

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air Baku**

Air adalah kebutuhan utama dari seluruh proses kehidupan yang ada di bumi. Tidak adanya air di bumi maka tidak terdapat pula kehidupan. Air baku merupakan salah satu bahan dasar yang dibutuhkan dalam proses pengolahan air minum. Air baku diambil dari sumber-sumber yang telah memenuhi standar baku mutu. Penentuan sumber air baku dalam pengolahan mempertimbangkan data yang didapatkan melalui penelitian secara periodik dengan rentang 5 hingga 10 tahun (Kawamura, 1991).

Menurut Peraturan Pemerintah No. 122 Tahun 2015 Tentang Sistem Penyediaan Air Minum menjelaskan air baku untuk air minum rumah tangga, yang selanjutnya disebut air baku adalah air yang berasal dari sumber air permukaan, air tanah, air hujan dan air laut yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum.

#### **2.2 Karakteristik Air Baku**

Standar kualitas air baku di Indonesia diatur pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Air yang tersalur harus memiliki mutu baik, bersih atau jernih dan dapat dinilai dari penglihatan bahwa air seharusnya bersih tanpa berbau, berwarna dan keruh dan layak untuk didistribusikan kepada pelanggan. Kualitas mutu air minum dapat diklasifikasikan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu:

- a. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- b. 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.

- c. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- d. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Dalam perencanaan pengolahan air minum, air baku yang digunakan yaitu air permukaan Sungai Cileungsi yang mempunyai beberapa karakteristik sebagai berikut:

1. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

BOD (*Biological Oxygen Demand*) adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik. BOD sebagai suatu ukuran jumlah oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba yang terkandung dalam perairan sebagai respons terhadap masuknya bahan organik yang dapat diurai. Air sungai dengan BOD yang tinggi tidak dapat mendukung kehidupan organisme yang membutuhkan oksigen. BOD yang lebih tinggi juga dapat mengakibatkan penipisan oksigen dari air sungai dan kondisi anaerobik dalam air sungai (Astuti & Rosemalia, 2022).

BOD merupakan banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram per liter (mg/L) yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan semua zat organik yang terlarut maupun tersuspensi dalam air buangan, sehingga limbah tersebut menjadi jernih kembali. (Mays, 1996) mengartikan BOD sebagai suatu ukuran jumlah oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba yang terkandung dalam perairan sebagai respons terhadap masuknya bahan organik yang dapat diurai. Dari pengertian ini dapat dikatakan bahwa walaupun nilai BOD menyatakan jumlah oksigen, tetapi untuk mudahnya dapat juga diartikan sebagai gambaran jumlah bahan organik mudah terurai (*biodegradable organics*) yang ada di perairan.

Konsentrasi BOD di Sungai Cileungsi melebihi baku mutu dikarenakan adanya buangan dari limbah domestik, limbah industri, limbah peternakan, dan lain sebagainya yang tidak diolah terlebih dahulu sebelum dibuang (Pratiwi et al., 2019)

## 2. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD (*Chemical Oxygen Demand*) merupakan banyaknya oksigen dalam ppm yang diperlukan dalam kondisi khusus untuk menguraikan zat organik menggunakan bahan kimiawi atau oksidator kuat (potassium dikromat) (Qasim, 1985). Secara kimia bahan organik diuraikan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada kondisi panas dan asam menggunakan katalisator 5 perak sulfat (Metcalf & Eddy, 1991). Hal ini mengakibatkan seluruh bahan organik, baik yang mudah terurai maupun yang kompleks dan sulit terurai akan teroksidasi menjadi gas H<sub>2</sub>O dan gas CO<sub>2</sub> serta sejumlah ion krom. Dengan menggunakan oksidator kalium bikromat, diperkirakan bahan organik dapat dioksidasi sekitar 95%-100% (Effendi, 2003).

Konsentrasi COD yang diperoleh di Sungai Cileungsi beberapa tidak memenuhi baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan. Hal ini dapat terjadi karena saat musim kemarau air sungai sedang surut dan kemungkinan adanya penambahan jumlah industri, serta penambahan limbah domestik yang dibuang ke aliran sungai (Pratiwi et al., 2019).

## 3. TSS (*Total Suspended Solid*)

Materi yang tersuspensi adalah materi yang mempunyai ukuran lebih kecil dari pada molekul atau ion yang terlarut. Materi tersuspensi ini dapat digolongkan menjadi dua, yakni zat padat dan koloid. Zat padat tersuspensi dapat mengendap apabila keadaan air cukup tenang, ataupun mengapung apabila sangat ringan; materi ini pun dapat disaring. Koloid sebaliknya sulit mengendap dan tidak dapat disaring dengan (filter) air biasa. Semakin tinggi kandungan bahan tersuspensi tersebut, maka air semakin keruh (Effendi, 2003).

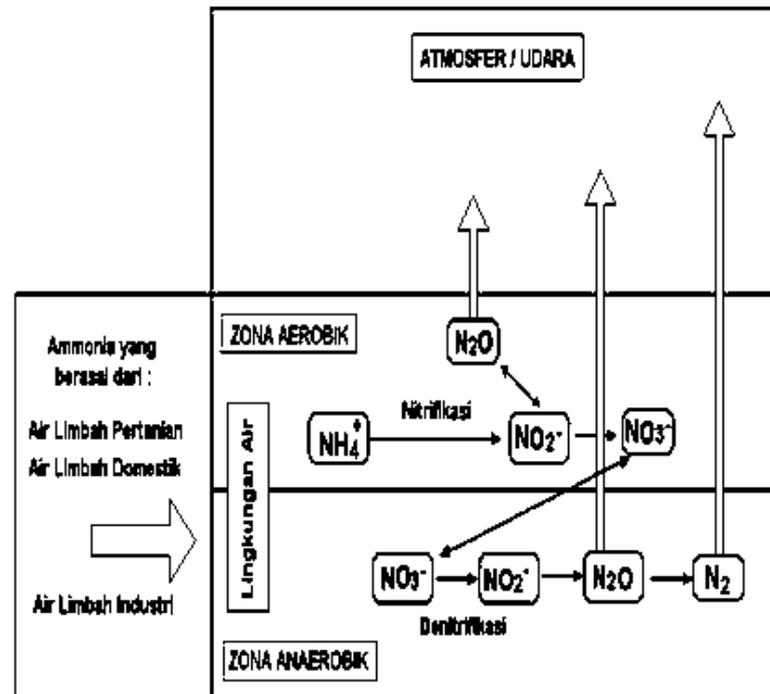
Materi tersuspensi mempunyai efek yang kurang baik terhadap kualitas air karena menyebabkan kekeruhan dan mengurangi cahaya yang dapat masuk kedalaman air. Oleh karenanya, manfaat air dapat berkurang, dan organisme yang butuh cahaya akan mati. Setiap kematian organisme akan menyebabkan terganggunya ekosistem akuatik. Apabila jumlah materi tersuspensi ini banyak dan kemudian mengendap, maka pembentukan lumpur dapat sangat mengganggu dalam saluran, pendangkalan cepat terjadi, sehingga diperlukan pengerukan lumpur

yang lebih sering. Apabila zat-zat ini sampai di muara sungai dari bereaksi dengan air yang asri, maka baik koloid maupun zat terlarut dapat mengendap di muara. Proses inilah yang menyebabkan terbentuknya delta-delta. Dapat dimengerti, bahwa pengaruhnya terhadap kesehatan pun menjadi tidak langsung (Effendi, 2003).

Nilai TSS ini telah melebihi baku mutu. Hal ini diduga karena terbatasnya kemampuan vegetasi riparian di DAS Cileungsi untuk menahan sedimen dari daratan yang masuk dalam badan air. Konsentrasi TSS yang berlebihan merupakan penyebab utama rendahnya mutu perairan. Sebagian besar logam berat, insektisida dan kontaminan lainnya akan berikatan dengan sedimen tersuspensi di perairan (Pasingi et al., 2014)

#### 4. Unsur Nitrogen

Menurut Effendi (2003), Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga. Nitrat sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses sempurna senyawa nitrogen di perairan. Nitrifikasi yang merupakan proses oksidasi amonia menjadi nitrat dan nitrit adalah proses yang penting dalam siklus nitrogen dan berlangsung pada kondisi aerob. Oksidasi amonia menjadi nitrat dilakukan oleh bakteri nitrosomonas, sedangkan oksidasi nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh bakteri nitrobacter. Kedua jenis bakteri tersebut merupakan bakteri kemotrofik, yaitu bakteri yang mendapatkan energi dari proses kimiawi (Effendi, 2003). Pada limbah yang belum diolah, nitrogen dijumpai dalam bentuk nitrogen organik dan komponen amonium. Nitrogen organik akan diubah oleh aktivitas mikroba menjadi ion amonium. Bila kondisi lingkungan mendukung maka mikroba nitrifikasi mampu mengoksidasi amonia. Mikroba tersebut bersifat autotropik yaitu mendapatkan energinya melalui proses oksidasi dari ion ammonium (Effendi, 2003).



**Gambar 2. 1** Siklus Nitrogen di Lingkungan Perairan

Sumber: (<https://media.neliti.com/media/publications/149220-ID-proses-nitrifikasi-dengan-sistem-biofilt.pdf>)

Adanya nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) dalam air berkaitan erat dengan siklus nitrogen dalam alam. Dalam siklus tersebut dapat diketahui bahwa nitrat dapat terjadi baik dari  $\text{N}_2$  atmosfer maupun dari pupuk-pupuk (fertilizer) yang digunakan dan dari oksidasi  $\text{NO}_2^-$  oleh bakteri dari kelompok nitrobacter. Nitrat yang terbentuk dari proses-proses tersebut merupakan pupuk dari tanaman-tanaman. Nitrat yang kelebihan dari yang dibutuhkan oleh kehidupan tanaman terbawa oleh air yang merembes melalui tanah, sebab tanah tidak mempunyai kemampuan untuk menahannya. Ini mengakibatkan terdapatnya konsentrasi nitrat yang relatif tinggi pada air tanah. Kadar Nitrat secara alamiah biasanya agak rendah, namun kadar nitrat dapat menjadi tinggi sekali pada air tanah di daerah-daerah yang diberi pupuk yang mengandung nitrat. Kadar nitrat tidak boleh melebihi 10mg/L (Nugroho et al., 2006).

Proses kombinasi aerob-anaerob biasanya digunakan untuk menyisihkan kandungan nitrogen di dalam air limbah. Untuk penyisihan nitrogen, pada kondisi aerobik terjadi proses nitrifikasi, yaitu amonia diubah menjadi ion amonium dan

nitrat ( $\text{NH}_4^+\text{NO}_3^-$ ) dan pada kondisi anaerobik (anoxic) terjadi proses denitrifikasi, yaitu nitrat yang terbentuk diubah menjadi gas nitrogen ( $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{N}_2$ ).

a. Nitrifikasi

Nitrifikasi merupakan reaksi oksidasi, yaitu proses pembentukan nitrit atau nitrat dari amonia. Proses nitrifikasi, melibatkan bakteri pengoksidasi amonia yang bersifat autotrofik, yaitu kelompok bakteri yang terutama berperan dalam proses oksidasi amonia menjadi nitrit pada siklus nitrogen, juga pada proses penguraian nitrogen dalam sistem pengolahan limbah cair. Bakteri autotrofik yang berperan dalam oksidasi amonia menjadi nitrit adalah *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrospira*, *Nitrosolobus*, dan *Nitrosovibrio*. Beberapa mikroorganisme yang bersifat heterotrofik juga dilaporkan mampu mengoksidasi dan melakukan nitrifikasi (Agustiyan et al., 2004). Selain bakteri autotrofik, bakteri heterotrofik juga mampu mengoksidasi amonia atau nitrogen organik menjadi nitrit atau nitrat (Sylvia et al., 1990).

b. Denitrifikasi

Denitrifikasi merupakan suatu proses yang secara umum digunakan untuk mengurangi senyawa nitrat dan mengonversi menjadi nitrit dan pada akhirnya menjadi gas nitrogen. Pada proses denitrifikasi pembentukan nitrit hanya sebagai senyawa antara (intermediate) sebelum menjadi gas nitrogen, sehingga jumlah konsentrasi nitrit selalu berubah karena tergantung kecepatan laju pengurangan dari nitrat menjadi nitrit dan dari nitrit menjadi gas nitrogen. Reaksi yang terjadi dalam proses denitrifikasi:



Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) dan nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) adalah ion-ion anorganik alami, yang merupakan bagian dari siklus nitrogen. Secara alami dalam siklus nitrogen, nitrat akan diubah menjadi nitrit selanjutnya nitrit menjadi gas nitrogen, tetapi jika pada suatu lingkungan tertentu kadar nitrat dan nitrit terlalu banyak atau melebihi ambang batas normal maka akan mengganggu siklus nitrogen. Proses denitrifikasi secara biologis merupakan suatu proses reduksi nitrat dan nitrit menjadi bentuk gas nitrogen sebagai hasil akhir yang dilakukan oleh mikroorganisme dalam kondisi tanpa oksigen terlarut (DO) (Hasanuddin, 2011).

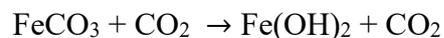
## 5. Besi

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/ kecokelatan pada air minum konsentrasi di atas kurang lebih 0,31 mg/l.

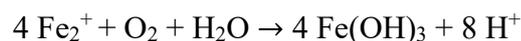
Di dalam proses penghilangan besi dengan cara Aerasi, adanya kandungan alkalinity,  $(\text{HCO}_3)^-$  yang cukup besar dalam air, akan menyebabkan senyawa besi berada dalam bentuk senyawa ferro bikarbonat,  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ . Oleh karena bentuk  $\text{CO}_2$  bebas lebih stabil daripada  $(\text{HCO}_3)^-$ , maka senyawa bikarbonat cenderung berubah menjadi senyawa karbonat.



Dari reaksi tersebut dapat dilihat, jika  $\text{CO}_2$  berkurang, maka kesetimbangan reaksi akan bergeser ke kanan dan selanjutnya reaksi akan menjadi sebagai berikut:



Baik hidroksida besi (valensi 2) masih mempunyai kelarutan yang cukup besar, sehingga jika terus dilakukan oksidasi dengan udara atau aerasi akan terjadi reaksi (ion) sebagai berikut:



Sesuai dengan reaksi tersebut, maka untuk mengoksidasi setiap 1 mg/l zat besi dibutuhkan 0,14 mg/l oksigen. Pada pH rendah, kecepatan reaksi oksidasi besi dengan oksigen (udara) relatif lambat, sehingga pada praktiknya untuk mempercepat reaksi dilakukan dengan cara menaikkan pH air yang akan diolah. Untuk *aerator* dengan *surface aerator* dilakukan dengan cara menyemburkan udara bertekanan ke dalam air. Dengan cara demikian maka akan terjadi kontak yang efektif antara oksigen atau udara dengan zat besi yang ada di dalam air sehingga terjadi reaksi oksidasi zat besi membentuk oksida yang tak larut dalam air (Said, 2018).

## 6. Mangan

Mangan (Mn) merupakan unsur logam golongan VII, dengan berat atom 54,93, titik lebur 1247 0 C, dan titik didihnya 2032 0C. Di alam jarang sekali berada dalam keadaan unsur. Umumnya berada dalam keadaan senyawa dengan berbagai macam valensi. Di dalam hubungannya dengan kualitas air yang sering dijumpai adalah senyawa mangan dengan valensi 2, valensi 4 dan valensi 6. (Tatsumi, 1971).

Di dalam sistem air alami dan juga di dalam sistem pengolahan air, senyawa mangan berubah-ubah tergantung derajat keasaman (pH) air. Senyawa mangan valensi dua tersebut dengan berbagai cara oksidasi diubah menjadi senyawa yang mempunyai valensi yang lebih tinggi yang tak larut di dalam air sehingga dapat dengan mudah dipisahkan secara fisik. Walaupun Mn di dalam senyawa senyawa  $MnCO_3$ ,  $Mn(OH)_2$  mempunyai valensi dua, zat tersebut relatif sulit larut di dalam air, tetapi untuk senyawa Mn seperti garam  $MnCl_2$ ,  $MnSO_4$ ,  $Mn(NO_3)_2$  mempunyai kelarutan yang besar di dalam air (Said, 2018).

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023 kadar mangan maksimum yang diperbolehkan bagi standar air minum adalah 0,1 mg/l.

## 7. Amonia

Amonia sangat beracun bagi hampir semua organisme. Amonia dapat bersifat racun pada manusia jika jumlah yang masuk tubuh melebihi jumlah yang dapat didetoksifikasi oleh tubuh. Pada manusia, risiko terbesar adalah dari penghirupan uap amonia yang berakibat beberapa efek di antaranya iritasi pada kulit, mata dan saluran pernafasan. Pada tingkat yang sangat tinggi, penghirupan uap amonia sangat bersifat fatal (Azizah & Azizah, 2015)

Keberadaan amonia di Sungai Cileungsi yang melebihi ambang batas dapat mengganggu ekosistem perairan dan makhluk hidup lainnya. Hal tersebut karena banyaknya kandungan urea dan proses amonifikasi yang berasal dari dekomposisi bahan organik oleh mikroba. Selain itu, daerah pemukiman yang sebagian besar penduduknya masih melakukan aktivitas sehari-hari pada air sungai. Ada beberapa masyarakat yang menggunakan pupuk urea untuk pertanian sehingga limpasan dari daratan yang mengandung urea relatif besar. Air limbah domestik dan limbah

industri yang mengalir ke sungai Cileungsi mempengaruhi kadar amonia perairan tersebut (Azizah & Azizah, 2015).

#### 8. Total Coliform

Sumber air di alam pada umumnya mengandung bakteri. Jumlah dan jenis bakteri berbeda sesuai dengan tempat dan kondisi yang mempengaruhinya. Air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari harus bebas dari bakteri patogen. Bakteri golongan coliform tidak termasuk bakteri patogen (Cut Khairunnisa, 2012). Coliform termasuk golongan mikroorganisme yang sering digunakan sebagai indikator air. Bakteri ini mampu menentukan apakah suatu sumber air telah terkontaminasi oleh patogen atau tidak (Adrianto, 2018). Total coliform adalah kelompok bakteri yang termasuk di dalamnya bakteri jenis aerobik dan fakultatif anaerobik, dimana merupakan bakteri gram negative. Sebagian besar bakteri total coliform adalah heterotropik dan dapat bertambah jumlahnya di air dan tanah. Total coliform juga dapat bertahan dan bertambah banyak jumlahnya di sistem distribusi air, terutama jika kondisinya memungkinkan. Keberadaan total coliform dapat berasal dari tinja manusia atau hewan dan dapat pula berada secara alamiah di dalam air. Total coliform hanyalah sebagai indikator yang digunakan untuk mengindikasikan bahwa bisa saja terdapat mikroba lain dalam air tersebut, misalnya mikroba patogen seperti Giardia, Cryptosporidium, E.coli, dan lain-lain (Anwar & Djumati, 2020).

### 2.3 Standar Kualitas Air Bersih

Di Indonesia Standar Kualitas Air Bersih dapat dilihat pada PP No. 22 tahun 2021 dan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah No. 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan. Standar Kualitas Air Bersih dapat dilihat pada PP No. 22 tahun 2021 pada tabel di bawah ini.

**Tabel 2. 1** Baku Mutu Ai Sungai dan Sejenisnya

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
1.	Temperatur	°C	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Perbedaan dengan suhu udara di atas air
2.	Padatan terlarut total (TDS)	mg/L	1000	1000	1000	1000	Tidak berlaku untuk muara
3.	Padatan terlarut tersuspensi (TSS)	mg/L	4	50	100	400	
4.	Warna	Pt-Co Unit	15	50	100	-	Tidak berlaku untuk air gambut (berdasarkan kondisi alamnya)
5.	Derajat keasaman (pH)		6-9	6-9	6-9	6-9	Tidak berlaku untuk air gambut (berdasarkan kondisi alamnya)
6.	Kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD)	mg/L	2	3	6	12	
7.	Kebutuhan oksigen kimiawi (COD)	mg/L	10	25	40	80	
8.	Oksigen terlarut (DO)	mg/L	6	4	3	1	Batas minimal
9.	Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	300	300	300	400	
10.	Klorida (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	300	300	300	600	
11.	Nitrat (sebagai N)	mg/L	10	10	20	20	
12.	Nitrit (sebagai N)	mg/L	0,06	0,06	0,06	-	
13.	Amoniak (sebagai N)	mg/L	0,1	0,2	0,5	-	
14.	Total nitrogen	mg/L	15	15	25	-	
15.	Total fosfat (sebagai P)	mg/L	0,2	0,2	1,0	-	
16.	Fluorida (F)	mg/L	1	1,5	1,5	-	

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
17.	Belerang sebagai H <sub>2</sub> S	mg/L	0,002	0,002	0,002	-	
18.	Sianida (CN)	mg/L	0,02	0,02	0,02	-	
19.	Klorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,3	-	Bagi air baku air minum tidak dipersyaratkan
20.	Barium (Ba) terlarut	mg/L	1,0	-	-	-	
21.	Boron (B) terlarut	mg/L	1,0	1,0	1,0	1,0	
22.	Merekuri (Hg) terlarut	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
23.	Arsen (As) terlarut	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,10	
24.	Selenium (Se) terlarut	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
25.	Besi (Fe) terlarut	mg/L	0,3	-	-	-	
26.	Kadmium (Cd) terlarut	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
27.	Kobalt (Co) terlarut	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
28.	Mangan (Mn) terlarut	mg/L	0,1	-	-	-	
29.	Nikel (Ni) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1	
30.	Seng (Zn) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	
31.	Tembaga (Cu) terlarut	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	
32.	Timbal (Pb) terlarut	mg/L	0,03	0,03	0,03	0,5	
33.	Kromium heksavale (Cr-VII)	mg/L	0,05	0,05	0,05	1	
34.	Minyak dan lemak	mg/L	1	1	1	10	
35.	Deterjen total	mg/L	0,2	0,2	0,2	-	
36.	Fenol	mg/L	0,002	0,005	0,01	0,02	
37.	Aldrin/ Dieldrin	µg/L	17	-	-	-	
38.	BHC	µg/L	210	210	210	-	
39.	Chlordance	µg/L	3	-	-	-	

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
40.	DDT	µg/L	2	2	2	-	
41.	Endrin	µg/L	1	4	4	-	
42.	Heptachlor	µg/L	18	-	-		
43.	Lindane	µg/L	56	-	-		
44.	Methoxy-chlor	µg/L	35	-	-		
45.	Toxapan	µg/L	5	-	-		
46.	Fecal coliform	MPN/10 0 mL	100	1000	2000	2000	
47.	Total coliform	MPN/10 0 mL	1000	5000	10000	10000	
48.	Sampah		Nihil	Nihil	Nihil	Nihil	
49.	Radioaktivi- tas						

Sumber: (PP Nomor 22 Tahun 2021)

Standar Kualitas Air Minum dapat dilihat pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 2 Tahun 2023 pada tabel bawah ini.

**Tabel 2. 2** Baku Mutu Air Minum

No.	Jenis Parameter	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Satuan	Metode Pengujian
Mikrobiologi				
1.	Escherihia coli	0	CFU/100 ml	SNI / APHA
2.	Total Coliform	0	CFU/100 ml	SNI / APHA
Fisik				
3.	Suhu	Suhu udara ± 3	°C	SNI / APHA
4.	Total Dissolve Solid	< 300	mg/L	SNI / APHA
5.	Kekeruhan	< 3	NTU	SNI atau yang setara
6.	Warna	10	TCU	SNI / APHA
7.	Bau	Tidak berbau	-	APHA
Kimia				
8.	pH	6,5 – 8,5	-	SNI / APHA
9.	Nitrat (sebagai NO <sup>3</sup> ) (terlarut)	20	mg/L	SNI / APHA
10.	Nitrit (sebagai NO <sup>2</sup> ) (terlarut)	3	mg/L	SNI / APHA
11.	Kromium valensi 6 (Cr <sup>6+</sup> ) (terlarut)	0,01	mg/L	SNI / APHA
12.	Besi (Fe) (terlarut)	0,2	mg/L	SNI / APHA

No.	Jenis Parameter	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Satuan	Metode Pengujian
13.	Mangan (Mn) (terlarut)	0,1	mg/L	SNI / APHA
14.	Sisa khlor (terlarut)	0,2 – 0,5 dengan waktu kontak 30 menit	mg/L	SNI / APHA
15.	Arsen (As) (terlarut)	0,01	mg/L	SNI / APHA
16.	Kadmium (Cd) (terlarut)	0,003	mg/L	SNI / APHA
17.	Timbal (Pb) (terlarut)	0,01	mg/L	SNI / APHA
18.	Flouride (F) (terlarut)	1,5	mg/L	SNI / APHA
19.	Aluminium (Al) (terlarut)	0,2	mg/L	SNI / APHA

Sumber: (Permenkes RI No. 2 Tahun 2023)

## 2.4 Bangunan Pengolahan Air Minum

Rancangan proses pengolahan air permukaan menjadi air minum disesuaikan dengan karakteristik umum air permukaan. Air permukaan yang diolah menjadi air minum yaitu air baku yang berasal dari sungai. Karakteristik umum air sungai adalah terdapat kandungan partikel tersuspensi atau koloid.

Unit pengolahan air sungai terdiri dari:

1. *Intake & Screen*
2. Prasedimentasi
3. Aerasi
4. Biofiltrasi Anaerobik
5. Koagulasi – Flokulasi
6. Sedimentasi
7. Filter
8. Desinfeksi
9. Reservoir

### 2.4.1 Intake dan Screen

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

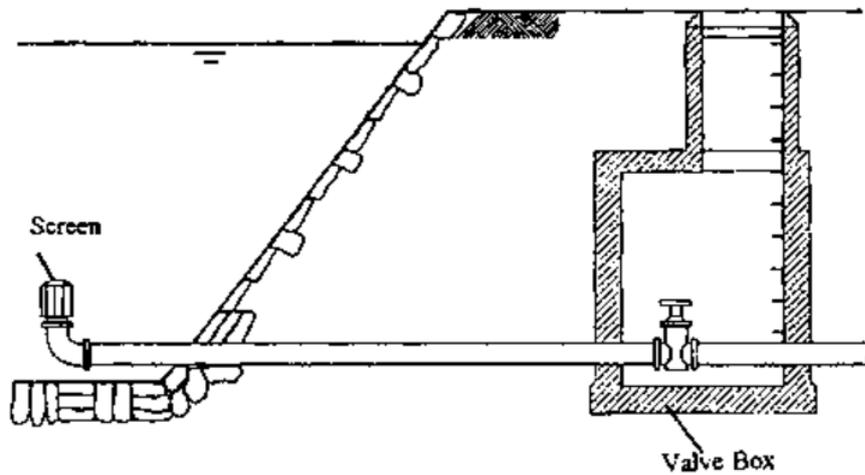
dengan kebutuhan air harian maksimum. Persyaratan lokasi penempatan bangunan pengambilan (*intake*):

- a. Penempatan bangunan penyadap (*intake*) harus aman terhadap polusi yang disebabkan pengaruh luar (pencemaran oleh manusia dan makhluk hidup lain);
- b. Penempatan bangunan pengambilan pada lokasi yang memudahkan dalam pelaksanaan dan aman terhadap daya dukung alam (terhadap longsor dan lain-lain);
- c. Konstruksi bangunan pengambilan harus aman terhadap banjir air sungai, terhadap gaya guling, gaya geser, rembesan, gempa dan gaya angkat air (*up-lift*);
- d. Penempatan bangunan pengambilan diusahakan dapat menggunakan sistem gravitasi dalam pengoperasiannya;
- e. Dimensi bangunan pengambilan harus mempertimbangkan kebutuhan maksimum harian;
- f. Dimensi *inlet* dan *outlet* dan letaknya harus memperhitungkan fluktuasi ketinggian muka air;
- g. Pemilihan lokasi bangunan pengambilan harus memperhatikan karakteristik sumber air baku;
- h. Konstruksi bangunan pengambilan direncanakan dengan umur pakai (*lifetime*) minimal 25 tahun;
- i. 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 (2000), bangunan *intake* memiliki tipe yang beragam antara lain:

#### 1. Bangunan Penyadap Langsung (*Direct Intake*)

Digunakan untuk sumber air seperti sungai atau danau dengan kedalaman yang cukup tinggi. *Intake* jenis ini dapat memungkinkan terjadinya erosi pada dinding dan pengendapan di bagian dasarnya.



Gambar 2. 2 *Direct Intake*

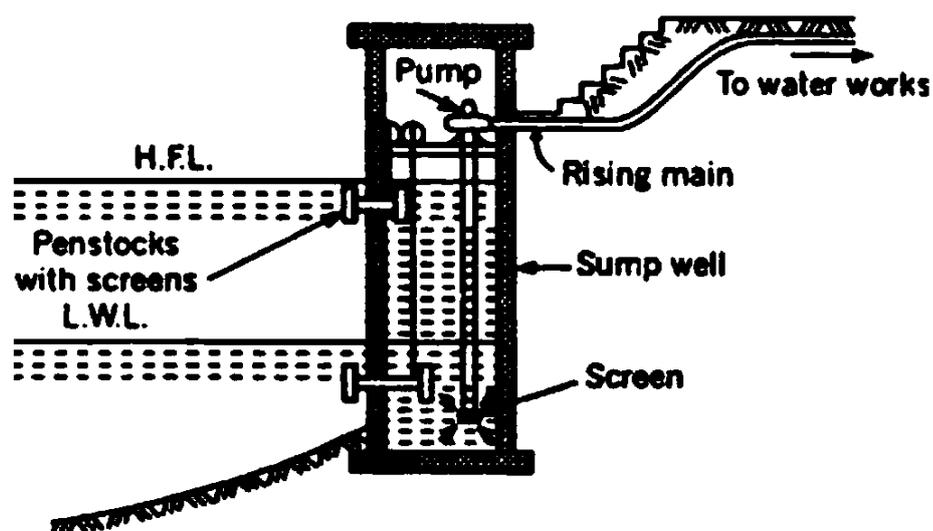
Sumber:

(<https://assets.kompasiana.com/statics/crawl/555fdfe40423bd18098b4567.gif?t=o&v=740&x=416>)

## 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.

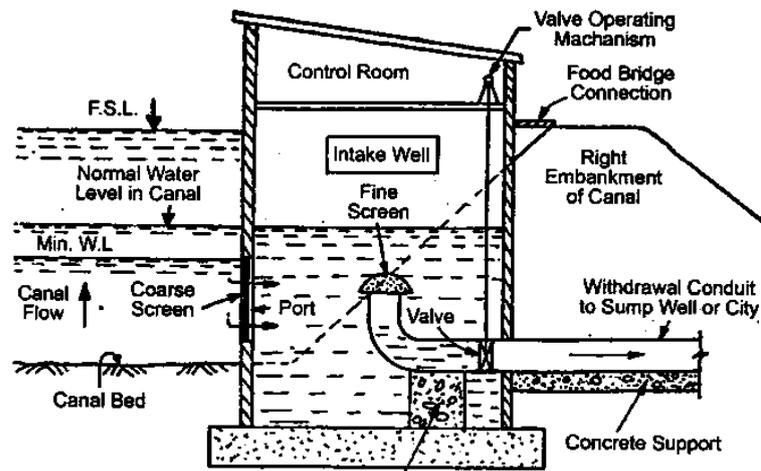


Gambar 2. 3 *River Intake*

Sumber: (<https://dreamcivil.com/intake-structure/>)

b. *Canal Intake*

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

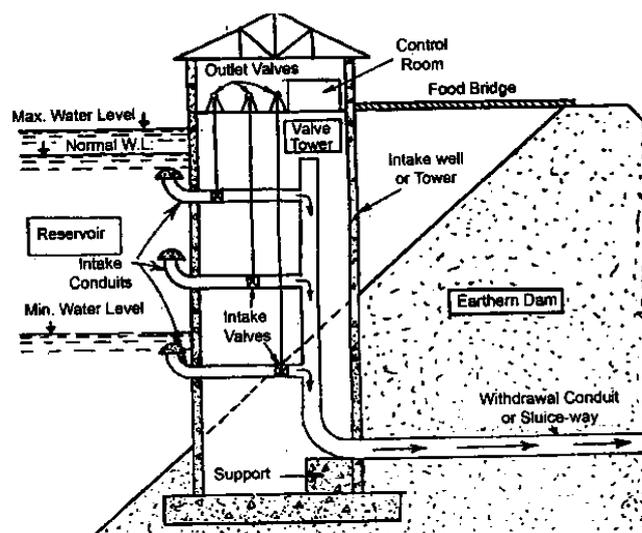


Gambar 2. 4 *Canal Intake*

Sumber: (<https://www.poriyaan.in/media/imgPori/images41/fHWMUsL.jpg>)

c. *Reservoir Intake*

Digunakan untuk air yang berasal dari bendungan dan mudah menggunakan menara *intake*. Menara *intake* dengan bendungan 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*

Sumber: (<https://www.poriyaan.in/media/imgPori/images41/7PVq5FJ.jpg>)

Pada perancangan bangunan air minum kali ini, kami menggunakan *Indirect Intake* (Bangunan Penyadap Tidak Langsung) yaitu jenis *River Intake*. *Intake* jenis ini menggunakan pipa penyadap dalam bentuk sumur pengumpul. *Intake* ini juga lebih ekonomis untuk air sungai yang mempunyai perbedaan level muka air pada musim hujan dan musim kemarau yang cukup tinggi.

Pada *screening* atau biasa disebut dengan *bar screen* digunakan dalam pengolahan air baik air bersih maupun air limbah untuk menghilangkan padatan kasar berupa potongan-potongan kayu, bahan-bahan dari plastik, kain, dan lain sebagainya yang berukuran  $>0,5 - 1\text{cm}$  sehingga tidak mengganggu proses pengolahan pada bangunan pengolahan air buangan selanjutnya (Metcalf & Eddy et al., 2007). Padatan yang disaring kemudian dibuang ke wadah yang terletak di belakang *screen* untuk disimpan, dikeringkan, dan diakumulasi/dipadatkan sebelum akhirnya dibuang. Peran utama *screening* adalah untuk menghilangkan bahan-bahan kasar dari aliran air yang mampu: (1) merusak peralatan unit pengolahan 15 berikutnya; (2) mengurangi kinerja dan efektivitas unit dan proses pengolahan secara keseluruhan; dan (3) mencemari saluran air.

Umumnya unit *bar screen* dibuat dari batangan besi/baja dengan lapisan anti karat yang dipasang pada kerangka yang melintang di saluran air dengan posisi miring ke arah masuknya air (*inlet*) dengan kemiringan  $30^\circ - 45^\circ$  dari horizontal (Metcalf & Eddy et al., 2007). Tebal batang biasanya 5-15mm dengan jarak antar batang 25 hingga 50mm yang diatur sedemikian rupa sehingga lolos untuk parameter/limbah yang diinginkan. *Bar screen* dirancang dan dihitung menggunakan debit pada aliran puncak (Qasim et al., 2000).

**Tabel 2. 3** Kriteria Perencanaan Saringan Kasar

Parameter	U.S Customary Units		Satuan Internasional	
	Metode Pembersihan		Metode Pembersihan	
	Manual	Mekanik	Manual	Mekanik
<b>Ukuran batang</b>				
Lebar	0,2 – 0,6	0,2 – 0,6	5 – 15	5 – 15
Kedalaman	1,0 – 1,5	1,0 – 1,5	23 – 38	23 – 38
Jarak antar batang	1,0 – 2,0	0,6 – 3,0	25 – 50	15 - 75
<b>Parameter lain</b>				
Kemiringan thd vertikal (derajat)	30 – 45	0 – 30	30 – 45	0 – 30

Parameter	U.S Customary Units		Satuan Internasional	
	Metode Pembersihan		Metode Pembersihan	
	Manual	Mekanik	Manual	Mekanik
Kecepatan	1,0 – 2,0 ft/s	2,0 - 3,25 ft/s	0,3 – 0,6 m/s	0,6 – 1,0 m/s
Headloss	6 m	5 – 24 m	150 mm	150 – 600 mm

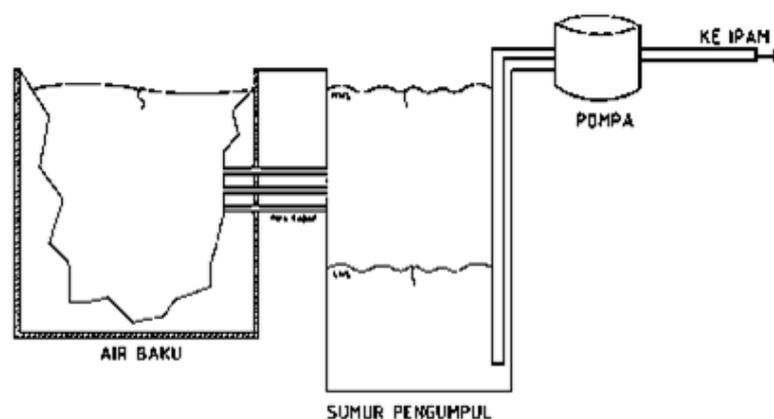
Sumber: (Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004

Halaman 315-316)

Selanjutnya pada bagian *screen*, kami menggunakan *coarse screen*. *Screen* bertujuan untuk menghilangkan sampah padat seperti kertas, plastik, atau kain yang dapat merusak dan menyumbat aliran air, pipa dan pompa. Pemilihan *coarse screen* dirasa sangat tepat karena dapat menghilangkan benda-benda berukuran besar dan mempunyai ukuran celah 6–150 mm.

#### 2.4.2 Sumur Pengumpul

Sumur pengumpul bertujuan untuk menampung air sementara dan padatan kasar yang mudah mengendap dan terdapat pada aliran air seperti pasir (Metcalf & Eddy et al., 2007). Sumur pengumpul juga berfungsi untuk mengontrol fluktuasi dari aliran air yang akan diolah agar memberikan kondisi aliran yang stabil pada proses pengolahan selanjutnya. Cara kerja sumur pengumpul ini adalah ketika air yang keluar dari proses produksi, maka selanjutnya air dialirkan menuju sumur pengumpul. Pada sumur pengumpul debit air diatur agar dapat memenuhi kriteria perencanaan pada unit bangunan selanjutnya.



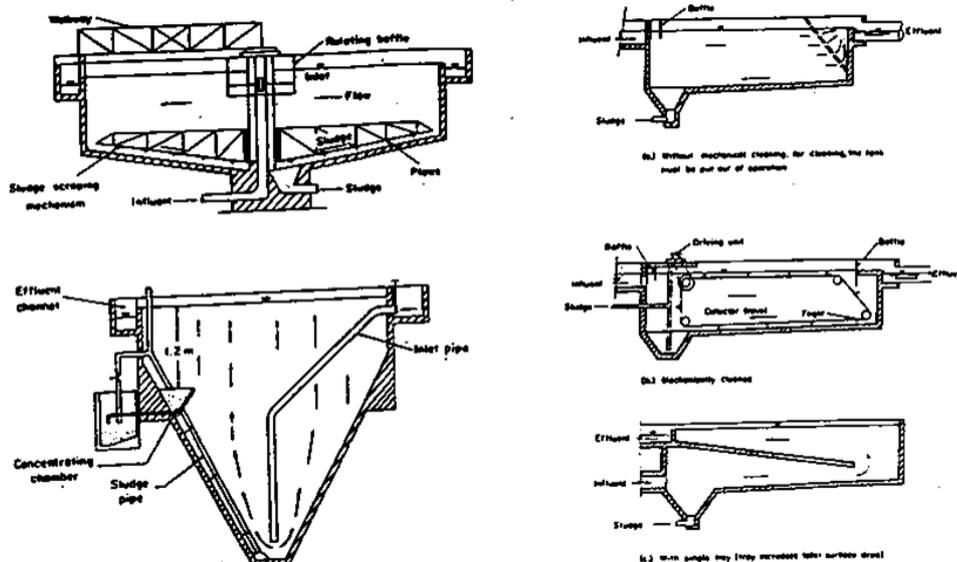
**Gambar 2. 6** Sumur Pengumpul

Sumber: ([https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRvqCIUdQTvF\\_r2aw5\\_Gf51iYHqBpAucJcGjA&s](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRvqCIUdQTvF_r2aw5_Gf51iYHqBpAucJcGjA&s))

### 2.4.3 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 berlangsungnya proses pengendapan atau pemisahan partikel-partikel diskrit di dalam air buangan.
- 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).



Gambar 2. 7 Bentuk - bentuk Prasedimentasi

Sumber: (<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSkbWLjQQ3RkDr2lid1locwP2eMDT2WSMm1OQ&s>)

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 2.4**.

**Tabel 2. 4** Desain Tipikal Prasedimentasi

<b>Primary sedimentation tanks followed by secondary treatment</b>						
Detention time	h	1,5 - 2,5	2	h	1,5-2,5	2
<i>Overflow rate</i>						
Average flow	gal/ft <sup>2</sup> .d	800 - 1200	1000	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	30-50	40
Peak hourly flow	gal/ft <sup>2</sup> .d	2000 - 3000	2500	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	80-120	100
Weir loading	gal/ft.d	10.000 - 40.000	20.000	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	125-500	250
<b>Primary settling with waste activated-sludge return</b>						
Detention time	h	1,5 - 2,5	2	h	1,5-2,5	2
<i>Overflow rate</i>						
Average flow	gal/ft <sup>2</sup> .d	600 - 800	700	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	24-32	28
Peak hourly flow	gal/ft <sup>2</sup> .d	1200 - 1700	1500	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	48-70	60
Weir loading	gal/ft.d	10.000 - 40.000	20.000	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	125-500	250

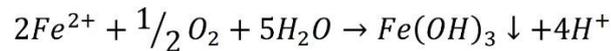
Sumber: (Metcalf & Eddy et al., 2007, Hal 398)

#### 2.4.4 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 ke dalam 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

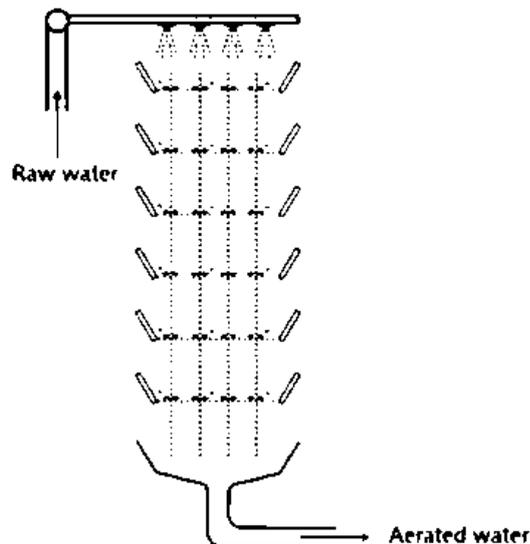
dan oksigen dikarenakan adanya penambahan udara dalam air pada proses aerasi sehingga dapat membentuk endapan  $(OH)_3$ , hal tersebut juga berlaku pada logam lain. Selain itu aerasi juga meningkatkan produksi oksigen ditandai dengan penurunan parameter organik dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). Berikut 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  $m^2$  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.

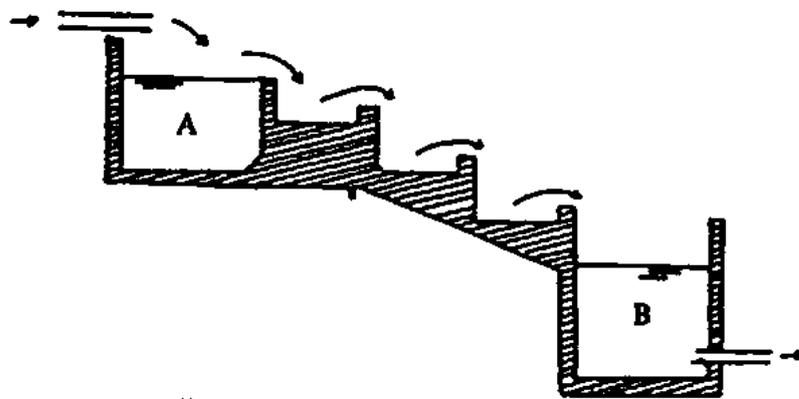


**Gambar 2. 8** *Waterfall Aerator*

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 m<sup>3</sup>/det permeter. 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.

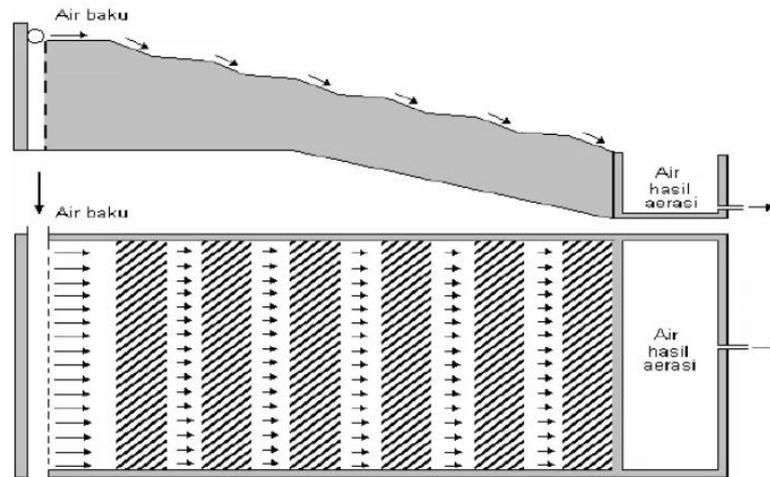


**Gambar 2. 9** *Cascade Aerator*

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 m<sup>3</sup>/det per meter luas.

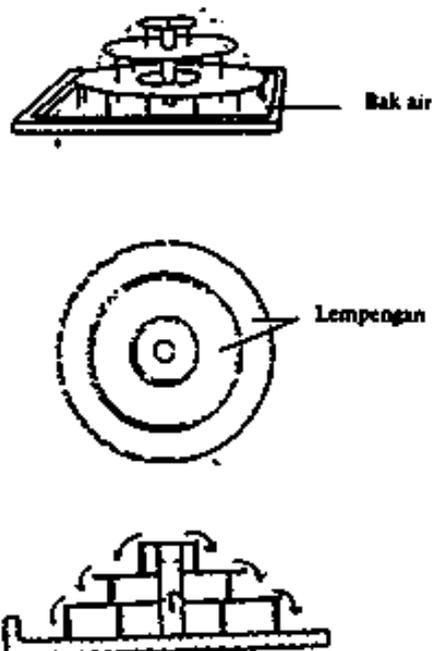


**Gambar 2. 10** *Submerged Cascade Aerator*

Sumber: (<https://www.scribd.com/document/364976818/Berbagai-Macam-Metode-Aerasi>)

#### 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.

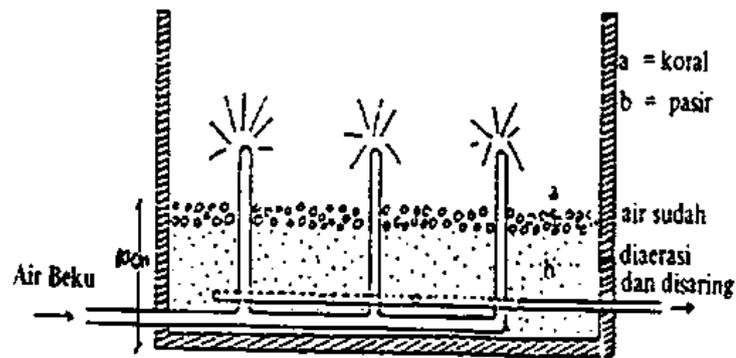


**Gambar 2. 11** *Multiple Plat Form Aerator*

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.

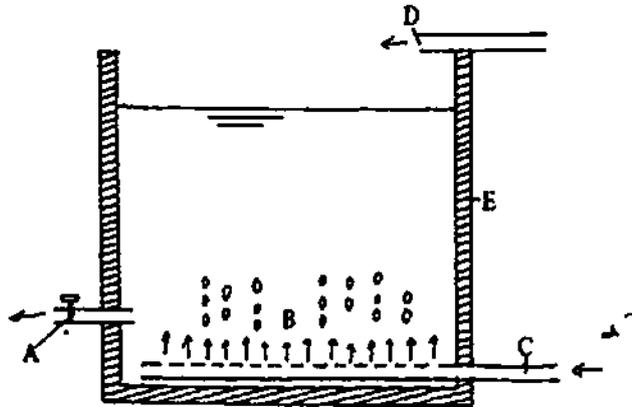


**Gambar 2. 12** *Spray Aerator*

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 m<sup>3</sup> udara atau m<sup>3</sup> air dan volume ini dengan mudah bisa dinaikkan melalui suatu penyedotan udara. Udara disemprotkan melalui dasar dari bak air yang akan diaerasi.



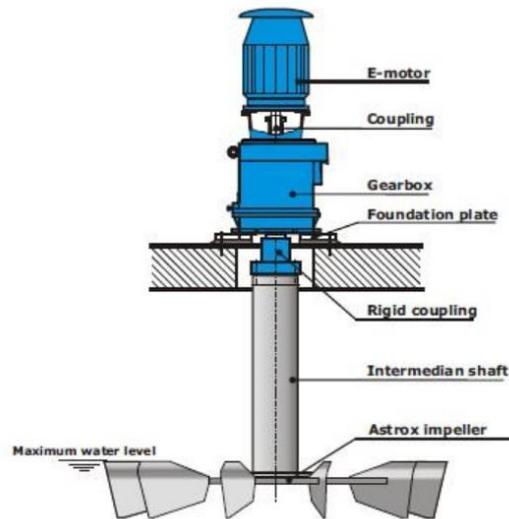
Gambar 2. 13 *Bubble Aerator*

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*.

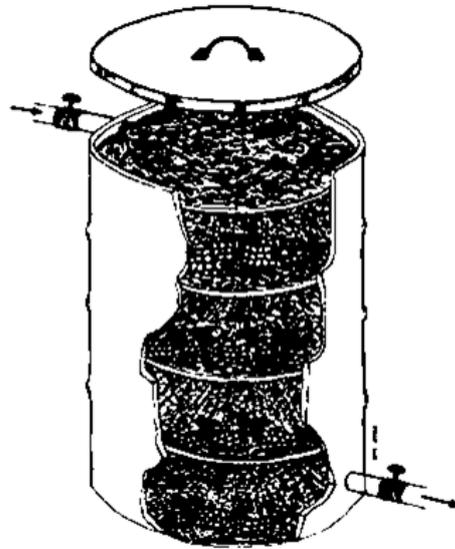


**Gambar 2. 14** *Surface Aerator*

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 pons*). 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.



**Gambar 2. 15** *Multiple Tray Aerator*

Sumber: (<https://www.slideshare.net/slideshow/05-treatment-of-water-aeration-and-sedimentation-cf/241855445>)

*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.

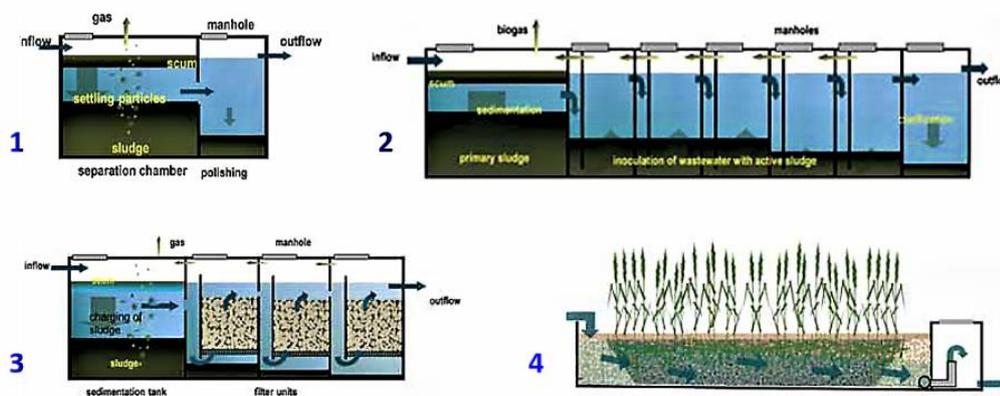
#### **2.4.5 Biofiltrasi Anaerobik**

Anaerobik biofilter merupakan satu alternatif pengolahan *grey water* yang dilakukan melalui proses anaerobik dengan media terlekat menggunakan biofilter. Pengolahan anaerobik biofilter ditandai dengan tumbuhnya biofilm yang menempel pada biofilter. Biofilm ini merupakan biomassa yang tumbuh dalam anaerobik biofilter. Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, jenis media biofilter menentukan keberhasilan proses pengolahan dalam anaerobik biofilter.

Pertumbuhan biomassa pada biofilter dalam anaerobik biofilter merupakan indikasi dari keberhasilan proses adaptasi mikroorganisme terhadap limbah yang diolah (Chaudhary et al., 2003). Mikroorganisme dalam anaerobik biofilter menggunakan bahan organik yang terkandung dalam limbah untuk proses metabolisme, sehingga menghasilkan pertumbuhan mikroorganisme yang

optimum. Pertumbuhan biomassa dalam anaerobik biofilter menghasilkan penebalan biofilm pada biofilter dan mampu mengurangi konsentrasi bahan organik dalam limbah.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan biomassa dalam pengolahan limbah menggunakan anaerobik biofilter meliputi konsentrasi bahan organik, suhu, tingkat keasaman, waktu detensi, jenis media biofilter (Inamori et al., 1986). Menurut Dahab (1982), beberapa jenis media biofilter yang digunakan terbuat dari plastik, keramik atau batuan quartzite (ukuran diameter batuan 25-38 mm). Show dan Tay (1999) menyatakan bahwa faktor-faktor pada media biofilter yang mempengaruhi pertumbuhan biomassa adalah karakteristik partikel pada bahan media, bentuk media, kekasaran media, luas permukaan media. Karakteristik partikel pada bahan media seperti *specific gravity*, ukuran partikel, porositas, kekerasan, ketahanan abrasi, keseragaman partikel dari bahan media biofilter mempengaruhi pertumbuhan biomassa (Hastuti et al., 2014). Pemilihan media biofilter yang tepat merupakan satu faktor penentu keberhasilan proses pengolahan limbah dengan anaerobic biofilter.



**Gambar 2. 16** (1) Settler; (2) Anaerobic Baffled Reactor; (3) Anaerobic Filter; (4) Planted Gravel Filter

Sumber: (<https://sswm.info/factsheet/anaerobic-filter>)

#### 2.4.6 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; Shamma & 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.

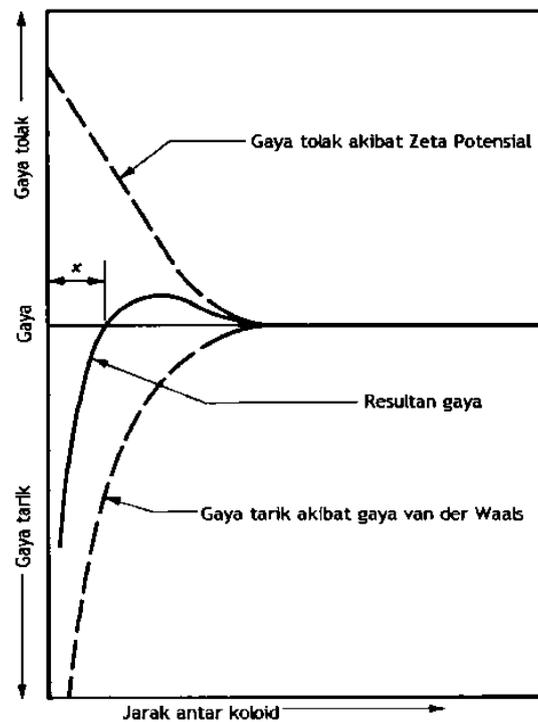
Umumnya, karena stabilitas suspensi koloid, partikel tersuspensi sulit untuk mengendap secara alami. Alasan kestabilan koloid adalah (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012) :

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. 5 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)



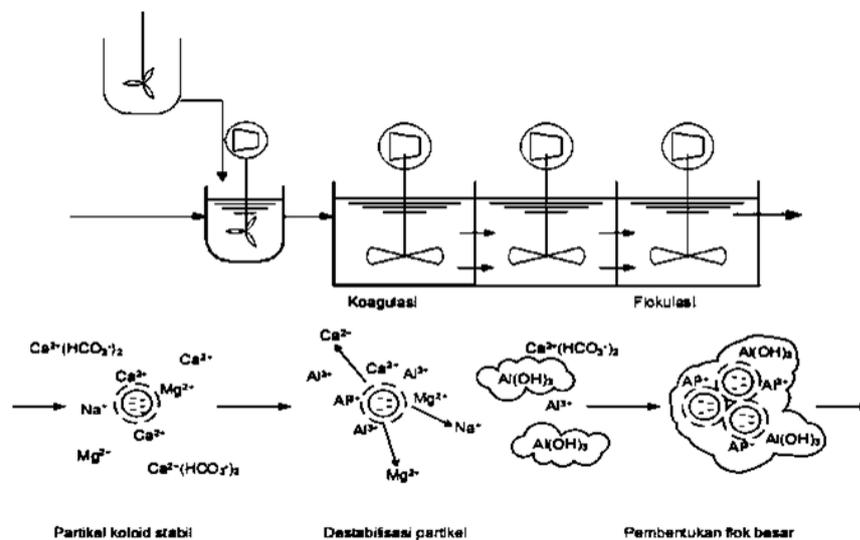
Gambar 2. 17 Gaya pada Koloid

Sumber: (<https://chem-envi.blogspot.com/2015/06/koagulasi-flokulasi-dalam-pengolahan.html>)

Koagulasi dan flokulasi merupakan dua proses yang tidak dapat dipisahkan. Selama proses koagulasi, koloid dan partikel dalam air tidak stabil akibat 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. 18** Proses Koagulasi - Flokulasi

Sumber: (<https://chem-envi.blogspot.com/2015/06/koagulasi-flokulasi-dalam-pengolahan.html>)

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 2.6** dapat dilihat koagulan yang umum digunakan pada pengolahan air.

**Tabel 2. 6** 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	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	kristal halus	Asam	4 – 9
Ferri Klorida	$FeCl_3 \cdot 6 H_2O$	Bongkah, cairan	Asam	4 - 9
ferro Sulfat	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	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 untuk 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*)

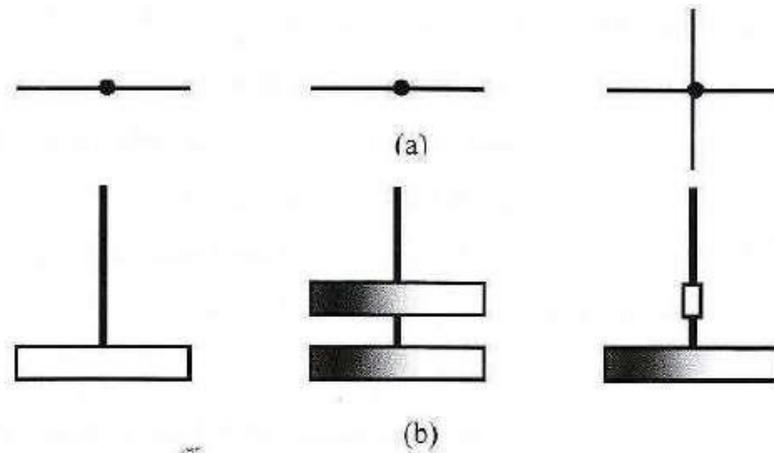
Pengadukan diperlukan agar tumbukan antara partikel untuk netralisasi menjadi sempurna. Distribusi dalam air cukup baik dan merata, serta masukan energi yang cukup untuk tumbukan antara partikel yang telah netral sehingga terbentuk mikroflok. Pada proses koagulasi ini pengadukan dilakukan dengan cepat. 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).

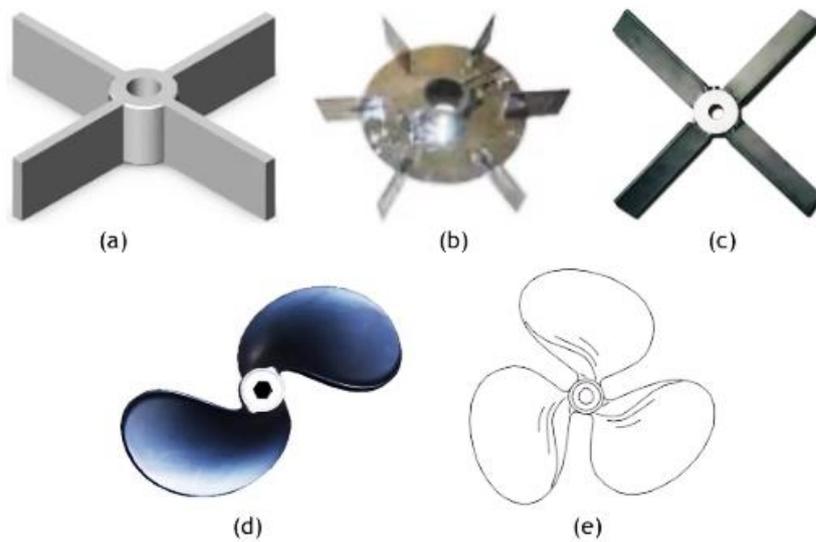
Koagulasi atau pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu: pengadukan mekanis, hidrolis, dan pneumatik. Pada pengadukan mekanis, digunakan peralatan berupa motor bertenaga listrik, poros pengaduk (shaft), dan alat pengaduk (impeller). Berdasarkan bentuknya terdapat tiga macam alat pengaduk, 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. 19** Tipe Paddle (a) Tampak atas; (b) Tampak samping

Sumber: (<https://www.slideshare.net/slideshow/5-unit-koagulasi-flokulasi/15695481>)



**Gambar 2. 20** 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: (<https://www.slideshare.net/slideshow/5-unit-koagulasi-flokulasi/15695481>)

**Tabel 2. 7** 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. 8** Nilai Waktu Pengadukan Mekanis dan Gradien Kecepatan

Waktu Pengadukan, td(detik)	Gradien Kecepatan (detik <sup>-1</sup> )
20	1000
30	900
40	790
50 ≥	700

Sumber: (Reynolds & Richards, 1996:184)

**Tabel 2. 9** 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
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.

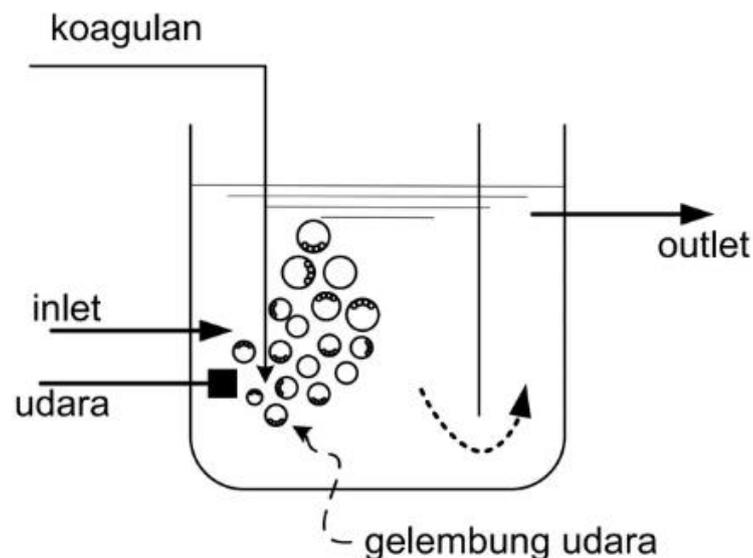
Pengadukan lambat dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20 sampai 100 detik<sup>-1</sup>) selama 10 hingga 60 menit atau nilai GTd (bilangan Camp) berkisar 48000 hingga 210000. Gradien kecepatan diturunkan secara bertahap agar flok yang telah terbentuk tidak pecah dan berkesempatan bergabung dengan 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  $50 \text{ detik}^{-1}$
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. 21** Pengadukan Cepat Secara Pneumatis

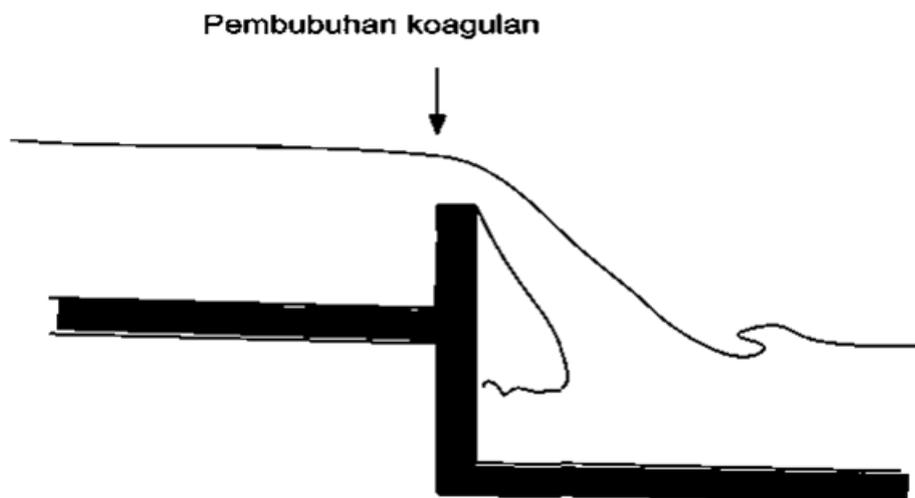
Sumber: (<https://www.slideshare.net/slideshow/5-unit-koagulasi-flokulasi/15695481>)

## 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.

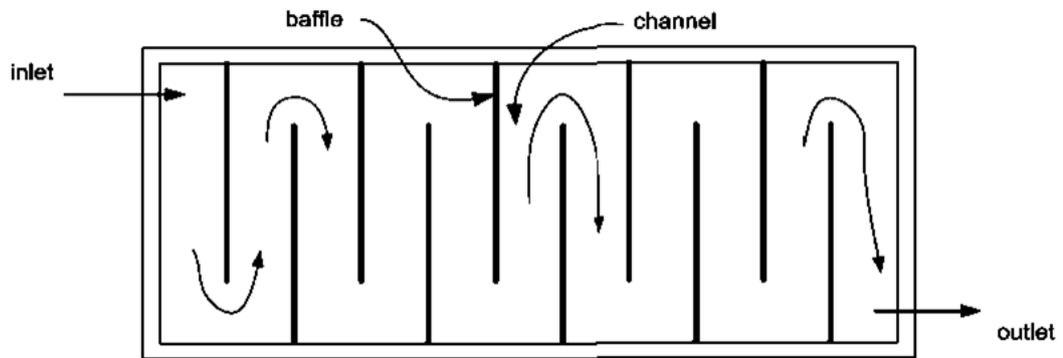
Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada pengadukan cepat haruslah aliran air yang menghasilkan energi hidrolik yang besar. Dalam hal ini dapat dilihat dari besarnya kehilangan energi (headloss) atau perbedaan muka air. Dengan tujuan menghasilkan turbulensi yang besar tersebut, maka jenis aliran yang sering digunakan sebagai pengadukan cepat adalah terjunan (Gambar 5.9), 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 (baffled channel, Gambar 5.10), perforated wall, gravel bed dan sebagainya.



**Gambar 2. 22** Pengadukan Cepat dengan Terjunan

Sumber: (<https://www.slideshare.net/slideshow/5-unit-koagulasi-flokulasi/15695481>)



**Gambar 2. 23** Pengadukan Lambat dengan *Baffled Channel*

Sumber: (<https://www.slideshare.net/slideshow/5-unit-koagulasi-flokulasi/15695481>)

#### 2.4.7 Sedimentasi

Sedimentasi adalah pemisahan padatan dan 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:

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

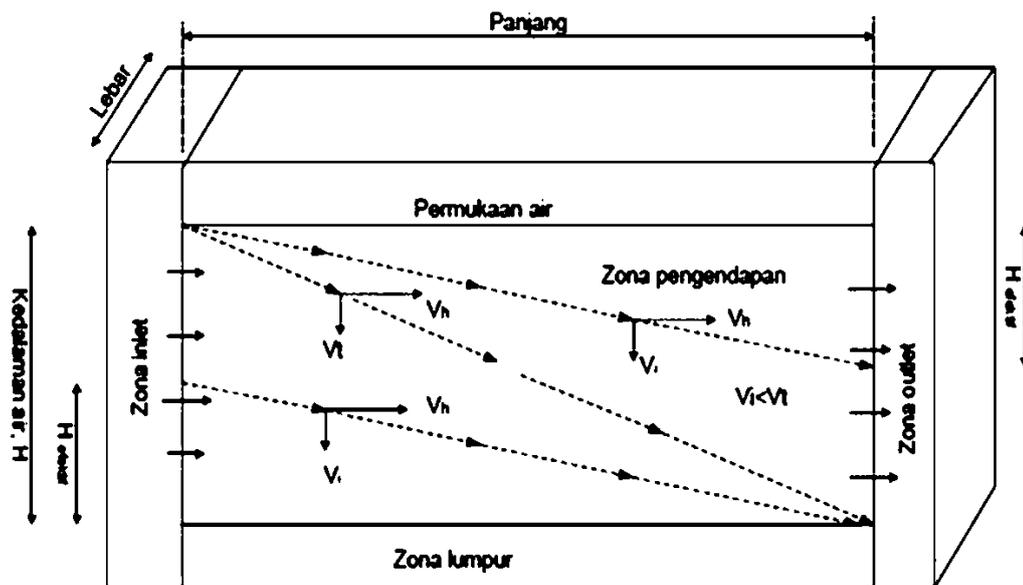
Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah:

- Pengendapan Tipe I (*Free Settling*)
- Pengendapan Tipe II (*Flocculent Settling*)
- Pengendapan Tipe III (*Zone/Hindered Settling*)
- Pengendapan Tipe IV (*Compression Settling*)

Pada setiap bangunan sedimentasi terdapat empat zona :

- Zona *Inlet*
- Zona *Outlet*
- Zona *Settling*
- Zona *sludge*

Adapaun zona-zona tersebut dapat digambarkan seperti di bawah ini :



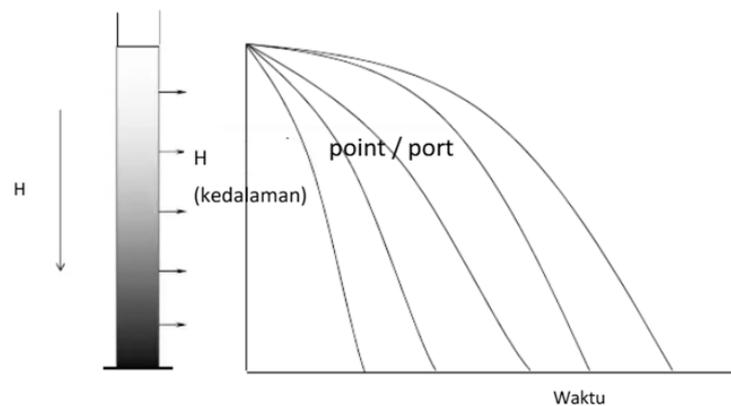
Gambar 2. 24 Zona pada Bak Sedimentasi

Sumber: (<https://slideplayer.info/slide/1938392/7/images/13/Bagian-bagian+dari+bak+sedimentasi.jpg>)

Dimana ada setiap zona terjadi proses-proses sebagai berikut :

- Zona *Inlet* = Terjadi distribusi aliran yang menuju zona *settling* (+ 25% panjang bak).
- Zona *Settling* = Terjadi proses pengendapan yang sesungguhnya
- Zona *Sludge* = Sebagai ruang lumpur, dimana konfigurasi dan kedalamannya tergantung pada metode pengurusan dan jumlah endapan lumpur. Untuk partikel 75% mengendap pada 1/5 volume bak.
- Zona *Outlet* = Pada zona ini dihasilkan air yang jernih tanpa suspensi yang ikut terbawa.

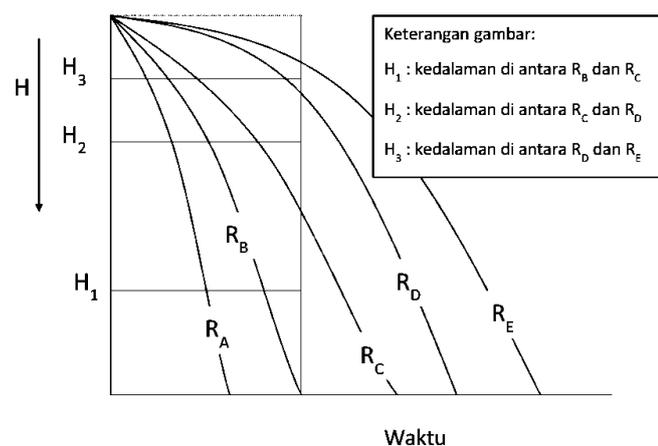
Kecepatan pengendapan partikel tidak bisa ditentukan dengan persamaan Stoke's karena ukuran dan kecepatan pengendapan tidak tetap. Besarnya partikel yang mengendap di uji dengan *coloum setting test* dengan *Multiple withdraw ports*. Dengan menggunakan kolom pengendapan tersebut, sampling dilakukan pada setiap port pada interval waktu tertentu, dan data removal partikel diplot pada grafik.



**Gambar 2. 25** Grafik Isoremoval

Sumber: (<https://www.scribd.com/document/542803193/Materi-Sedimentasi-Tipe-2>)

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. 26** Penentuan Kedalaman H dan seterusnya

Sumber: (<https://www.scribd.com/document/542803193/Materi-Sedimentasi-Tipe-2>)

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 :

- Menghitung penyisihan total pada waktu tertentu, minimal sebanyak tiga variasi waktu (mengulang langkah di atas minimal dua kali)
- Membuat grafik hubungan persen penyisihan total (sebagai sumbu y) dengan waktu pengendapan (sebagai sumbu x)
- 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 (td) dan *Overflow rate* (Vo) 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 :

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 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.

Rumus-rumus yang digunakan dalam unit sedimentasi adalah :

Efisiensi pengendapan partikel flokulan dipengaruhi oleh over flow rate, detention time dan kedalaman bak pengendap. Pengaruh dari faktor- faktor tersebut adalah sebagai berikut :

a. Detention time (t)

Membuat bak *Rectangular*, aliran air memiliki kecepatan horisontal ( $V_0$ ), sedangkan pengendapan partikel memiliki kecepatan pengendapan ( $V_s$ ).

Waktu detensi air secara teoritis adalah :

$$t = \frac{I}{V_0}$$

Dimana : I = panjang bak

Waktu detensi secara teoritis untuk pengendapan flok adalah :

$$t_s = \frac{h}{V_s}$$

Dimana ; h = kedalaman bak

Sedangkan untuk removal partikel  $t = t_s$ , maka waktu detensi dapat ditentukan oleh faktor lebar kedalaman bak.

b. Over Flow Rate

$$S_o = \frac{Q}{A}$$

Dimana :

S = Over flow rate (m/jam)

Q = Debit (m<sup>3</sup>/jam)

As = *Surface* area (m<sup>2</sup>)

Over flow rate ditentukan oleh *surface* area dimana semakin besar *surface* area, maka kecepatan pengendapan akan semakin cepat dan efisiensi bak semakin. Apabila  $V_o = V_s = h t_s$ , maka semakin besar h akan menurunkan efisiensi. Sebaliknya semakin besar waktu detensi akan meningkatkan efisiensi sedimentasi.

Batch *settling* test digunakan untuk mengevaluasi karakteristik pengendapan suspensi flokulen. Diameter coloumn untuk tes 5 – 8 inch (12,7 – 20,3 cm) dengan tinggi paling tidak sama dengan kedalaman bak pengendap. Sampel dikeluarkan melalui pori pada interval waktu periodik. Prosentase penghilangan dihitung untuk masing – masing sampel yang diketahui konsentrasi suspended solidnya dan konsentrasi sampel. Prosentase penghilangan diplotkan pada grafik sebagai nilai penghilangan pada grafik waktu vs kedalaman. Lalu dibuat interpolasi antara titik – titik yang diplot dan kurva penghilangan, Ra, Rb, dst.

Dalam bangunan sedimentasi ini terdapat kriteria desain yang dapat digunakan dalam mempermudah desain. Adapun kriteria desain tersebut sebagai berikut :

- Kedalaman air = 3 – 4,5 m
- Kecepatan aliran = 0,3 – 1,7 m/min
- Waku detensi = 1,5 – 4 jam
- *Surface* loading = 1,25 – 2,5 m/jam

- Panjang/lebar = minimum  $\frac{1}{4}$
- Kedalaman air/panjang = minimum  $\frac{1}{15}$
- Weir loading rate = 9 – 13 m<sup>3</sup>/m.jam

Bak sedimentasi dapat berupa circular, *Rectangular* atau square dengan kedalaman 2-5 m. Dimana *Rectangular* mempunyai panjang sampai 50 m dan lebar 10 m sedangkan square tank mempunyai panjang  $\pm 2,5$  m. Slope ruang lumpur berkisar antara 2% - 6%, bilangan Reynolds < 2000 agar aliran laminer.

#### 2.4.8 Filtrasi

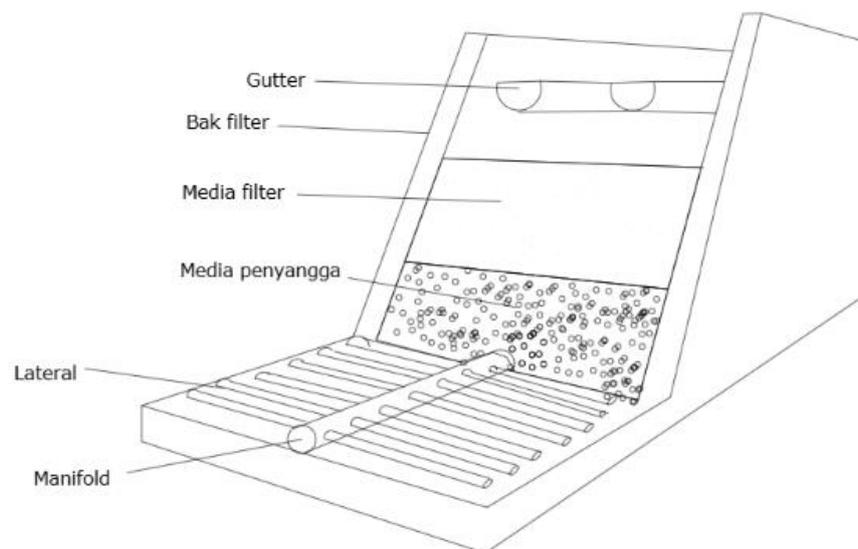
Menurut Al-Layla pada tahun 1978, partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air tidak bisa mengendap secara sempurna hanya dengan menggunakan proses sedimentasi. Untuk lebih menyempurnakan proses penyisihan partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air, dapat dilakukan dengan menggunakan 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. Pada gambar 2.21 dapat dilihat bagian-bagian filter.



**Gambar 2. 27** Bagian – bagian Filter

Sumber: (<https://123dok.com/document/y6m9r0gq-filtrasi-filtrasi-berbutir-terdapat-mekanisme-filtrasi-sebagai-berikut.html>)

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 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 m<sup>3</sup> /m<sup>2</sup>.hr (namun terkadang laju filtrasi nya dapat lebih dari 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.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 filter* 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). Kriteria untuk keperluan *rapid sand filter* adalah:

Singel media pasir:     $UC = 1,3 - 1,7$   
     $ES = 0,45 - 0,7 \text{ mm}$

Untuk dual media:     $UC = 1,4 - 1,9$   
     $ES = 0,5 - 0,7 \text{ mm}$

#### a. 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. 10** Kriteria Perencanaan Filter Pasir Cepat

No	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan
1.	Jumlah bak saringan	$N = 12 Q^{0.5 *}$	Minimum 5 bak
2.	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6 - 11	6 - 11
3.	Pencucian :		
	Sistem pencucian	Tanpa/dengan blower & atau <i>surface wash</i>	Tanpa/dengan blower & atau <i>surface wash</i>
	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
4.	Media Pasair		
	• Tebal (mm)	300 - 700	300 - 700
	• Singel media	600 - 700	600 - 700
	• Media ganda	300 - 600	300 - 600
	• Ukuran efektif, ES (mm)	0,3 - 0,7	0,3 - 0,7
	• Koefisien keseragaman, UC	1,2 - 1,4	1,2 - 1,4
	• Berat jenis (kg/dm <sup>3</sup> )	2,5 - 2,65	2,5 - 2,65
	• Porositas	0,4	0,4
	• Kadar SiO <sub>2</sub>	< 95%	< 95%
5.	Media Antrasit:		
	• Tebal (mm)	400 - 500	400 - 500
	• ES (mm)	1,2 - 1,8	1,2 - 1,8
	• UC	1,5	1,5
	• Berat jenis (kg/dm <sup>3</sup> )	1,35	1,35
	• Porositas	0,5	0,5
6.	Filter botom/dasar saringan		
	a). 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
	Uukuran Butir	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
b). Filter Nozen		
- Lebar slot nozel (mm)	< 0,5	< 0,5
- Presentase luas slot nozel terhadap luas filter (%)	>4%	>4 %

Sumber : (SNI 6774 – 2008)

#### b. 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

**Tabel 2. 11** Kriteria Filter Pasir Lambat

Kriteria	Nilai / Keterangan
Kecepatan filtrasi	0,1 – 0,4 m/jam
Ukuran bed	Besar, 2000 m <sup>2</sup>
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

Sumber: (Schulz dan Okun (1984))

### c. Flter 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 dilter bertekanan, diperlukan pendorong tekanan yang lebih besar. Oleh karen 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 2.12**.

**Tabel 2. 12** Kriteria Filter Bertekanan

No	Unit	Nilai / Keterangan
1.	Kecepatan penyaringan (m/jam)	12 - 33
2.	Pencucian :	
	Sistem kecepatan	Tanpa blower & <i>surface wash</i>
	kecepatan (m/jam)	72 – 198
	lama pencucian (menit)	-
	periode antara dua pencucian (jam)	-
	Ekspansi (%)	30 - 50
3.	Media pasir	
	Tebal (mm)	300 – 700
	Single media	600 -700
	Media ganda	300 – 600

	ukuran efektif, ES (mm)	-
	Koefisien keseragaman, US	1,2 – 1,4
	berat Jenis (kg/L0	2,5 – 2,65
	Porositas	0,4
	kadar SiO <sub>2</sub>	>95
4.	Media antransit	
	tebal (mm)	400 – 500
	Es (mm)	1,2 – 1,8
	UC	15
	Berat Jneis (kg/L0	1,35
	Porositas	0,5
5.	Dasar filter Nozel	
	labar slot nozel (mm)	<0,5
	presentase luas zlot nozel terhadap luas filter (%)	>4%

Sumber : SNI 6774-2008

#### d. 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 di atas 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:

- Menggunakan menara air
- Interfilter

#### 2.4.9 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 desinfeksi yang baik :

- Efektif membunuh mikroorganisme patogen
- Tidak beracun bagi manusia/hewan domestik
- Tidak beracun bagi ikan dan spesies akuatik lainnya
- Mudah dan aman disimpan, dipindahkan, dibuang
- Rendah biaya
- Analisis yang mudah dan terpercaya dalam air
- Menyediakan perlindungan sisa dalam air minum

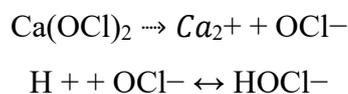
Ada banyak hal yang mempengaruhi proses desinfeksi, diantaranya :

- a. Oksidasi kimia
- b. Iradiasi
- c. Pengolahan termal dan pengolahan elektrokimia

Jenis-jenis desinfeksi :

- Desinfeksi kimiawi : Chlorine, ozon dan kaporit
  - Desinfeksi fisika : Sinar Ultraviolet
- a. Desinfeksi Kimiawi

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



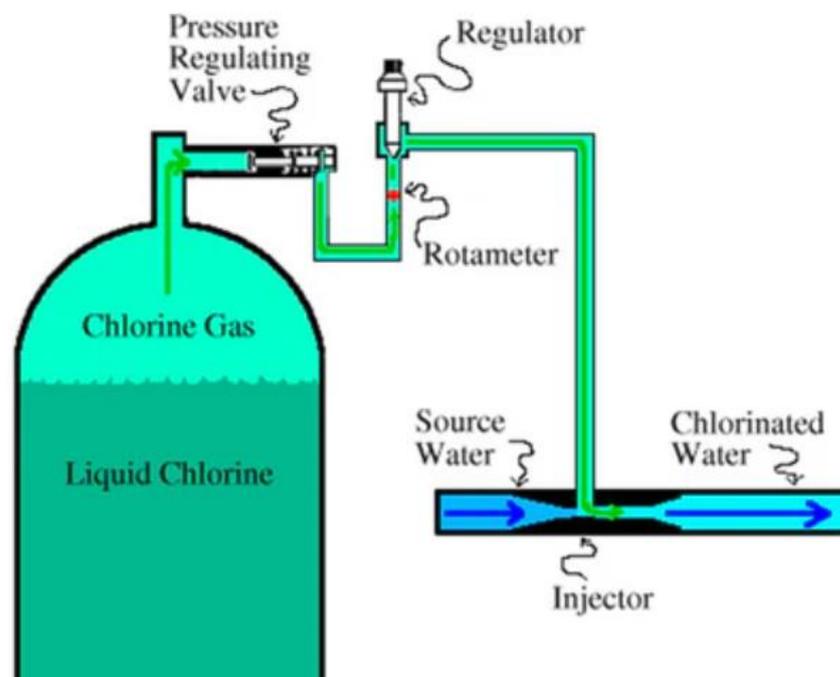
Sebagai suatu proses kimia yang menyangkut reaksi antara biomassa mikroorganisme perlu dipenuhi 2 syarat:

- Dosis yang cukup
- Waktu kontak yang cukup, minimum 30 menit

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

b. Desinfeksi Fisika

Desinfeksi menggunakan ultraviolet lebih aman daripada menggunakan klor yang berisiko 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.



**Gambar 2. 28** Bak Klorinasi

Sumber: (<https://water.co.id/artikel/purifikasi-air-melalui-klorinasi>)

Beberapa hal yang akan perlu dipertimbangkan dalam perencanaan, yaitu:

- Dosis Schlorine
- Senyawa klorin yang biasa digunakan
- Metode aplikasi
- Desain bak
- Meteran air klorinasi
- Filter
- Pipa pengadukan
- Koneksisitas air
- Out valve
- Cloryne Clynder
- Manometer
- Relay

Senyawa chlorine yang digunakan dalam pengolahan air minum adalah :

- a. Clorine ( $Cl_2$ )
  - 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 supplay 30 hari.
- b. Calsium Hypochlorine ( $Ca(OCl)_2$ )
  - Merupakan senyawa chlor yang paling sering dipakai untuk desinfektan
  - Mengandung 70% Clorine
- c. Sodium Hypochlorite ( $Na(OCl)_2$ )
  - Tersedia dengan jumlah 1,5 – 15%
  - Larutan dapat didekomposisi lebih cepat pada konsentrasi tinggi

Berikut rumusan untuk menghitung kebutuhan klor.

- a. Penetapan DPC
  - Siapkan labu erlenmenyer 500 ml/botol yang berisi sebanyak 3 buah
  - Siapkan larutan kaporit 0,1% (0,1 gram/100 ml air)

- Isi contoh air baku 250 ml yang sudah disaring ke dalam labu erlenmeyer, tambahkan larutan kaporit masing-masing 0,5 ml;0,75 ml;1,0 ml ke dalam labu Erlenmeyer
- Kocok dan simpan di ruang gelap selama 30 menit e. Periksa dan catat sisa klor dari masing-masing labu Erlenmeyer
- Hitung DPC dengan rumus:

$$DPC = ([ 1000/250 \times V \times M ] - D) \text{ mg/l}$$

Keterangan :

V = ml larutan kaporit 0,1% yang ditambahkan

M = kadar kaporit dalam air (misalnya = 60%)

D = sisa klor dalam air

- b. Hitung dosis klor = Dosis klor (mg/L) = DPC + sisa klor
- c. Kebutuhan klor = Q x Dosis klor x kemurnian
- d. Volume klor = kebutuhan klor / berat jenis klor
- e. Volume pelarut =  $\frac{100 - \text{konsentrasi larutan}}{\text{konsentrasi larutan}} \times \text{vol kaporit}$
- f. Volume larutan klor =  $\frac{100}{\text{konsentrasi larutan}} \times \text{vol kaporit}$
- g. Dimensi bak = p x l x t

#### 2.4.10 *Reservoir*

*Reservoir* adalah tempat penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. Umumnya *reservoir* ini diperlukan pada suatu sistem penyediaan air bersih yang melayani suatu kota. Fungsi utama dari *reservoir* adalah untuk menyeimbangkan antara debit produksi dan debit pemakaian air. Sering kali 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 relatif *reservoir* terhadap permukaan tanah sekitarnya, maka jenis *reservoir* dapat dibagi menjadi 2 yaitu *reservoir* permukaan dan *reservoir* menara.

### A. *Reservoir Bawah Tanah (Ground Reservoir)*



**Gambar 2. 29** *Ground Reservoir*

Sumber: (<https://www.indiamart.com/proddetail/under-ground-water-tank-13572668748.html>)

*Reservoir* permukaan adalah penampung air yang sebagian besar atau seluruhnya berada di bawah permukaan tanah. *Reservoir* permukaan biasanya berbentuk bak atau tangki air yang ditanam di bawah tanah.

### B. *Reservoir Menara (Elevated Reservoir)*



**Gambar 2. 30** *Elevated Reservoir*

Sumber : (<https://indonesian.alibaba.com/product-detail/Modular-sectional-elevated-pressed-vertical-steel-1601138058394.html>)

*Reservoir* menara adalah *reservoir* yang seluruh bagian penampungan dari *reservoir* terletak lebih tinggi dari permukaan tanah sekitarnya. Berdasarkan bahan konstruksinya, *reservoir* menara dibagi menjadi empat yaitu *reservoir* bahan baja, beton cor, fiber glass, dan pasangan bata.

### 1. *Reservoir* Tangki Baja



**Gambar 2. 31** *Reservoir* Tangki Baja

Sumber: (<https://indonesian.alibaba.com/product-detail/aquaculture-corrugated-steel-tank-galvanized-steel-1601184300224.html>)

*Reservoir* tangki baja adalah komponen vital dalam sistem pengelolaan air bersih. Desain yang tepat, pemilihan material, dan perencanaan yang matang akan memastikan bahwa *reservoir* dapat berfungsi secara optimal dalam memenuhi kebutuhan masyarakat akan air bersih.

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

### e. *Reservoir* Beton Cor

*Reservoir* beton cor, sering disebut sebagai tandon air beton, merupakan struktur penting dalam sistem penyimpanan dan distribusi air. Struktur ini dirancang untuk menampung air dalam jumlah besar dan sering digunakan dalam aplikasi komersial dan domestik.

Tangki 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 mahal.



**Gambar 2. 32** *Reservoir* Beton Cor

Sumber: (<https://fydwdfs.top/ProductDetail.aspx?iid=156166530&pr=57.88>)

### 3. *Reservoir* Fiberglass

*Reservoir fiberglass*, yang juga dikenal sebagai tangki panel FRP (Fiber Reinforced Plastic), merupakan solusi inovatif untuk penyimpanan air bersih dan bahan kimia. Material ini terdiri dari serat kaca yang diperkuat dengan resin.

Penggunaan *fiberglass* sebagai bahan untuk membuat *reservoir* memiliki beberapa kelebihan yaitu beratnya yang ringan, tekstur dinding tangki kaku dan terlihat kuat. Namun, dari kelebihan yang dimiliki, adapun kekurangan yang

dimiliki yaitu rentan terhadap benturan dan dinding tangki mudah retak, tidak tahan terhadap UV dan oksidasi bila terjemur sinar matahari.



**Gambar 2. 33** *Reservoir Fiberglass*

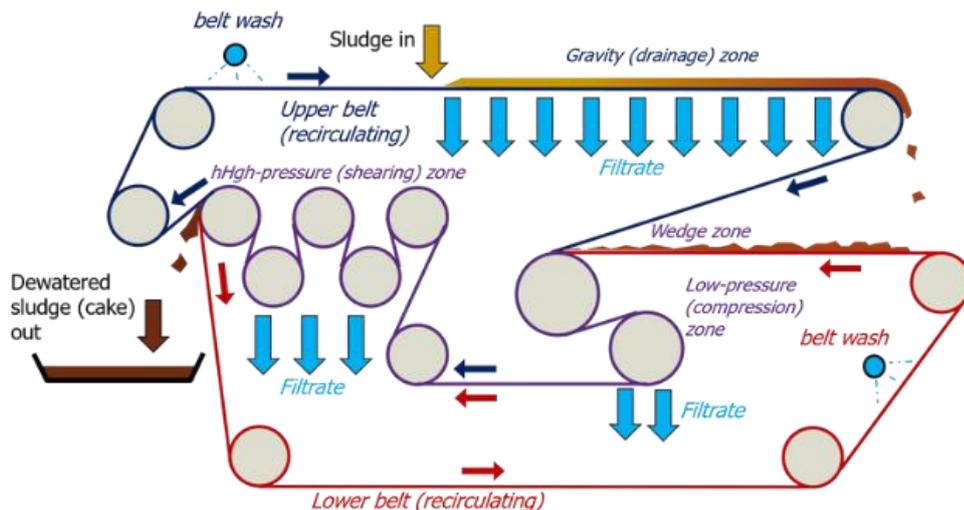
Sumber: (<https://www.jualo.com/roof-tank-fiberglass-panel-tank-fiberglass-tangki-air-tandon-air-under-tank-ground-tank-kab-tangerang-1785800039>)

#### **2.4.11 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. Di beberapa unit, bagian ini diberikan dengan bantuan vakum, yang menambah saluran dan membantu untuk mengurangi bau. Mengikuti saluran gravitasi, tekanan yang digunakan dalam bagian tekanan rendah, di mana lumpur diremas di antara pori kain sabuk. Di beberapa unit, bagian tekanan rendah diikuti bagian tekanan tinggi di mana lumpur mengalami pergeseran melewati penggulung. Peremasan dan pergeseran ini menginduksi dari penambahan air dari lumpur. Akhir pengeringan cake lumpur adalah penyisihan dari sabuk dengan *Scraper 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. 34** *Belt Filter Press*

Sumber: (<https://www.jingjinequipment.com/>)

## 2.5 Aksesoris Perancangan Bangunan

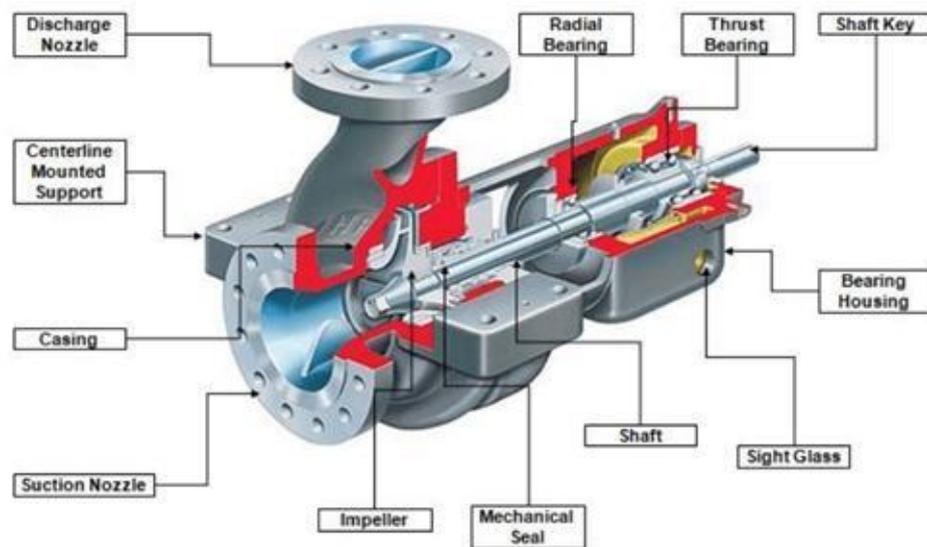
### 2.5.1 Pompa

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 ke tempat lainnya dan untuk menyirkulasikan 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



**Gambar 2. 35** *Sentrifugal Pump*

pompa positive-displacement.

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.

Sumber: ([Rotary displacement pumps | The Best Chemical Handling Pumps - IWAKI \(iwakipumps.jp\)](https://www.iwaki.com/en/Products/Chemical%20Pumps/Chemical%20Pumps%20GM-V%20series))



**Gambar 2. 36** *Rotary Pump*

### 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.

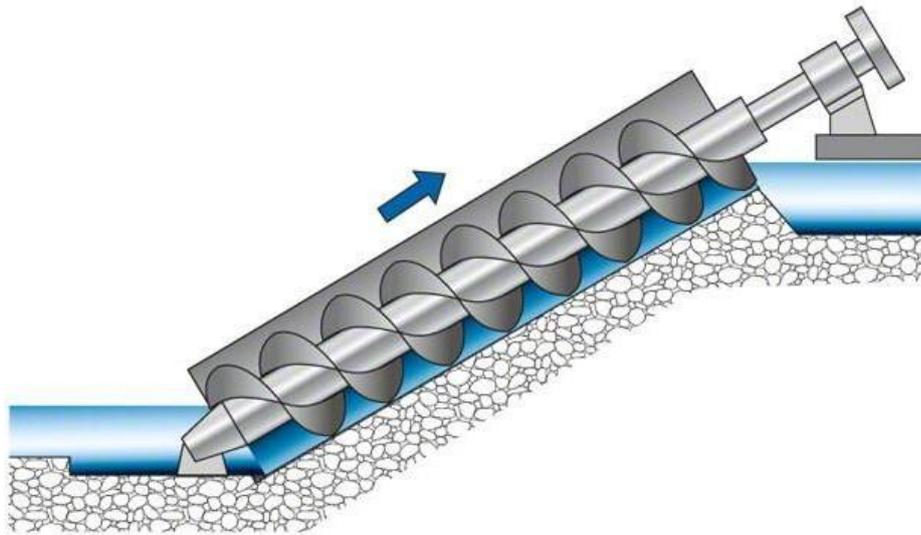


**Gambar 2. 37** *Gear Pump*

Sumber: ([Chemical gear pumps GM-V series | The Best Chemical Handling Pumps - IWAKI \(iwakipumps.jp\)](https://www.iwaki.com/en/Products/Chemical%20Pumps/Chemical%20Pumps%20GM-V%20series))

#### 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. Perinsip kerja *Screw* di temukan oleh seorang engineer prancis bernama Rene Moneau, sehingga sering di sebut juga dengan Moneau *pump*.



**Gambar 2. 38** *Screw Pump*

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

#### 2.5.2 Pipa

##### 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 dalam beberapa jenis, seperti :

- Shock pipa PVC polos, yang digunakan untuk menyambung dua pipa PVC dengan 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.



**Gambar 2. 39** (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. Aksesoris ini memiliki kombinasi sudut bervariasi yang paling sering dipakai adalah  $90^\circ$  dan  $45^\circ$ .



**Gambar 2. 40** Elbow  $90^\circ$  dan  $45^\circ$

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

### 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. 41** Sambungan Pipa Tee

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. 42** 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. 43** Dop/Plug/Cap/Clean Out

Sumber: ([PVC Pipe Plug, Size: 3/4 inch at Rs 10/piece in Vadodara | ID: 16895420588 \(indiamart.com\)](https://www.indiamart.com/pvc-pipe-plug-3-4-inch-at-rs-10-piece-in-vadodara))

## 2.6 Profil Hidrolis

Profil hidrolis dalam konteks instalasi pengolahan air minum (IPA) merupakan grafik yang menggambarkan ketinggian muka air pada berbagai unit pengolahan, mulai dari sumber air hingga *reservoir*. Profil ini penting untuk memastikan bahwa aliran air dapat berlangsung dengan baik sepanjang sistem, mengingat adanya penurunan muka air akibat *head loss* yang terjadi di setiap unit.

Profil hidrolis menunjukkan hubungan antara elevasi muka air dan lokasi unit dalam sistem pengolahan. Ini mencakup perhitungan *head loss* yang terjadi saat air mengalir melalui berbagai komponen seperti pintu air, bak sedimentasi, dan pipa. *Head loss* ini dapat disebabkan oleh faktor-faktor seperti gesekan dalam pipa dan perubahan arah aliran.