlarut dalam air sungai berpotensi menurunkan kualitas air baku yang digunakan untuk konsumsi domestik. Studi tersebut menekankan pentingnya pemantauan dan pengelolaan kadar besi dalam air baku untuk memastikan air tetap aman digunakan. Dengan demikian, pengendalian kadar besi terlarut dalam air baku sungai sangat penting untuk menjamin kualitas air yang layak digunakan, baik untuk keperluan domestik maupun industri.

2.1.6 Nitrat

Nitrat merupakan salah satu parameter penting yang digunakan dalam penilaian kualitas air baku sungai. Senyawa ini umumnya berasal dari berbagai sumber, termasuk aktivitas pertanian seperti penggunaan pupuk nitrogen, limbah domestik, serta limpasan air dari lahan pertanian dan urbanisasi. Kandungan nitrat yang tinggi dalam air dapat mengindikasikan adanya pencemaran dari kegiatan manusia dan dapat menyebabkan masalah kesehatan serius jika dikonsumsi dalam jumlah besar, seperti methemoglobinemia atau "blue baby syndrome" pada bayi (Ward et al., 2005).

Dalam penelitian oleh Kross et al. (1993), ditemukan bahwa konsentrasi nitrat yang berlebihan dalam sumber air minum dapat menimbulkan risiko kesehatan yang signifikan, terutama pada populasi rentan. Oleh karena itu, pemantauan kadar nitrat dalam air baku sungai menjadi sangat penting untuk memastikan kualitas air yang aman bagi konsumsi dan kebutuhan sehari-hari. World Health Organization (WHO) menetapkan batas aman nitrat dalam air minum sebesar 50 mg/L untuk mencegah dampak negatif terhadap kesehatan (WHO, 2017).

Pengelolaan kualitas air dengan memantau kadar nitrat menjadi langkah preventif dalam mencegah kontaminasi air yang lebih luas, terutama di daerah yang bergantung pada sumber air baku sungai untuk kebutuhan domestik dan pertanian. Pemantauan secara berkala juga membantu identifikasi awal terhadap potensi pencemaran yang dapat mempengaruhi ekosistem perairan.

2.2 Bangunan Pengolahan Air Bersih

2.2.1 Intake dan Bar Screen

2.2.1.1 Intake

Intake adalah bangunan yang biasanya terletak di sumber air permukaan seperti sungai dan danau. Fungsinya sebagai alat penangkap air dari sumber air baku untuk kemudian dialirkan ke unit pengolahan selanjutnya. Berdasarkan metode pengambilannya, intake dapat dibagi menjadi dua jenis (Kawamura, 1991):

1. Intake gravitasi

Jenis ini memanfaatkan prinsip gravitasi untuk menangkap air dari sumbernya. Aliran air masuk ke dalam intake hanya dengan mengandalkan elevasi, tanpa bantuan teknologi tambahan.

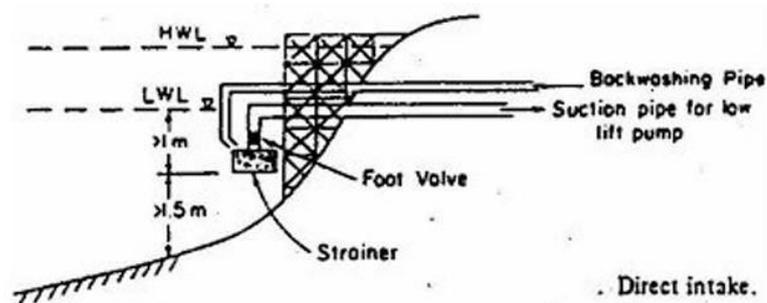
2. Intake pemompaan

Pada jenis ini, air ditangkap dengan bantuan pompa yang bekerja melawan gravitasi. Pompa membantu memindahkan air ke penampungan, yang kemudian dialirkan menuju proses pengolahan.

Intake memiliki berbagai jenis sesuai dengan kebutuhan. Menurut Kawamura (2000), terdapat beberapa tipe intake, antara lain:

1. Bangunan penyadap langsung (direct intake)

Direct intake biasanya digunakan pada sumber air permukaan dengan kedalaman yang tinggi seperti sungai dan danau. Jenis ini dapat menyebabkan erosi pada dasar dinding karena tidak adanya struktur penahan pada bagian dasar.



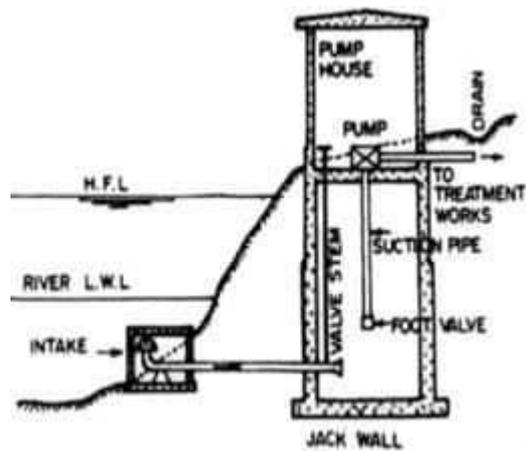
Gambar 2. 1 Direct Intake

(Sumber: Kawamura, 2000)

2. Bangunan penyadap tidak langsung (indirect intake)

a. River intake

Bangunan ini mengandalkan pipa penyadap dengan bentuk sumur pengumpul. Konsep bangunan ini mengumpulkan air terlebih dahulu sebelum dilanjutkan ke unit berikutnya. River intake cocok digunakan untuk sungai yang memiliki perbedaan level muka air di musim penghujan dan musim kemarau cukup tinggi.

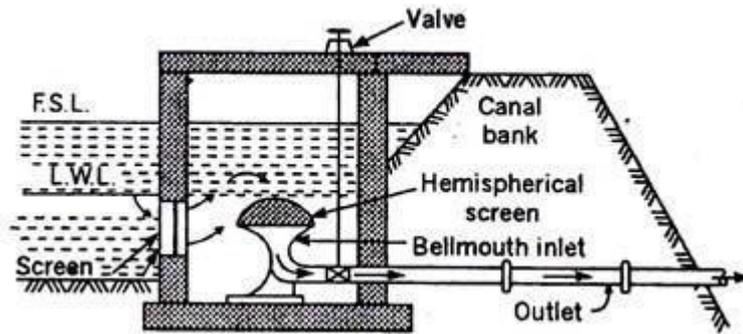


Gambar 2. 2 Indirect Intake

(Sumber: Kawamura, 1991)

b. Canal intake

Bangunan ini biasanya ditemukan pada kanal air. Pada dasarnya intake sebagai bangunan penangkap air, bangunan ini akan menangkap aliran air dari kanal menggunakan dinding chamber atau pintu air yang mengarah ke kanal. Dibalik dinding chamber dilengkapi pipa yang akan menyalurkan ke unit berikutnya.

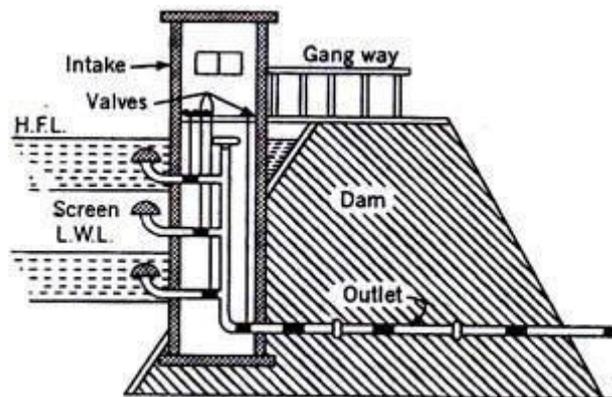


Gambar 2. 3 Canal Intake

(Sumber: Kawamura, 1991)

c. Reservoir intake

Bangunan intake ini digunakan pada sumber air yang berasal dari bendungan atau dam air. Pada bangunan ini memiliki menara intake yang berguna sebagai operator dan pengawasan intake. Pada menara ini terdapat inlet dengan ketinggian berbagai level yang berguna untuk mencegah fluktuasi muka air.



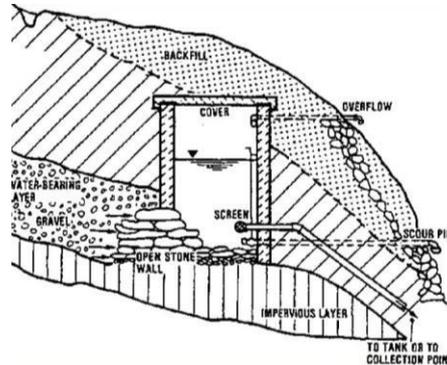
Gambar 2. 4 Reservoir Intake

(Sumber: Kawamura, 1991)

d. Spring intake

Bangunan spring intake secara mudahnya yaitu intake yang berfungsi menangkap air pada sumber air baku tanah atau mata air. Pada bangunan ini terdapat pipa dan bangunan yang tertanam padatanah atau mata air, kemudian akan ditampung

pada spring box dan selanjutnya akan disalurkan pada pengolahan berikutnya.

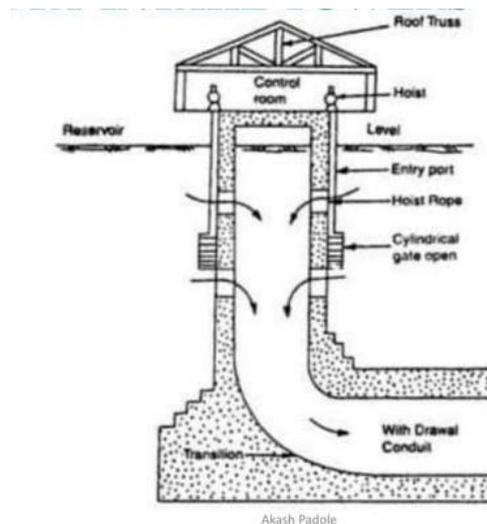


Gambar 2. 5 Spring Intake

(Sumber: SSWM (sustainable sanitation and water management))

e. Intake tower

Bangunan ini digunakan untuk menangkap air pada kedalaman tertentu yang secara spesifik dibangun pada dasar air. Bangunan ini dapat menggunakan pompa atau secara langsung dapat menampung air menggunakan gravitasi berdasarkan ketinggian air.



Gambar 2. 6 Intake Tower

(Sumber: Collection and Distribution of water by Zerihun Alemayehu)

f. Gate intake

Bangunan gate intake ini pada dasarnya seperti pintu air yang memiliki bar screen untuk menyaring air yang masuk sebelum dilirkan menuju pengolahan berikutnya.

2.2.1.2 Screen

Bar screen atau unit screening dalam proses pengolahan air baik air bersih maupun air limbah berfungsi sebagai penyaring atau penghilang padatan kasar yang berasal dari inlet pengolahan. Padatan kasar yang dihilangkan merupakan padatan yang terbawa dari sumber air baku pada proses pengolahan air bersih dan padatan yang berasal dari sisa hasil produksi pada proses pengolahan air limbah. Padatan ini berupa padatan kasar seperti kayu, bahan-bahan dari plastik, daun, ranting pasir, kerikil, kain dan lain-lain dengan ukuran $> 0,5 - 1,0$ cm sehingga tidak mengganggu proses pengolahan pada bangunan pengolahan air Minum selanjutnya (Metcalf & Eddy et al., 2007).

Padatan yang diperoleh dari proses screening di unit bar screen akan di akumulasikan, dikeringkan, dan disimpan sebelum akhirnya dibuang. Peran dari unit screening ini adalah untuk menghilangkan bahan-bahan kasar dari aliran yang mampu

1. merusak peralatan unit pengolahan berikutnya
2. mengurangi kinerja dan efektivitas unit proses pengolahan secara keseluruhan; dan
3. dan mencemari saluran air.

Menurut Reynold & Richards (1996), terdapat 2 jenis bar screen menurut mekanisme operasinya yaitu dengan pembersihan manual dan mekanik. Adapun ditinjau dari jenisnya terdapat fine screen (saringan halus) dan coarse screen (saringan kasar).

2.2.2 Bak Penampung

Bak penampung merupakan unit penyeimbang di mana debit dan kualitas limbah yang akan menuju unit selanjutnya harus sudah dalam kondisi konstan. Bak penampung akan menampung sementara air limbah pada periode waktu tertentu dan mengalirkan air dari bangunan ke bangunan pengolah air limbah

lainnya. Bak penampung dimanfaatkan ketika ada pembersihan atau perbaikan unit yang membutuhkan waktu lama atau mengharuskan proses pengolahan limbah dihentikan, sehingga limbah dari industri dapat disimpan pada bak penampung. Berikut merupakan gambar bak penampung berbentuk persegi panjang.

2.2.3 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:

- Zona Inlet
Tempat memperhalus aliran transisi dari aliran influen ke aliran *steady uniform* di zona settling.
- Zona Pengendapan
Tempat berlangsung nya proses pengendapan atau pemisahan partikel-partikel diskrit di dalam air Minum.
- Zona Lumpur
Tempat menampung material yang diendapkan bersama lumpur endapan.
- Zona Outlet
Tempat memperhalus aliran transisi dari zona settling ke aliran efluen serta mengatur debit efluen (Qasim et al., 2000).

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 dibawah ini

Tabel 2. 1 Desain Tipikal Prasedimentasi

<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>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>Primary settling with waste activated-sludge return</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

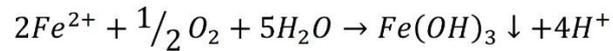
(Sumber: Metcalf & Eddy et al., 2007 Hal 398)

2.2.4 Aerasi

Aerasi adalah suatu proses penambahan udara ataupun 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 kedalam air). Perpindahan gas dari atmosfer ke air (penambahan oksigen terlarut) akan meningkatkan oksidasi besi, mangan, dan logam lain ke tingkat oksidasi yang lebih tinggi dan lebih tidak larut. Endapan ini akan menjadi dibuang di bak sedimentasi dan unit filtrasi (Droste, 1997).

Tujuan dari proses aerasi adalah meningkatkan konsentrasi oksigen yang berada di dalam air yang berguna dalam pengolahan air. Terjadi kontak antara air dan oksigen dikarenakan adanya penambahan udara dalam air pada proses aerasi sehingga dapat membentuk endapan $(OH)_3$, hal tersebut juga berlaku pada logam lain. Selain itu aerasi juga meningkatkan produksi oksigen ditandai

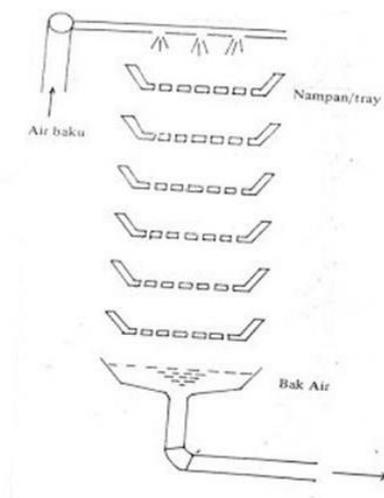
dengan penurunan parameter organik dan Chemical oxygen demand (COD). Berikut reaksi kimia yang terjadi pada besi saat aerasi berlangsung (Izzati Istihara, 2019):



Jenis-jenis metode aerasi, antara lain:

1. *Waterfall aerator* (aerator air terjun)

Pengolahan aerasi dengan metode *waterfall/multiple aerator* seperti pada gambar, susunannya sangat sederhana dan tidak mahal serta memerlukan ruang yang kecil. Jenis aerator terdiri atas 4-8 *tray* dengan dasarnya penuh lubang-lubang pada jarak 30-50 cm. Melalui pipa berlubang air dibagi rata melalui atas *tray*, dari sini percikan-percikan kecil turun ke bawah 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 berlubang-lubang, pipa plastik yang berdiameter kecil atau lempengan yang terbuat dari kayu secara paralel.

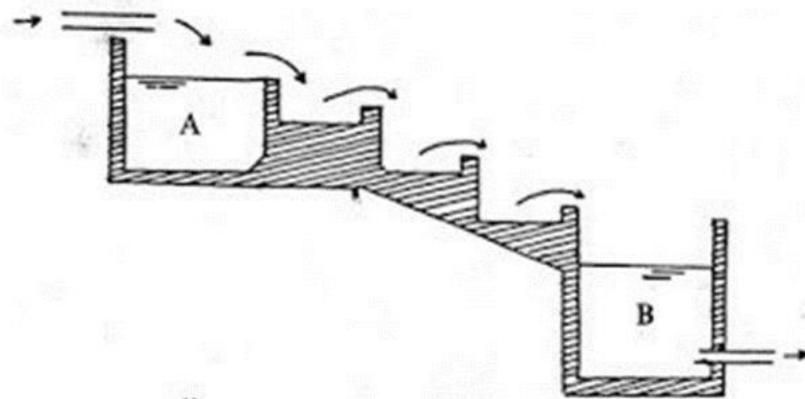


Gambar 2. 7 Waterfall Aerator

(Sumber: [Aerasi : Pengertian, Tujuan, dan Berbagai Macam Metoda Aerasi |Informasi Kesling](#))

2. *Cascade Aerator*

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

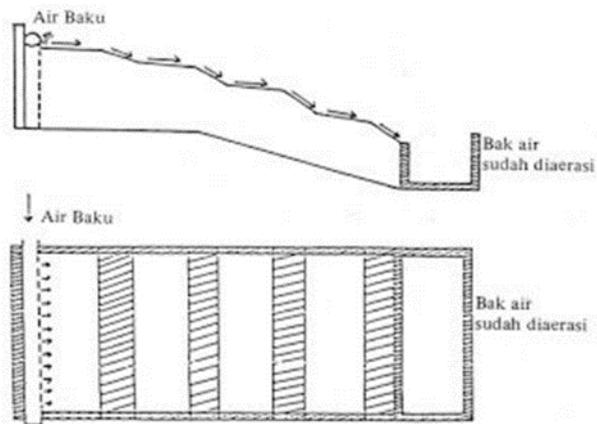


Gambar 2. 8 Cassade Aerator

(Sumber: [Aerasi : Pengertian, Tujuan, dan Berbagai Macam Metoda Aerasi | Informasi Kesling](#))

3. *Submerged Cascade Aerator*

Aerasi tangga seperti pada gambar di bawah ini penangkapan udaranya terjadi pada saat air terjun dari lempengan-lempengan trap yang membawanya. Oksigen kemudian dipindahkan dari gelembung-gelembung udara ke dalam air. Total ketinggian jatuh kira-kira 1,5 m dibagi dalam 3-5 step. Kapasitas bervariasi antara 0,005 dan 0,5 m³/det per meter luas.

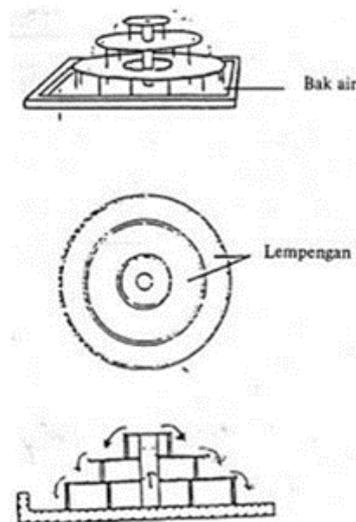


Gambar 2. 9 *Submerged Cascade Aerator*

(Sumber: [Aerasi : Pengertian, Tujuan, dan Berbagai Macam Metoda Aerasi | Informasi Kesling](#))

4. *Multiple Plat Form Aerator*

Multiple Plat Form Aerator memakai prinsip yang sama, yaitu memiliki lempengan-lempengan untuk menjatuhkan air guna mendapatkan kontak secara penuh terhadap air.



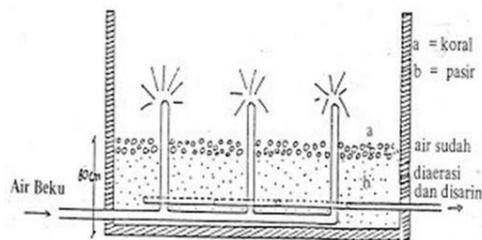
Gambar 2. 10 *Multiple Plat Form Aerator*

(Sumber: [Aerasi : Pengertian, Tujuan, dan Berbagai Macam Metoda Aerasi | Informasi Kesling](#))

5. *Spray Aerator*

Spray Aerator terdiri atas *nozzle* penyemprot yang tidak bergerak (*stationary nozzles*) dihubungkan dengan kisi lempengan yang mana air disemprotkan ke

udara di sekeliling pada kecepatan 5-7 m/detik. *Spray aerator* sederhana diperlihatkan pada gambar, dengan pengeluaran air ke arah bawah melalui batang-batang pendek dari pipa yang panjangnya 25 cm dan diameter 15- 20 mm. Piringan melingkar ditempatkan beberapa sentimeter di bawah setiap ujung pipa, sehingga bisa berbentuk selaput air tipis melingkar yang selanjutnya menyebar menjadi tetesan-tetesan yang halus. *Nozzle* untuk *spray aerator* bentuknya bermacam-macam, ada juga *nozzle* yang dapat berputar-putar.

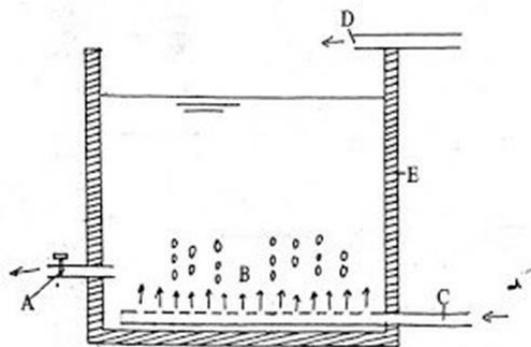


Gambar 2. 11 Sparay Aerator

(Sumber: [Aerasi : Pengertian, Tujuan, dan Berbagai Macam Metoda Aerasi | Informasi Kesling](#))

6. *Bubble Aerator* (*Aerator* Gelembung Udara)

Jumlah udara yang diperlukan untuk aerasi bubble (aerasi gelembung udara) tidak banyak, tidak lebih dari 0,3 – 0,5 m³ udara atau m³ air dan volume ini dengan mudah bisa dinaikkan memalui suatu penyedotan udara. Udara disemprotkan melalui dasar dari bak air yang akan diaerasi.



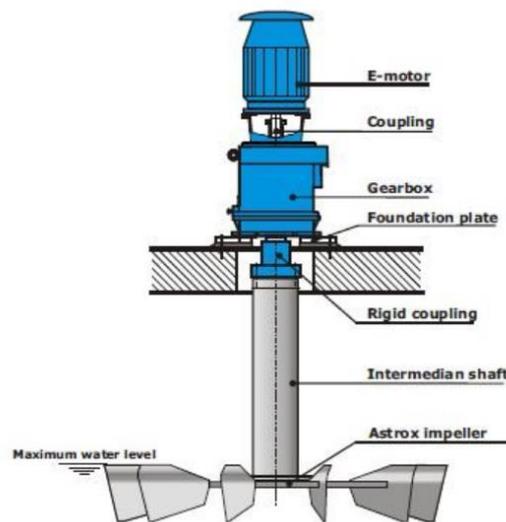
Gambar 2. 12 Bubble Aerator

(Sumber: [Aerasi : Pengertian, Tujuan, dan Berbagai Macam Metoda Aerasi | Informasi Kesling](#))

7. *Surface Aerator*

Surface Aerator merupakan mesin untuk menyuplai udara dan juga dinyatakan sebagai alat yang dapat menghasilkan oksigen dalam proses pengolahan pada air limbah. Sesuai dengan nama yang dimilikinya mesin aerator ini tampil dengan model surface yang mana penggunaannya ditujukan di kolam aerasi pada pengolahan air kotor atau limbah. Sementara itu, jika dilihat dari model aerator yang ada di pasaran Indonesia, Maka mesin ini pun dibagi menjadi 2 jenis berbeda. Pertama dikenal dengan model turbo jet aerator sedangkan bagian yang kedua adalah surface jet aerator.

Untuk pemilihan yang tepat di antara kedua jenis aerator tersebut dapat Anda sesuaikan antara proyek pengolahan pada air limbah yang dilakukan dengan desain dari aerator calculation yang dimilikinya. Dalam hal ini pengolahan air limbah yang memiliki kandungan total suspended solid yang tinggi Maka akan sangat cocok untuk dilakukan dengan model aerator surface. Sementara itu, jika kandungan dari total suspended solid yang dikandungnya rendah, Maka Anda pun dapat menggunakan model aerator turbo jet.



Gambar 2. 13 *Surface Aerator*

(Sumber: <https://www.lantec-environmental.com/wp-content/uploads/>)

8. *Multiple Tray Aerator*

Multiple Tray Aerator terdiri dari suatu rangkaian bak yang disusun seperti rak

(*tray*) dan dilubangi pada bagian dasarnya. Air dialirkan dari puncak berupa air terjun kecil yang kemudian didistribusikan secara merata pada masing-masing rak (*tray*) dan kemudian dikumpulkan pada suatu bak di bagian dasarnya (*collecting pans*). Pemerataan distribusi air di atas *tray* sangat penting untuk memperoleh efisiensi perpindahan gas secara maksimum. Media kasar seperti arang, batu atau bola keramik yang ukurannya berkisar antara 26 inch (5-15 cm) adalah sangat penting untuk digunakan, karena dapat meningkatkan efisiensi pertukaran gas, sebagai efek katalis dari mangan oksida.

Multiple tray aerator harus dilengkapi dengan sistem ventilasi yang cukup. Jika unit ini ditempatkan dalam suatu bangunan yang terdapat pencemaran udara, maka efektivitas dan efisiensi dari unit akan berkurang, karena terjadi kontaminasi dari udara yang masuk dengan kandungan atau unsur-unsur tertentu yang ingin dihilangkan

2.2.5 Koagulasi - Flokulasi

Koagulasi-Flokulasi bertujuan untuk menyatukan partikel koloid sehingga membentuk partikel ukuran lebih besar yang selanjutnya dapat dipisahkan dengan cara yang lebih efisien melalui sedimentasi, flotasi, atau penyaringan dengan menambahkan bahan koagulan (Dalimunthe, 2007; Shammas & Wang, 2016).

Air baku dari air permukaan biasanya mengandung partikel tersuspensi. Partikel yang tersuspensi dalam air dapat berupa partikel koloid bebas dengan ukuran sangat kecil, mulai dari 0,001 mikron (10^{-6} mm) hingga 1 mikron (10^{-3} mm). Partikel yang ditemukan dalam kisaran ini termasuk Partikel anorganik, seperti serat asbes, tanah liat dan lanau atau lanau, Sedimen koagulan dan partikel organik, seperti humus, virus, bakteri dan plankton. Umumnya, dispersi koloid memiliki pemendaran cahaya. Karakteristik luminesensi ini diukur dalam satuan kekeruhan.

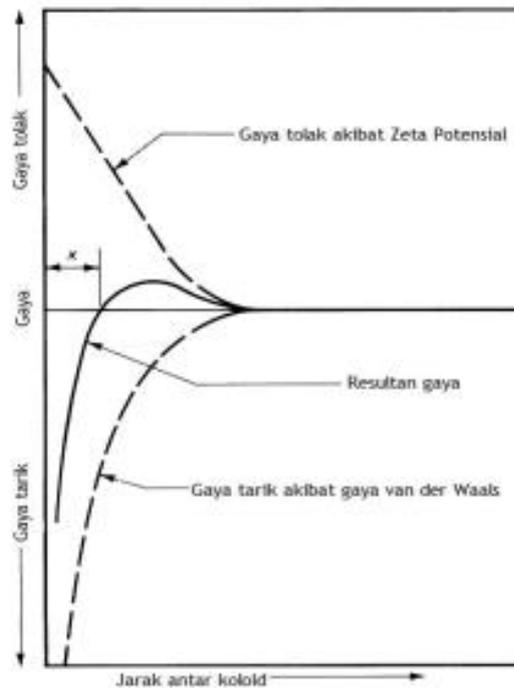
Umumnya, karena stabilitas suspensi koloid, partikel tersuspensi sulit untuk mengendap secara alami. Alasan kestabilan koloid adalah (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012) :

1. Gaya Van der Waals Gaya ini adalah gaya tarik antara dua massa, dan besarnya bergantung pada jarak di antara keduanya.
2. Gaya elektrostatis adalah gaya utama yang menjaga suspensi koloid dalam keadaan stabil. Kebanyakan koloid diisi oleh oksida logam yang umumnya bermuatan positif, sedangkan oksida non-logam dan sulfida logam umumnya bermuatan negatif. Stabilitas koloid disebabkan oleh tolakan antar koloid dengan muatan yang sama. Gaya ini disebut zeta potensial.
3. Gerak Brown adalah gerak acak partikel koloid yang disebabkan oleh partikel bermassa kecil. Biasanya, gaya van der Waals dan gaya elektrostatis saling meniadakan, dan saat jarak antar koloid meningkat, kedua gaya ini mendekati nol. Akibat dari kedua gaya ini biasanya menghasilkan gaya tolak yang lebih besar. Ini membuat partikel dan koloid stabil.

Tabel 2. 2 Kriteria Weir Loading Rate

Ukuran Partikel (mm)	Tipe Partikel	Waktu Pengendapann (h = 1m)
10	Kerikil	1 s
1	Pasir	10 s
10^{-1}	Pasir Halus	2 menit
10^{-2}	Lempung	2 jam
10^{-3}	Bakteri	8 hari
10^{-4}	Koloid	2 tahun
10^{-5}	Koloid	20 tahun
10^{-6}	Koloid	200 tahun

(Sumber: Water Treatment Handbook: 6th edition, Volume 1, 1991)



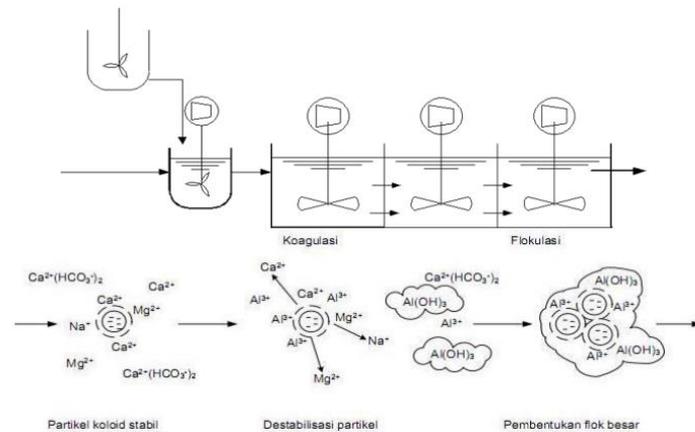
Gambar 2. 14 Gaya – Gaya Pada Koloid

(Sumber: Ali Masduqi, Abdul F. Assomadi, 2012)

Koagulasi dan flokulasi merupakan dua proses yang tidak dapat dipisahkan. Selama proses koagulasi, koloid dan partikel dalam air tidak stabil akibat 28 pengadukan yang cepat dan penambahan bahan kimia (disebut koagulan). Akibat pengadukan yang cepat, koloid dan partikel stabil menjadi tidak stabil setelah terurai menjadi partikel bermuatan positif dan negatif. Pembentukan ion positif dan negatif juga dihasilkan oleh dekomposisi koagulan. Setelah proses ini, ikatan terbentuk antara ion positif koagulan (seperti Al^{3+}) dan ion negatif partikel (seperti OH^-), dan antara ion positif partikel (seperti Ca^{2+}) dan ion negatif koagulan (seperti SO_4^{2-}) Membentuk ikatan, yang mengarah pada pembentukan inti flokulasi. (pengendapan). (Ali Masduqi F. Asomadi, 2012)

Koagulan atau Flokulan dibubuhkan ke dalam air yang dikoagulasi yang bertujuan untuk memperbaiki pembentukan flok dan untuk mencapai sifat spesifik flok yang diinginkan. Koagulan adalah zat kimia yang menyebabkan destabilisasi muatan negatif partikel di dalam suspensi. Zat ini merupakan

donor muatan positif yang digunakan untuk mendestabilisasi muatan negatif partikel (Pulungan, 2012).



Gambar 2. 15 Proses Koagulasi – Flokulasi

(Sumber: Ali Masduqi, Abdul F. Assomadi, 2012)

Proses koagulasi-flokulasi terjadi pada agitator cepat dan agitator lambat, membentuk flok-flok besar yang mudah diendapkan di dalam bak pengendapan (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012).

Koagulan atau Flokulan dibubuhkan ke dalam air yang dikoagulasi yang bertujuan untuk memperbaiki pembentukan flok dan untuk mencapai sifat spesifik flok yang diinginkan. Koagulan adalah zat kimia yang menyebabkan destabilisasi muatan negatif partikel di dalam suspensi. Zat ini merupakan donor muatan positif yang digunakan untuk mendestabilisasi muatan negatif partikel (Pulungan, 2012). Pada tabel dapat dilihat koagulan yang umum digunakan pada pengolahan air.

Tabel 2. 3 Jenis-Jenis Koagulan

Nama	Formula	Bentuk	Reaksi dengan Air	pH Optimum
Aluminium sulfat	$Al_2(SO_4)_3 \cdot xH_2O$ $x = 14,16,18$	Bongkah, bubuk	Asam	6,0-7,8
Sodium alumiat	$Na_2Al_2O_4$	Bubuk	Basa	6,0-7,8
Polyaluminium Chloride, PAC	$Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$	cairan bubuk	Asam	6,0-7,8

Ferri sulfat	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	kristal halus	Asam	4 – 9
Ferri Klorida	$\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	Bongkah, cairan	Asam	4 - 9
ferro Sulfat	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	kristal halus	Asam	>8,5

(Sumber: Sugiarto, 2007)

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. 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 koagulasi 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 6-9.

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 mikroflok yang terbentuk hanya sedikit, akibatnya kekeruhan akan naik. Dosis koagulan yang berlebihan akan menimbulkan efek samping pada partikel sehingga kekeruhan akan meningkat.

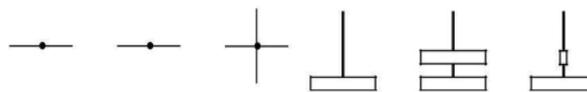
4. Pengadukan (mixing)

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 mikroflok. 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.

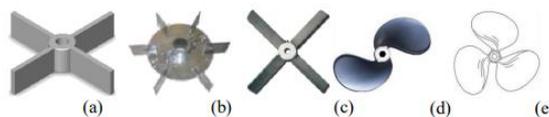
5. Pengaruh Garam

Garam dapat mempengaruhi proses penggumpalan. Pengaruh yang diberikan akan berbeda bergantung dengan macam garam (ion) dan konsentrasinya. Semakin besar valensi ion, semakin besar pengaruhnya terhadap koagulan. Penggumpalan dengan garam Fe dan Al akan banyak dipengaruhi oleh anion dibanding dengan kation. Jadi natrium, kalsium, dan magnesium relatif tidak mempengaruhi (Patimah, 2009). Koagulasi atau pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu: pengadukan mekanis, hidrolis, dan pneumatik. 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). Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu G dan td . Sedangkan untuk menghitung besarnya tenaga (power) yang dibutuhkan, perlu memperhatikan jenis impeller yang digunakan dan nilai konstanta KL dan KT .



Gambar 2. 16 Tipe Paddle (a) Tampak atas, (b) tampak samping

(Sumber: Qasim, 1985)



Gambar 2. 17 Tipe turbine dan propeller: (a) Turbine blade lurus, (b) turbine blade dengan piringan, (c) turbine dengan blade menyerong, (d) propeller 2 blade,

(e) propeller 3 blade

(Sumber: Qasim, 1985)

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 Waktu Pengadukan Mekanis dan Gradien Kecepatan

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

Sumber: Reynolds & Richards, 1996:184

Tabel 2. 6 Konstanta KL dan KT untuk Tangki Berserat

Jenis Impeller	KL	KT
Propeller, pitch of 1, 3 blades	41,0	0,32
Propeller, pitch of 2, 3 blades	43,5	1,00
Turbine, 4 flat blades, vaned disc	60,0	5,31
Turbine, 6 flat blades, vaned disc	65,0	5,75

Jenis Impeller	KL	KT
Turbine, 6 curved blades	70,0	4,80
Fan turbine, 6 blades at 45°	70,0	1,65
Shrouded turbine, 6 curved blades	97,5	1,08
Shrouded turbine, with stator, no baffles	172,5	1,12
Flat paddles, 2 blades (single paddles), $D_i/W_i=4$	43,0	2,25
Flat paddles, 2 blades, $D_i/W_i=6$	36,5	1,70
Flat paddles, 2 blades, $D_i/W_i=8$	33,0	1,15
Flat paddles, 4 blades, $D_i/W_i=6$	49,0	2,75
Flat paddles, 6 blades, $D_i/W_i=8$	71,0	3,82

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 sebagai 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.

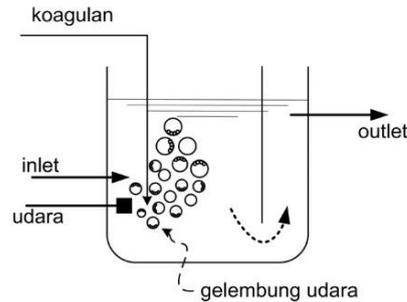
Pengadukan lambat dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20 sampai 100 detik⁻¹) selama 10 hingga 60 menit atau nilai GTd (bilangan Camp) berkisar 48000 hingga 210000. Gradien kecepatan diturunkan secara bertahap agar flok yang telah terbentuk tidak pecah dan berkesempatan bergabung dengan yang lain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

detensi untuk proses flokulasi adalah:

1. Air sungai
 - Waktu detensi = minimum 20 menit
 - $G = 10-50 \text{ detik}^{-1}$
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
 - $G = 20-75 \text{ detik}^{-1}$
 - $GTd = 10.000-100.000$ (Masduqi & Assomadi, 2012:110)

A. Pengadukan Pneumatis

Pengadukan pneumatis adalah pengadukan yang menggunakan udara (gas) berbentuk gelembung sebagai tenaga pengadukan. Gelembung tersebut dimasukkan ke dalam air dan akan menimbulkan Gerakan pada air. Injeksi udara bertekanan ke dalam air akan menimbulkan turbulensi, akibat lepasnya gelembung udara ke permukaan air. Aliran udara yang digunakan untuk pengadukan cepat harus mempunyai tekanan yang cukup besar sehingga mampu menekan dan menggerakkan air. Makin besar tekanan udara, kecepatan gelembung udara yang dihasilkan makin besar dan diperoleh turbulensi yang makin besar pula.



Gambar 2. 18 Pengadukan Cepat Secara Pneumatis

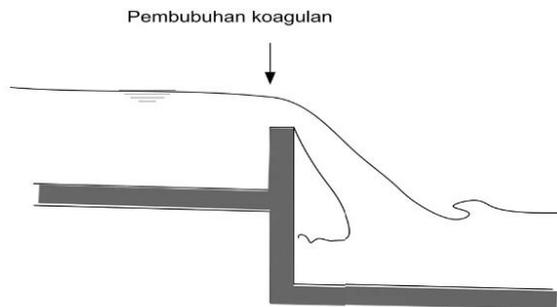
(Sumber : Zuliana, 2012)

B. Pengadukan Hidrolis

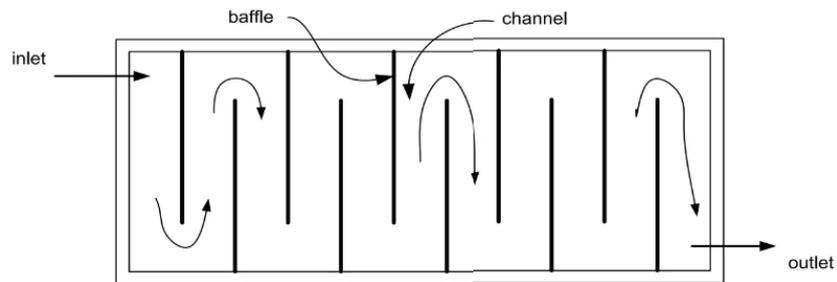
Pengadukan hidrolis adalah pengadukan yang memanfaatkan aliran air sebagai tenaga pengadukan. Tenaga pengadukan ini dihasilkan dari energi hidrolik yang dihasilkan dari suatu aliran hidrolik. Energi hidrolik dapat berupa energi gesek, energi potensial (jatuhan) atau adanya lompatan hidrolik dalam suatu aliran.

Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada pengadukan cepat haruslah aliran air yang menghasilkan energi hidrolik yang besar. Dalam hal ini dapat dilihat dari besarnya kehilangan energi (*headloss*) atau perbedaan muka air. Dengan tujuan menghasilkan turbulensi yang besar tersebut, maka jenis aliran yang sering digunakan sebagai pengadukan cepat adalah terjunan, loncatan hidrolik, dan *parshall flume*.

Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan ada pengadukan lambat adalah aliran air yang menghasilkan energi hidrolik yang lebih kecil. Aliran air dibuat relatif lebih tenang dan dihindari terjadinya turbulensi agar flok yang terbentuk tidak pecah lagi. Beberapa contoh pengadukan hidrolis untuk pengadukan lambat adalah kanal bersekat perforated wall, gravel bed dan sebagainya.



Gambar 2. 19 Pengadukan Cepat dengan Terjunan
(Sumber : Zuliana, 2012)

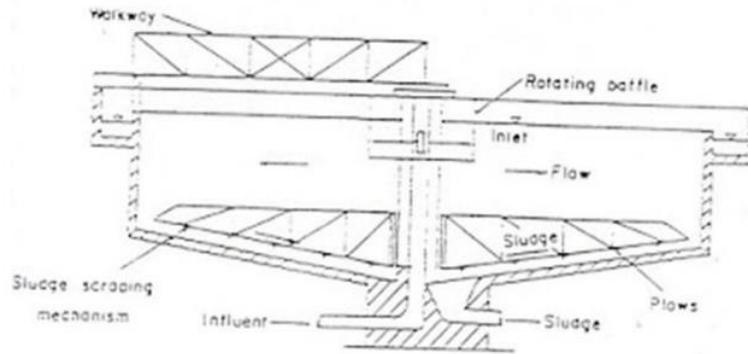


Gambar 2. 20 Pengadukan Lambat dengan Baffled Channel
(Sumber : Zuliana, 2012)

2.2.6 Sedimentasi

Sedimentasi adalah pemisahan padatan dari cairan dengan menggunakan pengendapan secara gravitasi untuk memisahkan partikel tersuspensi yang terdapat dalam cairan tersebut. Proses ini sangat umum digunakan pada instalasi pengolahan air minum. Aplikasi utama dari sedimentasi pada instalasi pengolahan air minum, adalah:

1. Pengendapan awal dari air permukaan sebelum pengolahan oleh unit saringan pasir cepat.
2. Pengendapan air yang telah melalui proses prasedimentasi sebelum memasuki unit saringan cepat.
3. Pengendapan air yang telah melalui proses penyemprotan desinfektan pada instalasi yang menggunakan pipa dosing alum, soda, NaCl, dan chlorine.
4. Pengendapan air pada instalasi pemisahan besi dan mangan.



Gambar 2. 21 Bak Sedimentasi

(Sumber: [Makalah PAM Sedimentasi - Cara Cararaaa](#))

Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah:

1. Pengendapan Tipe I (*Free Settling*).
2. Pengendapan Tipe II (*Flocculent Settling*).
3. Pengendapan Tipe III (*Zone/Hindered Settling*).
4. Pengendapan Tipe IV (*Compression Settling*).

Pada setiap bangunan sedimentasi terdapat empat zona:

1. Zona Inlet
2. Zona Outlet
3. Zona Settling
4. Zona Transisi
5. Zona Sludge

Adapun zona-zona tersebut dapat digambarkan seperti di bawah ini, Dimana pada setiap zona terjadi proses-proses sebagai berikut:

1. Zona Inlet

Pada zona inlet terjadi distribusi aliran yang menuju zona settling ($\pm 25\%$ panjang bak)

2. Zona Settling

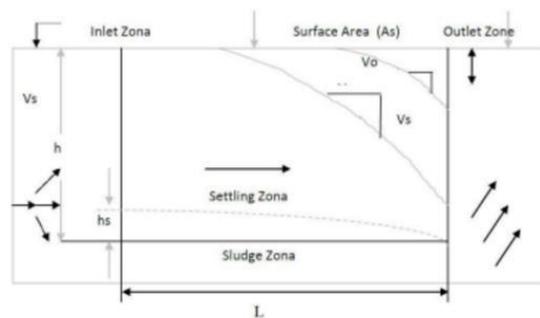
Pada zona settling terjadi proses pengendapan yang sesungguhnya

3. Zona Sludge

Zona sludge merupakan ruang lumpur, dimana konfigurasi dan kedalamannya tergantung pada metode pengurasan dan jumlah endapan lumpur. Untuk partikel 75% mengendap pada 1/5 volume bak.

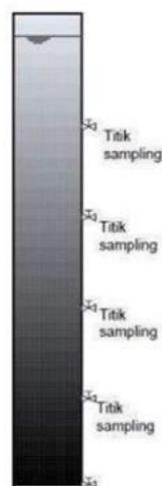
4. Zona Outlet

Zona outlet menghasilkan air yang jernih tanpa suspensi yang ikut terbawa. Kecepatan pengendapan partikel tidak bisa ditentukan dengan persamaan *Stoke's* karena ukuran dan kecepatan pengendapan tidak tetap. Besarnya partikel yang mengendap di uji dengan column setting test dengan multiple withdraw ports. Dengan menggunakan kolom pengendapan tersebut, sampling dilakukan pada setiap port pada interval waktu tertentu, dan data removal partikel diplot pada grafik.



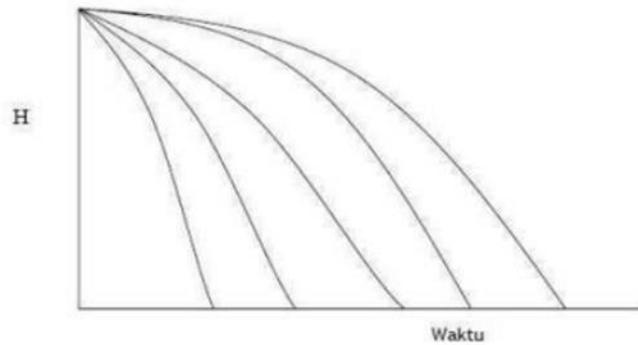
Gambar 2. 22 Zona Pada Bak Sedimentasi

(Sumber: Al Layla, *Water Supply Engineering Design*)



Gambar 2. 23 Kolom Test Sedimentasi Tipe II

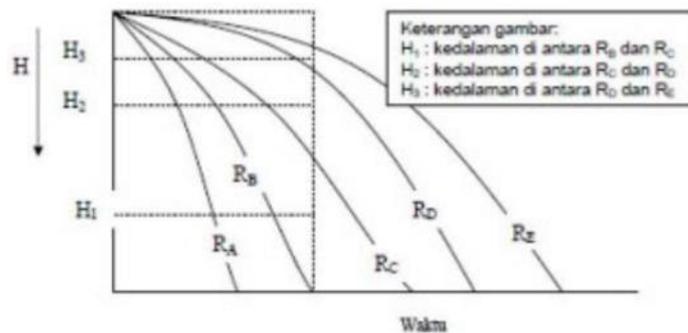
(Sumber: Al Layla, *Water Supply Engineering Design*)



Gambar 2. 24 Grafik Iso removal

(Sumber: Al Layla, *Water Supply Engineering Design*)

Grafik isoremoval dapat digunakan untuk mencari besarnya penyisihan total pada waktu tertentu. Titik garis vertikal dari waktu yang ditentukan tersebut. Dapat menentukan kedalaman H_1 , H_2 , H_3 .



Gambar 2. 28 Penentuan Kedalaman H dan Seterusnya

Sumber: (Al Layla, *Water Supply Engineering Design*)

Besarnya penyisihan total pada waktu tertentu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$R_T = R_B + \frac{H_1}{H} (R_C - R_B) + \frac{H_2}{H} (R_D - R_C) + \frac{H_3}{H} (R_E - R_D)$$

Grafik isoremoval juga dapat digunakan untuk menentukan lamanya waktu pengendapan dan surface loading atau overflow rate bila diinginkan efisiensi pengendapan tertentu. Langkah yang dilakukan adalah:

1. Menghitung penyisihan total pada waktu tertentu, minimal sebanyak tiga variasi waktu. (mengulangi langkah di atas minimal dua kali)
2. Membuat grafik hubungan persen penyisihan total (sebagai sumbu y) dengan waktu pengendapan (sebagai sumbu x)

3. Membuat grafik hubungan persen penyisihan total (sebagai sumbu y) dengan overflow rate (sebagai sumbu x).

Kedua grafik ini digunakan untuk menentukan waktu pengendapan atau waktu detensi (t_d) dan overflow rate (V_o) yang menghasilkan efisiensi pengendapan tertentu. Hasil yang diperoleh dari kedua grafik ini adalah nilai berdasarkan eksperimen di laboratorium (secara *batch*).

Nilai ini dapat digunakan dalam mendisain bak pengendap (aliran kontinyu) setelah dilakukan penyesuaian, yaitu dikalikan dengan faktor *scale up*. Untuk waktu detensi, faktor *scale up* yang digunakan pada umumnya adalah 1,75 dan untuk overflow rate, faktor *scale up* yang digunakan pada umumnya adalah 0,65 (Reynold dan Richards, 1996). Ada dua jenis bak sedimentasi yang biasa digunakan:

1. *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

2. *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.

2.2.7 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 sebagai berikut:

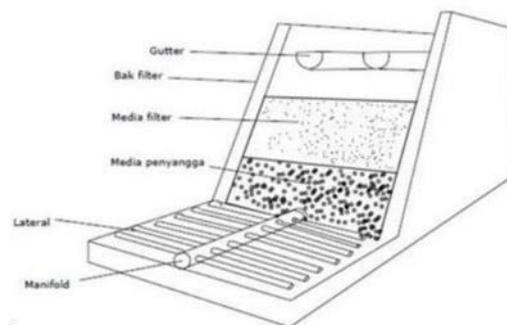
1. Proses penyaringan yang terjadi di setiap lapisan permukaan filter
2. Proses sedimentasi di dalam filter
3. Kontak antara partikel flok dengan lapisan kerikil atau dengan flok yang sudah terkumpul di atas lapisan filter d. Proses adsorpsi atau proses eletrokinetik
4. Proses koagulasi di dalam filter
5. Proses biologis di dalam filter
6. Penggabungan zat-zat koloid di dalam filter

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, diatomaceous earth filters, upflow filters dan lain sebagainya. Menurut Al-Layla pada tahun 1980, 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 m³/m².hr (namun terkadang laju filtrasinya dapat lebih dari 6 m³/m².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. 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. Pada gambar 2.29 dapat dilihat bagian-bagian filter.



Gambar 2. 25 Bagian-Bagian Filter

Sumber: (*Reynolds & Richard, 1996*)

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, anthrazit, 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.

Fraksi berat ini sering dinyatakan sebagai P10 (persentil 10). P10 yang dapat dihitung dari rasio ukuran rata – rata dan standar deviasi nya. 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). Kriteria untuk keperluan rapid sand filter adalah:

- Single media pasir:

$$UC = 1,3-1,7$$

$$ES = 0,45-0,7 \text{ mm}$$

$$UC = 1,4-1,9 \quad ES = 0,5-0,7 \text{ mm}$$

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 2.10.

Tabel 2. 7 Kriteria Filter Pasir Cepat

No.	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan
1.	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6-11	6-11
2.	Pencucian: Sistem pencucian	Tanpa/dengan blower & atau surface wash	Tanpa/dengan blower & atau surface wash
	Kecepatan (m/jam)	36-50	36-50
	Lama pencucian (menit)	10-15	10-15
	Periode antara dua pencucian (jam)	18-24	18-24
	Ekspansi (%)	30-50	30-50
No.	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan
3.	Dasar filter . Lapisan penyangga dari atas ke bawah		
	Kedalaman (mm)	80-100	80-100
	Ukuran butir (mm)	2-5	2-5
	Kedalaman (mm)	80-100	80-100
	Ukuran butir (mm)	5-10	5-10
	Kedalaman (mm)	80-100	80-100
	Ukuran butir (mm)	10-15	10-15

	Kedalaman (mm)	80-150	80-150
	Ukuran butir (mm)	15-30	15-30
	Filter Nozel		
	Lebar slot nozel (mm)	<0,5	<0,5
	Presentase luas slot nozel terhadap luas filter (%)	>4%	>4%
Harga	Rp3.800.000,00		

(Sumber: SNI 6774-2008)

2. Filter Pasir Lambat

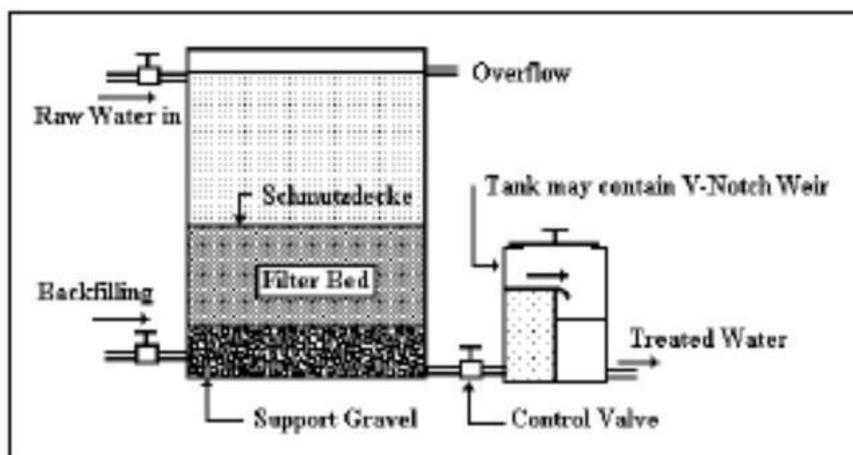
Filter pasir lambat atau slow sand filter adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi lambat yaitu sekitar 0,1 hingga 0,4 m/jam. Filter pasir lambat bekerja dengan cara pembentukan lapisan biofilm di beberapa milimeter bagian atas lapisan pasir halus yang disebut lapisan *hypogeal* atau *schmutzdecke*. 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 2.8.

Tabel 2. 8 Kriteria Filter Pasir Lambat

Kriteria	Nilai/Keterangan
Kecepatan filtrasi	0,1 -0,4 m ³ /jam
Ukuran bed	Besar,2000 m ²
Kriteria	Nilai/Keterangan
Kedalaman bed	30 cm kerikil, 90-110 cm pasir, berkurang 50-80 cm saat pencucian
Ukuran pasir	Effective size 0,25-0,3 mm, uniformity coefficient 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
Harga	Rp1.700.000,00

(Sumber: Schulz & Okun, 1984)



Gambar 2. 26 Filter Pasir Lambat

(Sumber: [BAB II 62.pdf \(undip.ac.id\)](#))

3. Filter Bertekanan (*Pressure Filter*)

Pada dasarnya Filter bertekanan (*pressure filter*) 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 2.9.

Tabel 2. 9 Kriteria Filter Pasir Bertekanan

No.	Unit	Nilai/Keterangan
1.	Kecepatan penyaringan (m/jam)	12-33
2.	Pencucian: Sistem pencucian Kecepatan (m/jam) Lama pencucian (menit) Periode antara dua pencucian (jam) Ekspansi (%)	Tanpa atau dengan <i>blower & atau surface wash</i> 72-198 - - 30-50
3.	Media pasir Tebal (mm) Single media Media ganda Ukuran efektif (ES) mm Koefisien keseragaman (UC) Berat jenis (kg/L) Porositas Kadar SiO ₂	300-700 600-700 300-600 - 1,2-1,4 2,5-2,65 0,4 >95%

4.	Media antrasit	
	Tebal (mm)	400-500
	ES (mm)	1,2-1,8 1,5
	(UC)	1,35
	Berat jenis (kg/L)	0,5
	Porositas	
5.	Dasar Filter	
	Nozel	
	Lebar slot nozel (mm)	<0,5
	Prosentase luas slot nozel terhadap luas filter (%)	>4%

(Sumber: SNI 6774-2008)

4. Hidrolika Pencucian (*Backwash*)

Apabila hidrolika pencucian (*Backwash*) digunakan dalam kurun waktu tertentu, filter akan mengalami penyumbatan akibat tertahannya partikel halus dan koloid oleh media filter. Tersumbatnya media filter ditandai oleh:

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

1. Menggunakan menara air
2. Interfilter

2.2.7 Desinfeksi

Salah satu persyaratan kualitas air minum adalah persyaratan mikrobiologis, yaitu air harus bebas dari mikroorganisme patogen. Desinfeksi merupakan proses membebaskan air minum dari mikroorganisme patogen. Metode disinfeksi secara umum ada dua, yaitu cara fisik dan cara kimiawi. Desinfeksi secara fisik adalah perlakuan fisik terhadap mikroorganisme, yaitu

panas dan cahaya yang mengakibatkan matinya mikroorganisme. Sedangkan metode disinfeksi secara kimiawi adalah memberikan bahan kimia ke dalam air sehingga terjadi kontak antara bahan tersebut dengan mikroorganisme yang berakibat matinya mikroorganisme tersebut.

Desinfeksi secara kimia menggunakan larutan kaporit, gas klor dan gas ozon. Sedangkan desinfeksi secara fisik menggunakan gelombang mikro dan sinar ultraviolet. Untuk membunuh mikroorganisme bersifat patogen terkandung dalam air, desinfektan/bahan desinfeksi yang digunakan adalah kaporit, bromin klorida, gas klor, gas iod, ozon dan Kalium Permanganat. Kemampuan desinfeksi dalam pengolahan air minum adalah:

1. Menghilangkan bau.
2. Mematikan alga.
3. Mengoksidasi nitrit menjadi nitrat.
4. Mengoksidasi ammonia menjadi senyawa amin.
5. Mengoksidasi fenol menjadi fenol yang tidak berbahaya.

Macam-macam faktor yang mempengaruhi efisiensi desinfeksi adalah:

1. Waktu kontak.
2. Konsentrasi desinfeksi.
3. Jumlah mikroorganisme.
4. Temperatur air.
5. pH.
6. Adanya senyawa lain dalam air.

Dalam perancangan kali ini, kami menggunakan metode desinfeksi dengan gas klor. Metode ini bertujuan untuk mengoksidasi logam-logam, membunuh mikroorganisme seperti plankton dan juga membunuh spora dari lumut, jamur, dan alga. Konsentrasi yang diberikan adalah 2-3 gr/m³ air, tergantung pada turbiditas air (Benny, 2008).

Klorin digunakan karena memiliki kecepatan oksidasi lebih besar dari aerasi, dan mampu mengoksidasi besi yang berikatan dengan zat organik. pH yang baik pada 8-8. Oksidasi besi membutuhkan waktu 15-30 menit. Pada umumnya proses standar penurunan Fe dan Mn menggunakan koagulasi

dengan alum, flokulasi, pengendapan, dan filtrasi dengan didahului proses preklorinasi. Dosis sisa klor yang dianjurkan 0,2-0,5 mg/l (Said, 2009).

Perlu dilakukan percobaan Daya Pengikat *Chlor* (DPC) untuk mengetahui dosis senyawa *chlor* (Cl_2) yang dibutuhkan oleh air untuk proses desinfeksi (membunuh bakteri). Daya Pengikat *Chlor* ditentukan cara selisih antara chlor yang dibubuhkan dengan sisa chlor setelah kontak setelah kontak selama 30 menit (Sawyer et al., 2003). Berikut adalah berbagai macam desinfeksi dengan metode yang berbedabeda beserta penjelasannya:

1. Desinfeksi dengan Ozon

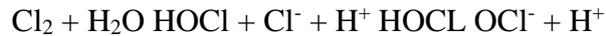
Ozon adalah zat pengoksidasi kuat sehingga dapat melakukan kerusakan bakteri antara 600 – 3000 lebih kuat dari klorin. Penggunaannya tidak dipengaruhi oleh pH air, sedangkan klorin sangat bergantung pada pH air. Mekanisme produksi ozon adalah eksitasi dan percepatan electron yang tidak beraturan dalam medan listrik tinggi. O_2 berarus bolak-balik melewati media arus listrik yang tinggi akan menghasilkan lompatan electron yang bergerak pada elektroda satu dan yang lain. Jika elektroda mencapai kecepatan cukup, maka akan menyebabkan molekul oksigen *splitting* ke bentuk atom oksigen radikal bebas. Atom-atom ini akan bergabung membentuk O_3 (ozon).

2. Desinfeksi dengan UV

Desinfeksi dengan UV dapat terjadi dengan interaksi langsung menggunakan sinar UV dan tidak langsung menggunakan zat pengoksidasi. Biasanya sinar UV yang digunakan mampu mematikan semua mikroorganisme. Daerah yang berperan dalam efek garmicial adalah UV-AC, dengan panjang gelombang 280-220 nm.

3. Desinfeksi dengan pembubuhan kimia

Metode ini menggunakan bahan kimia yang dicampurkan daam air kemudian diberikan waktu yang cukup agar memberi kesempatan kepada zat untuk berkontak dengan bakteri. Desinfeksi air minum yang sering dilakukan yaitu dengan memanfaatkan klorin. Reaksi yang terjadi pada pembubuhan klorin yaitu:



4. Desinfeksi dengan gas klor

Metode ini bertujuan untuk mengoksidasi logam-logam, membunuh mikroorganisme seperti plankton dan juga membunuh spora dari lumut, jamur, dan alga. Konsentrasi yang diberikan adalah 2-3 gr/m³ air, tergantung pada turbiditas air (Aji, 2015). Klorin digunakan karena memiliki kecepatan oksidasi lebih besar dari aerasi, dan mampu mengoksidasi besi yang berikatan dengan zat organik. pH yang baik pada 8-8,3 oksidasi besi membutuhkan waktu 15-30 menit.

2.2.8 Reservoir

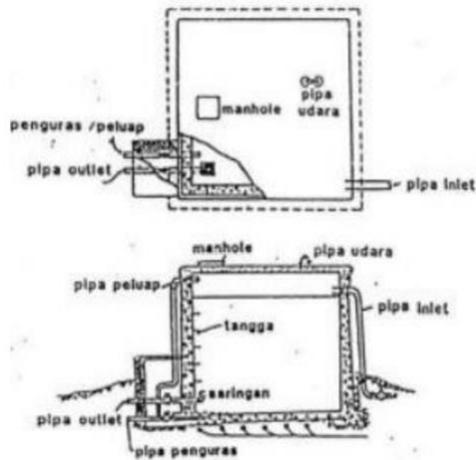
Reservoir adalah tempat penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. Umumnya reservoir ini diperlukan pada suatu system penyediaan air bersih yang melayani suatu kota. Reservoir mempunyai fungsi dan peranan tertentu yang diperlukan agar sistem penyediaan air bersih tersebut dapat berjalan 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 dua, yaitu:

1. Reservoir Permukaan (*Ground Reservoir*)

Reservoir permukaan adalah reservoir yang sebagian besar atau seluruh bagian reservoir tersebut terletak dibawah permukaan tanah.



Gambar 2. 27 Reservoar Permukaan

(Sumber: *BPSDM PU*)

2. Reservoar Menara (*Elevated Reservoir*)

Reservoar menara adalah reservoar yang seluruh bagian penampungannya terletak lebih tinggi dari permukaan tanah sekitarnya.



Gambar 2. 28 Reservoar Menara

(Sumber: *BPSDM PU*)

Sedangkan berdasarkan bahan konstruksinya, maka jenis reservoar dapat dibagi menjadi empat, yaitu:

1. Reservoar Tanki Baja

Banyak Reservoar menara dan “*standpipe*” atau Reservoar 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. 29 Reservoir Tangki Baja

(Sumber: [Qdhy Tangki Reservoir Penyimpanan Air Baja,Kaca Menyatu Dengan Tangki Baja Dirakit Berenamel - Buy Water Reservoir Storage Tank,Pvc Water Storage Tank,50 M3 Water Storage Tank Product on Alibaba.com](#))

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. 30 Reservoir Beton Cor

(Sumber: [Aplikasi dan Fungsi Ground Tank Beton Berikut Pemeliharaan | Supplier Beton Cor \(readymix.co.id\)](#))

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. 31 *Reservoir Fiberglass*

Sumber: (<http://www.pancawira.com/reservoir.html>)

2.2.9 Pengolahan lumpur (*Sludge-treatment*)

Dari pengolahan air limbah maka didapatkan hasil berupa lumpur yang perlu diadakan pengolahan secara khusus agar lumpur tersebut tidak mencemari lingkungan dan dapat dimanfaatkan kembali untuk keperluan kehidupan. Sludge dalam disposal sludge memiliki masalah yang lebih kompleks. Hal ini disebabkan karena:

1. Sludge sebagian besar dikomposisi dari bahan-bahan yang bertanggung jawab untuk menimbulkan bau.
2. Bagian sludge yang dihasilkan dari pengolahan biologis dikomposisi dari bahan organik.
3. Hanya sebagian kecil dari sludge yang mengandung solid (0.25% - 12% solid).

Tujuan utama dari pengolahan lumpur adalah:

1. Mereduksi kadar lumpur
2. Memanfaatkan lumpur sebagai bahan yang berguna seperti pupuk dan sebagai penguruk lahan yang sudah aman.

Terdapat berbagai macam jenis pengolahan lumpur yang digunakan dalam industri-industri saat ini. Banyak hal yang perlu dipertimbangkan dalam memilih pengolahan lumpur yang sesuai dengan kuantitas lumpur yang dibuang, salah satu pertimbangan yang paling penting yaitu efektifitas pengolahan lumpur dan waktu yang tidak terlalu lama dalam proses pengolahan lumpur.

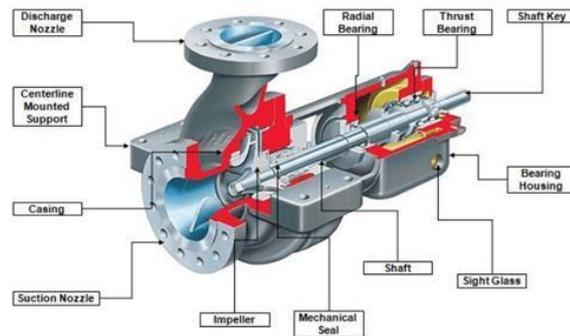
2.3 Aksesoris Perancangan Bangunan

2.3.1 Pompa

Pompa merupakan suatu alat yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan dari satu tempat ke tempat yang lain dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut. Kenaikan tekanan cairan digunakan untuk mengatasi hambatan pengaliran yang berupa perbedaan tekanan, ketinggian, atau hambatan gesek. Pada prinsipnya pompa dapat mengubah energi mekanik menjadi energi aliran fluida, energi yang diterima oleh fluida akan digunakan untuk menaikkan tekanan dan mengatasi tahanan yang terdapat pada saluran yang dilalui. Pompa memiliki dua kegunaan, yaitu untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ketempat lainnya dan untuk mensirkulasikan cairan sekitar sistim. Pompa sendiri memiliki bermacam-macam jenis, yaitu:

1. Sentrifugal Pump

Sentrifugal Pump merupakan pompa dengan susunan atas sebuah impeller dan saluran inlet di tengah-tengahnya. Ketika impeller berputar, fluida akan mengalir menuju casing di sekitar impeller sebagai akibat dari gaya sentrifugal. Penggunaan pompa sentrifugal di dunia mencapai angka 80% karena penggunaannya yang cocok untuk mengatasi jumlah fluida yang besar daripada pompa *positivedisplacement*.



Gambar 2. 32 Sentrifugal Pump

(Sumber: [Pengertian Pompa Sentrifugal Manfaat, Cara Kerja dan Keunggulannya \(serviceacjogja.pro\)](http://serviceacjogja.pro))

2. Rotary Pump

Rotary Pump adalah pompa yang menggerakkan fluida dengan menggunakan prinsip rotasi. Vakum terbentuk oleh rotasi dari pompa dan selanjutnya menghisap fluida masuk. Keuntungan dari pompa ini adalah efisiensi yang tinggi karena secara natural dapat mengeluarkan udara dari pipa alirannya, serta dapat mengurangi kebutuhan pengguna untuk mengeluarkan udara tersebut secara manual. Dan untuk kelemahan dari pompa ini adalah apabila pompa bekerja pada kecepatan yang terlalu tinggi, maka fluida kerjanya justru dapat menyebabkan erosi pada sudut-sudut pompa.



Gambar 2. 33 Rotary Pump

(Sumber: [Rotary displacement pumps | The Best Chemical Handling Pumps - IWAKI \(iwakipumps.jp\)](http://iwakipumps.jp))

3. *Gear Pump*

Gear Pump merupakan jenis pompa roda gigi positif yang dapat memindahkan cairan dengan berulang kali menutup volume tetap menggunakan roda gigi yang saling mengunci, dan mentransfernya secara mekanis menggunakan pemompaan siklik yang memberikan aliran pulsa-halus mulus sebanding dengan kecepatan rotasi gir-nya.

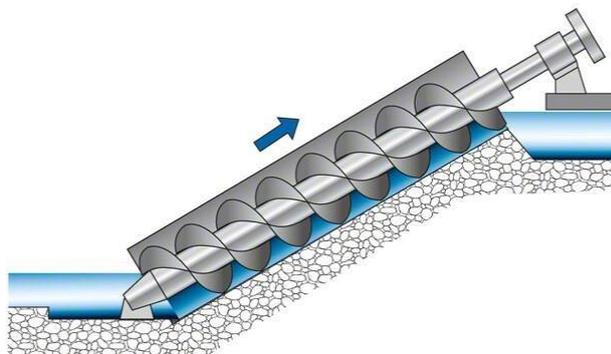


Gambar 2. 34 Gear Pump

(Sumber: [Chemical gear pumps GM-V series | The Best Chemical Handling Pumps - IWAKI \(iwakipumps.jp\)](https://www.iwakipumps.jp/))

4. *Screw Pump*

Screw Pump merupakan pompa yang di gunakan untuk menangani cairan yang mempunyai viskositas tinggi, heterogen, sensitive terhadap geseran dan cairan yang mudah berbusa. Perisin kerja *Screw* di temukan oleh seorang *engineer* prancis bernama *Rene Moneau*, sehingga sering di sebut juga dengan *Moneau pump*.



Gambar 2. 35 Screw Pump

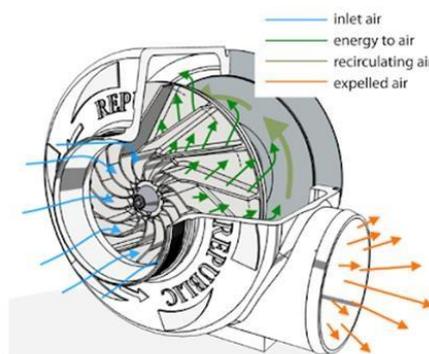
(Sumber: [Archimedean screw pump \(ksb.com\)](https://www.ksb.com/))

2.3.2 Blower

Blower merupakan mesin atau alat yang digunakan untuk menaikkan atau memperbesar tekanan udara atau gas yang akan dialirkan dalam suatu ruangan dan sebagai pengisapan atau pemvakuman udara atau gas tertentu. *Blower* juga merupakan mesin yang memampatkan udara atau gas oleh gaya sentrifugal ketekanan akhir melebihi dari 40 psig. Menurut klasifikasinya *blower* dibagi menjadi 2 jenis, yaitu:

1. *Blower* Sentrifugal

Blower Sentrifugal merupakan *blower* dengan memiliki impeller yang dapat berputar hingga 15.000 rpm. *Blower* sentrifugal dapat beroperasi melawan tekanan 0,35 sampai 0,70 kg/cm².



Gambar 2. 36 Blower Sentrifugal

(Sumber: [Mesin dan Proses: Prinsip Kerja Blower Centrifugal](#))
(sarmansilverius.blogspot.com)

2. *Blower Positive Displacement*

Blower Positive Displacement merupakan *blower* yang memiliki rotor yang menjebak udara dan mendorongnya melalui rumah *blower*. *Blower* ini menyediakan volume udara yang konstan bahkan jika tekanan system nya bervariasi. *Blower* ini berputar lebih pelan daripada blower sentrifugal hanya 3.600 rpm. Dan sering digerakkan oleh belt untuk memfasilitasi perubahan kecepatan.



Gambar 2. 37 *Blower Positive Displacement*

(Sumber: [Positive Displacement Blower series GM | Contact AERZEN FRANCE](https://www.aerzen.com/positive-displacement-blower-series-gm)
(industry-plaza.com))

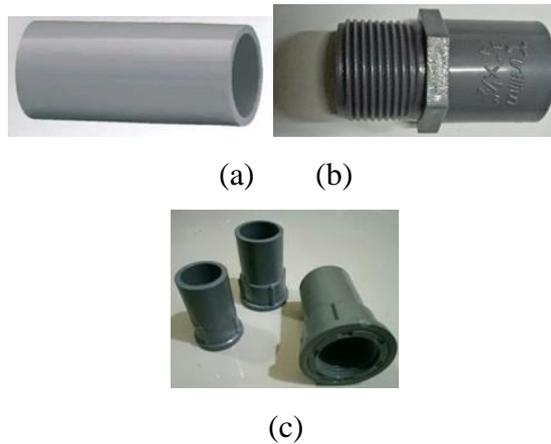
2.3.3 Pipa

Dalam membangun sebuah sistem jaringan saluran air yang ideal maka dibutuhkan dukungan aksesoris pipa yang tepat. Fungsi dari aksesoris pipa adalah untuk membangun jalur belokan, membangun jalur percabangan, mendukung metode penyambungan, dan menyambung antar pipa. Adapun aksesoris yang dimiliki pipa terdiri dari:

1. *Shock* pipa/*Socket*

Shock pipa/*Socket* merupakan aksesoris untuk menyambung pipa yang bertujuan 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 seperti:

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



Gambar 2. 38 (a) shock pipa polos (b) Shock pipa drat luar (c) shock pipa drat dalam

(Sumber: [Mengenal Jenis Jenis Aksesoris Pipa PVC yang Digunakan PDAM - Mengalir hingga jauh \(mengalirjauh.blogspot.com\)](http://mengalirjauh.blogspot.com))

2. Elbow

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

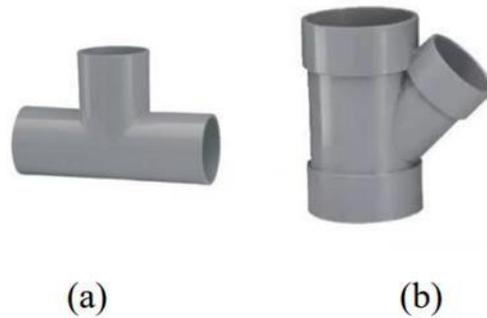


Gambar 2. 39 *Elbow 90° dan 45°*

(Sumber: [1.5 "Female Female Ulir Pipe Fitting Elbow Moonshine Stainless Steel 90/45 Degree|Pipa| - AliExpress\)](http://AliExpress.com))

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. 40 (a) Tee bentuk T (b) Y branch

Sumber: ([√ Harga RUCIKA Y-Branch \(D-Y\) 3 Inch Terbaru | Bhinneka](#))

4. Reducer

Reducer merupakan aksesoris pipa yang 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. 41 Reducer

Sumber: ([PVC Pipe Fittings / TS Fittings / Reducing Socket from MISUMI | MISUMI \(misumi-ec.com\)](#))

5. Dop/plug/cap/clean out

Dop/plug/cap/clean out merupakan aksesoris pipa yang berfungsi 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. 42 *Dop/plug/cap/clean out*

(Sumber: [PVC Pipe Plug, Size: 3/4 inch at Rs 10/piece in Vadodara | ID: 16895420588 \(indiamart.com\)](#))

2.4 Persen Removal

Tujuan dari proses pengolahan air minum adalah menurunkan beban pencemar pada sumber air sungai tersebut. Banyaknya penurunan beban pencemar dinyatakan dalam bentuk persentase yang digunakan untuk menilai seberapa efektifnya suatu bangunan dalam menurunkan beban pencemar. Berikut merupakan persentase penurunan beban pencemar berdasarkan beberapa literatur yang ada pada tabel berikut.

Tabel 2. 10 Persen Removal

No	Unit Bangunan	% Removal	Sumber Literatur
PRETREATMENT			
1.	<i>Intake</i>	-	-
2.	Prasedimentasi	Partikel diskrit	-
PRIMARY TREATMENT			
3.	Aerasi	COD = 39-90%	Mirwan A. dkk. 2010. Penurunan Kadar BOD, COD, TSS, CO ₂ Air Sungai Martapura Menggunakan Tangki Aerasi Bertingkat. Vol Oktober No. 76
		BOD = 90%	

		Penambah DO = 4,8 mg/L	Ali Masduqi. 2016. Operasi dan Proses Pengolahan Air. Hal 216
		Fe = 60-90%	Ronald Droste. 1997. 55 Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Section III Chapter 9 page 225.
		Mn = 60 – 90%	Ronald Droste. 1997. 55 Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Section III Chapter 9 page 225.
4.	Bak KoagulasiFlokulasi	-	-
5.	<i>Advanced</i> Sedimentasi	TSS= 60-90%	Prof. Dr. Ir. L. Huisman. 2004. Sedimentation and Flotation 2 nd Edition. page 12
SECONDARY TREATMENT			
6.	Filtrasi	TSS= 60-90%	Yong Sin Sze et.al. 2021. Performance of Sand Filtration System with Different Sand Bed Depth
No	Unit Bangunan	% Removal	Sumber Literatur
			for Polishing Wastewater Treatment. Vol. 9 No. 2. Page 452-457
TERTIARY TREATMENT			

7.	Desinfeksi	Total Coliform = 100%	Metcalf & Eddy. 2002. Wastewater Engineering Treatment and Reuse (Fourth Edition). Page 1221
8.	<i>Belt Filter Press</i>	-	-

Sumber: (*Data Perencanaan, 2023*)

2.5. Profil Hidrolis

Profil hidrolis digambarkan untuk mendapatkan tinggi muka air pada masing-masing unit instalasi. Profil ini menunjukkan adanya kehilangan tekanan (headloss) yang terjadi akibat pengaliran pada bangunan. Beda tinggi setiap unit instalasi dapat ditentukan sesuai dengan sistem yang digunakan serta perhitungan kehilangan tekanan baik pada perhitungan yang telah dilakukan pada bab masing-masing bangunan sebelumnya maupun yang langsung dihitung pada bab ini.

Profil Hidrolis IPAM adalah merupakan upaya penyajian secara grafis “*hydraulic grade line*” dalam instalasi pengolahan atau menyatakan elevasi unit pengolahan (*influent-effluent*) dan perpipaan untuk memastikan aliran air mengalir secara gravitasi, mengetahui kebutuhan pompa, memastikan tidak terjadi banjir atau luapan air akibat aliran balik.

Profil hidrolis adalah faktor yang penting demi terjadinya proses pengaliran air. Profil ini tergantung dari energi tekan/ *head* tekan (dalam tinggi kolom air) yang tersedia bagi pengaliran. Head ini dapat disediakan oleh beda elevasi (tinggi ke rendah) sehingga air pun akan mengalir secara gravitasi. Jika tidak terdapat beda elevasi yang memadai, maka perlu diberikan head tambahan dari luar, yaitu dengan menggunakan pompa.

Profil hidrolis adalah upaya penyajian secara grafis “*hidrolik grade line*” dalam instalasi pengolahan atau menyatakan elevasi unit pengolahan (*influen-effluen*) dan perpipaan untuk memastikan aliran air mengalir secara gravitasi, untuk mengetahui kebutuhan pompa, dan untuk memastikan tingkat

terjadinya banjir atau luapan air akibat aliran balik. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam membuat profil hidrolis adalah sebagai berikut:

1. Kehilangan Tekanan pada Bangunan Pengolahan

Untuk membuat profil hidrolis perlu perhitungan kehilangan tekanan pada bangunan. Kehilangan tekanan akan mempengaruhi ketinggian muka air di dalam bangunan pengolahan. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan ada beberapa macam, yaitu:

- a. Kehilangan tekanan pada saluran terbuka
- b. Kehilangan tekanan pada bak
- c. Kehilangan tekanan pada pintu
- d. Kehilangan tekanan pada weir, sekat, ambang dan sebagainya harus di hitung secara khusus.

2. Kehilangan Tekanan pada Perpipaan dan Aksesoris

Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris yang berhubungan dengan bangunan pengolahan adalah sebagai berikut:

3. Kehilangan tekanan pada perpipaan

Cara yang mudah dengan monogram "Hazen William" Q atau V diketahui maka S didapat dari monogram.

4. Kehilangan tekanan pada aksesoris

Cara yang mudah adalah dengan mengekivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, di sini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekivalen sekaligus.

5. Kehilangan tekanan pada pompa

Bisa dihitung dengan rumus, grafik karakteristik pompa serta dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jenis pompa, cara pemasangan dan sebagainya.

6. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok

Cara perhitungannya juga dengan bantuan monogram.

7. Tinggi Muka Air

Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi kesalahan dalam menentukan elevasi (ketinggian) bangunan pengolahan, dalam pelaksanaan pembangunan, sehingga akan dapat mempengaruhi pada proses pengolahan.

Kehilangan tekanan bangunan (saluran terbuka dan tertutup) tinggi terjunan yang direncanakan (jika ada) akan berpengaruh pada perhitungan tinggi muka air. Perhitungan dapat dilakukan dengan cara:

1. Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir.
2. Menambahkan kehilangan tekanan antara *clear well* dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air di *clear well*.
3. Didapat tinggi muka air bangunan sebelum *clear well* demikian seterusnya sampai bangunan yang pertama sesudah *intake*.
4. Jika tinggi muka air bangunan sesudah intake ini lebih tinggi dari tinggi muka air sumber, maka diperlukan pompa di intake untuk menaikkan air.

2.6. BOQ dan RAB

2.6.1. BOQ (Bill Of Quantity)

BoQ (daftar kuantitas), adalah perincian seluruh item pekerjaan yang ada pada sebuah pekerjaan konstruksi. Yang terdiri dari pekerjaan persiapan, pekerjaan struktur, pekerjaan arsitektur, pekerjaan MEP (Mekanikal, Elektrikal dan Plumbing), pekerjaan utilitas, lanskap dan sebagainya. Karakteristik BOQ:

1. Dalam BoQ masing-masing item pekerjaan telah tercantum beserta volume,
2. Tidak menutup kemungkinan item dan volume pekerjaan tersebut dapat bertambah atau berkurang kemudian hari, yaitu pada saat klarifikasi dan negosiasi harga,
3. Dalam BoQ tidak tercantum harga satuan pekerjaan,
4. Menghitung volume BoQ berdasarkan gambar rencana, 5. Pihak yang menyusun BoQ adalah konsultan perencanaan.

Tujuan membuat BoQ adalah:

1. Sebagai perhitungan awal, untuk mengetahui jumlah biaya yang harus disiapkan oleh Owner untuk pelaksanaan proyek.
2. Untuk keperluan pelaksanaan proses tender (lelang) proyek,
3. Berguna sebagai acuan/dasar bagi peserta lelang (kontraktor) untuk mengajukan penawaran harga.

2.6.2. RAB (Rencana Anggaran Biaya)

RAB Adalah daftar harga atau perhitungan rincian biaya yang kita anggarkan untuk pelaksanaan sebuah proyek konstruksi. Mencakup keseluruhan biaya yang kita perlukan untuk pengadaan bahan, biaya alat maupun biaya/upah tenaga kerja. RAB dapat meliputi seluruh item pekerjaan yang ada pada sebuah proyek, atau hanya meliputi 1 sub pekerjaan saja. Misalnya RAB sub pekerjaan konstruksi baja, RAB sub pekerjaan instalasi listrik dan seterusnya. Karakteristik RAB:

1. Dalam RAB telah tercantum seluruh item pekerjaan, volume serta harga satuan pekerjaan,
2. Item pekerjaan, volume dan harga satuan yang ada dalam RAB sifatnya mengikat. Artinya tidak dapat berubah (bertambah atau berkurang) kemudian hari,
3. RAB oleh masing-masing peserta lelang (kontraktor), sehingga volume dan harga satuan pekerjaan pasti berbeda.

Tujuan membuat RAB adalah:

1. Pada proyek berskala kecil yang tidak menggunakan jasa konsultan perencana, misalnya pembangunan rumah tinggal. Kontraktor selalu melakukan perhitungan RAB untuk diajukan kepada owner. Sementara kasus yang sedikit berbeda, jika kontraktor ingin nge-sub salah satu pekerjaan dari maincont. Walaupun sebenarnya maincont memiliki BoQ, namun tak jarang kontraktor harus melakukan perhitungan RAB.
2. Ketika maincont menyatakan agar subcont melakukan perhitungan RAB, maka secara otomatis BoQ yang disusun oleh konsultan perencana tidak berlaku. Dengan kata lain BoQ tersebut menjadi rahasia oleh maincont, yang tidak perlu diketahui oleh subcont.

Berdasarkan situasi ini, maka tujuan melakukan penyusunan RAB adalah:

1. Untuk keperluan pengajuan penawaran harga dengan sistem lump sum,
2. Sebagai dasar melaksanakan saat klarifikasi dan negosiasi harga,
3. Pedoman untuk pelaksanaan proyek bilamana kontraktor ternyata menang tender.