

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Baku

Air baku adalah air yang menjadi bahan baku utama air olahan untuk kegunaan tertentu. Kegunaan air baku terbesar adalah untuk air minum. Dalam PP Nomor 16 tahun 2005 tentang Sistem Penyediaan Air Minum, air baku air minum didapatkan dari sumber air permukaan, cekungan air tanah, dan atau air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu. Sungai, Danau, dan Waduk adalah sumber air baku yang cukup andal karena kapasitasnya yang besar dan kontinuitasnya yang terjaga. Sebagian besar sumber air baku untuk air minum di Indonesia saat ini berasal dari air permukaan itu (Ahmad Iqbal Addzikri & Firra Rosariawari, 2023).

2.1.1 Sumber Air Baku

Sumber air baku yang dapat diolah untuk dijadikan air minum seperti air tanah dan air permukaan :

1. Air Tanah

Air tanah adalah air yang terdapat dalam pori-pori dan celah-celah batuan di bawah permukaan tanah. Air ini merupakan salah satu bentuk sumber daya air yang sangat penting bagi kehidupan dan aktivitas manusia. Air tanah terbentuk melalui proses infiltrasi, yaitu ketika air hujan atau air permukaan meresap ke dalam tanah dan menumpuk di zona air tanah (Subeskti et al., 2024).

2. Air Permukaan

Air permukaan adalah bagian dari air hujan yang tidak mengalami infiltrasi (peresapan) atau air hujan yang mengalami peresapan dan muncul kembali ke permukaan bumi. Air permukaan dapat dibagi menjadi beberapa macam yaitu limpasan, sungai, danau, dan rawa. Salah satu jenis air permukaan yaitu sungai sebagai sumber air yang penting dan banyak

dimanfaatkan, sepanjang keberadaannya cukup dalam jumlah dan kualitas untuk berbagai keperluan seperti rumah tangga, irigasi, industri, aktivitas perdesaan dan perkotaan serta kehidupan organisme lainnya dalam suatu ekosistem (Çinar & Merdun, 2009).

2.1.2 Karakteristik Air Baku

Air minum merupakan kebutuhan pokok manusia untuk bertahan hidup. Air minum umumnya tidak berasa, tidak berbau, tidak berwarna, serta tidak mengandung bakteri atau zat yang berbahaya apabila dikonsumsi oleh manusia. Selain air minum, air bersih juga merupakan hal penting yang dibutuhkan oleh manusia. Air bersih sangat dipengaruhi oleh kualitas dan kuantitas air bersih. Oleh karena itu, air baku yang akan diolah harus memperhatikan karakteristik serta parameter dari air baku. Hal ini dilakukan supaya mempermudah proses pengolahan air baku menjadi air bersih atau air minum sesuai sehingga diketahui jenis pengolahan serta unit yang akan digunakan. Adapun karakteristik serta parameter dalam air baku Sungai Kaligarang yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.1 Karakteristik Titik Sampel Jembatan Kaligarang

Parameter	Kadar
PH	7,5
TDS	371,5
TSS	108
KEKERUHAN	25,6
FECAL COLI	6370,83
TOTAL COLI	28379,17

(Sumber : Hasil Analisa, 2025)

Tabel 2.2 Karakteristik Air Sungai Kaligarang Kelurahan Genuk

Parameter	Kadar
BOD	4,8
COD	40
DO	4,86
NITRAT	10

(Sumber : Kartika, 2022)

Tabel diatas merupakan perbandingan karakteristik air baku Sungai Kaligarang, Tetapi data yang akan digunakan adalah tabel 2.1 dikarenakan pengambilan titik sampelnya berada di tengah-tengah Kota Semarang. Berikut penjelasan setiap parameter 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 respon terhadap masuknya bahan organik yang dapat diurai (Pungus et al., 2019). BOD dinyatakan dengan BOD 5 hari pada suhu 20°C dalam mg/L atau ppm. Pemeriksaan BOD5 diperlukan untuk menentukan beban pencemaran terhadap air permukaan serta digunakan untuk menentukan unit pengolahan yang sesuai.

2. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang digunakan untuk mendegradasi bahan organik yang terkandung di dalam air melalui proses kimiawi. Besarnya angka COD tersebut menunjukkan bahwa keberadaan zat organik di air berada dalam jumlah yang besar. Organik-organik tersebut mengubah oksigen menjadi karbondioksida dan air sehingga perairan akan mengalami kekurangan oksigen (Saputri et al., 2023).

Hubungan antara Chemical Oxygen Demand (COD) dan Biological Oxygen Demand (BOD) yaitu keduanya digunakan untuk mengukur kandungan bahanorganik dalam air atau limbah. Nilai BOD digunakan untuk mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air atau limbah, sedangkan nilai COD digunakan untuk mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk

mengoksidasi bahan organik dalam air atau limbah. Karena COD mencakup senyawa organik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme, nilai COD biasanya lebih tinggi daripada nilai BOD (Metcalf & Eddy et al, 2014). Kandungan COD yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI Nomor 5 Tahun 2014 untuk efluen adalah sebesar 300mg/L, sedangkan kandungan COD yang dibuang ke badan air maksimal sebesar 100mg/L.

3. TSS (*Total Suspended solid*)

TSS atau Padatan Tersuspensi Total adalah bahan – bahan tersuspensi (diameter > 1 μm) yang tertahan pada saringan Milipore dengan diameter pori 0,45 μm . Dalam TSS terdiri dari lumpur atau pasir halus serta jasad – jasad renik yang disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air. Padatan tersuspensi memiliki dampak buruk pada kualitas air karena dapat menghalangi masuknya sinar matahari terhadap badan air dan menyebabkan kekeruhan air meningkat (Djoharam et al., 2018). Umumnya TSS dapat di removal dengan menggunakan unit filtrasi serta flokulasi. Menurut PP No. 22 Tahun 2021, baku mutu padatan tersuspensi total pada air kelas 1 adalah sebesar 40 mg/L.

4. Derajat Keasaman (pH)

Derajat Keasaman (pH) adalah indikator yang menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan dari suatu larutan di mana derajat keasaman digambarkan sebagai kologaritma dari ion hidrogen yang terlarut. Koefisiennya ditentukan dengan pengukuran perhitungan teoritis dan tidak secara eksperimental. Dampak yang ditimbulkan dari kadar pH dalam air adalah adanya ketidakseimbangan asam dan alkali dalam tubuh, serta pertahanan akan tingkat elektrolit. Rentang pH yang cocok untuk keberadaan kehidupan biologis yang paling sesuai adalah 6-9. Jika pH tidak diolah sebelum dialirkan, maka air akan mengubah pH secara alami. pH dapat diukur dengan alat pH meter dan kertas pH beserta indikator warna pH yang dijadikan patokan (Metcalf & Eddy, 2003).

5. E-Coli

Bakteri *E. coli* dan Kelompok bakteri coliform yang ditemukan pada air umumnya dijadikan sebagai indikator kualitas cemaran air. Keberadaan kelompok bakteri ini dalam air dapat berasal dari mana saja, termasuk kontaminasi feses atau urin manusia, feses hewan, bahan limbah organik dan limbah domestik. Keberadaan bakteri ini dapat menjadi indikator buruknya sanitasi air. Sehingga diperlukan pengolahan untuk memastikan kualitas air kembali terjamin untuk kebutuhan masyarakat. Idealnya sumber mata air harus bebas dari bakteri *E.coli* dan kelompok bakteri coliform (Kurniawan et al., 2022). Menurut kadar maksimum *E – Coli* yang diperbolehkan untuk air minum yang diatur di dalam Permenkes No. 492/Menkes/Per/IV/2010 adalah 0/100 ml sampel

2.2 Standar Kualitas Air Baku

Baku mutu air baku di Indonesia diatur melalui Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Klasifikasi kualitas air telah ditetapkan menjadi empat kelas, yaitu

1. Kelas satu, air yang berfungsi dan dapat dipergunakan untuk air baku air minum dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas dua, air yang berfungsi dan dapat digunakan untuk sarana/prasarana rekreasi air, pembudidayaan ikan tawar, peternakan, air untuk mengairi taman, dan atau untuk kegunaan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
3. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi

taman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

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 2.3 Baku Mutu Air 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		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 ₄ ²⁻)	mg/L	300	300	300	400	
10.	Klorida (Cl ⁻)	mg/L	300	300	300	600	
11.	Nitrat	mg/L	10	10	20	20	

	(sebagai N)						
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	-	
16.	Fluorida (F)	mg/L	1	1,5	1,5	-	
17.	Belerang sebagai H ₂ 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	-	-	-	
21.	Boron (B) terlarut	mg/L	1	1	1	1	
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	0,1	
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	-	-	-	
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/100 mL	100	1000	2000	2000	
47.	Total coliform	MPN/100 mL	1000	5000	10000	10000	
48.	Sampah		Nihil	Nihil	Nihil	Nihil	
49.	Radioaktivitas						

Sumber: (Lampiran VI 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 2.4 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 $\pm$ 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 ₃) (terlarut)	20	mg/L	SNI / APHA
10.	Nitrit (sebagai NO ₂) (terlarut)	3	mg/L	SNI / APHA
11.	Kromium valensi 6 (Cr ⁶⁺) (terlarut)	0,01	mg/L	SNI / APHA
12.	Besi (Fe) (terlarut)	0,2	mg/L	SNI / APHA
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)

2.3 Bangunan Pengolahan Air Minum

2.3.1 Intake

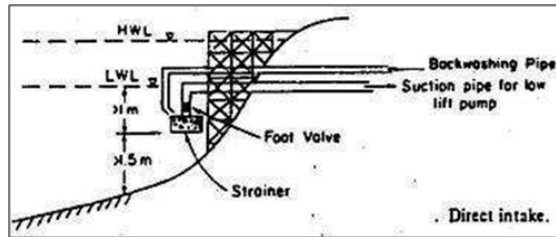
Bangunan pengambilan air (intake) adalah suatu bangunan yang dibuat sedemikian rupa pada sisi suatu sumber air (umumnya adalah sungai) dengan maksud agar sebahagian air dari sungai tersebut (air baku) dapat dibelokkan untuk dimanfaatkan sesuai keinginan. Untuk pengambilan air dari sungai bisa dilakukan dengan cara mengambil langsung (menyadap) ataupun dengan cara membuat bendung pada bagian hilir (up stream) dari sungai (Silitonga & Hendry, 2018). 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, atau sumber air lainnya. Kapasitas bangunan intake yang digunakan harus disesuaikan dengan

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

1. Penempatan bangunan penyadap (intake) harus aman terhadap polusi yang disebabkan pengaruh luar (pencemaran oleh manusia dan makhluk hidup lain)
2. Penempatan bangunan pengambilan pada lokasi yang memudahkan dalam pelaksanaan dan aman terhadap daya dukung alam (terhadap longsor dan lain lain).
3. Konstruksi bangunan pengambilan harus aman terhadap banjir air sungai, terhadap gaya guling, gaya geser, rembesan, gempa dan gaya angkat air (up- lift).
4. Penempatan bangunan pengambilan diusahakan dapat menggunakan sistem gravitasi dalam pengoperasiannya.
5. Dimensi bangunan pengambilan harus mempertimbangkan kebutuhan maksimum harian.
6. Dimensi inlet dan outlet dan letaknya harus memperhitungkan fluktuasi ketinggian muka air.
7. Pemilihan lokasi bangunan pengambilan harus memperhatikan karakteristik sumber air baku.
8. Konstruksi bangunan pengambilan direncanakan dengan umur pakai (lifetime) minimal 25 tahun.

Bangunan intake memiliki berbagai jenis dan kegunaan sesuai kebutuhan yang ada. Menurut Kawamura (2000), bangunan intake memiliki tipe atau jenis yang bermacam-macam, antara lain:

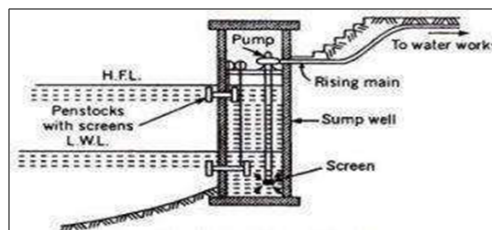
1. **Bangunan penyadap langsung (*direct intake*)**, penggunaan direct intake biasanya untuk sumber air permukaan seperti sungai dan danau dengan kedalaman yang tinggi. Intake jenis ini dapat memungkinkan terjadinya erosi pada dasar dinding, hal ini terjadi karena bagian dasar permukaan tidak terdapat struktur bangunan penahan.



Gambar 2. 1 Direct Intake

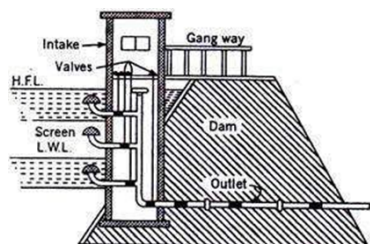
2. Bangunan penyedap tidak langsung (*indirect intake*)

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



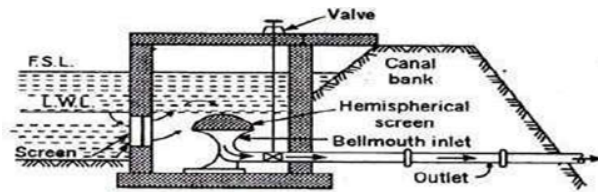
Gambar 2. 2 River Intake

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



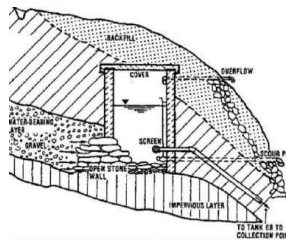
Gambar 2.3 Canal River

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



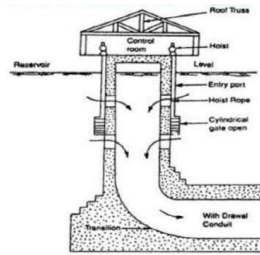
Gambar 2.4 Reservoir River

- d. *Spring intake*, secara mudahnya yaitu intake yang berfungsi menangkap air pada sumber air baku tanah atau mata air. Pada bangunan ini terdapat pipa dan bangunan yang tertanam pada tanah atau mata air, kemudian akan ditampung pada spring box dan selanjutnya akan disalurkan pada pengolahan berikutnya.



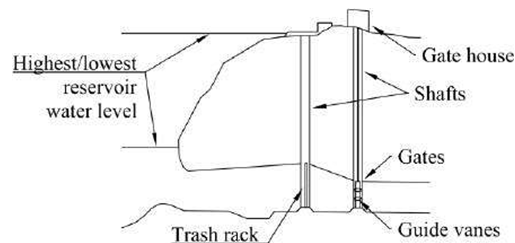
Gambar 2.5 Spring Intake

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



Gambar 2.6 Intake Tower

- f. *Gate Intake*, bangunan ini pada dasarnya seperti pintu air yang memiliki bar screen untuk menyaring air yang masuk sebelum dilirkan menuju pengolahan berikutnya.



Gambar 2.7 Gate Intake

Pada perancangan bangunan air minum ini 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. Selanjutnya pada bagian screen 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.

Tabel 2.4 Koefisien Kekasaran Pipa Hasen-Williams

Jenis Pipa	Nilai Kekasaran Pipa (C)
<i>Extremely smooth and straight pipes</i>	140
<i>New Steel or Cast Iron</i>	130

<i>Wood, Concrete</i>	120
<i>New Riveted Steel; vitrified</i>	110
<i>Old Cast Iron</i>	100
<i>Very Old and Corroded Cast Iron</i>	80

(Sumber: Jack B & Cheng, 1987)

Tabel 2.5 Nilai K untuk Kehilangan Energi

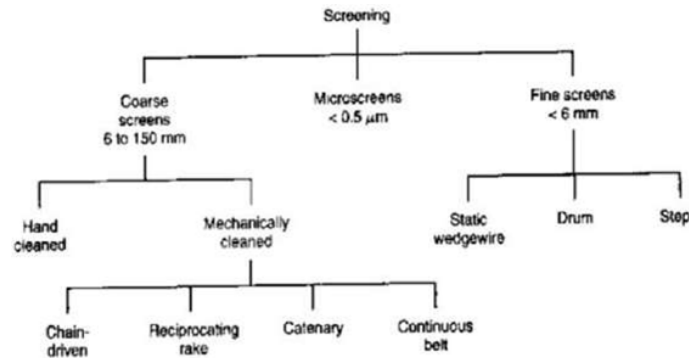
<i>Valve, Fittings, and Specials</i>	<i>k value</i>
<i>Entrance, suction bell (32 in) 81 cm</i>	0,004
<i>90° elbow (24 in) 61 cm</i>	0,3
<i>Gate valve (24 in) 61 cm</i>	0,19
<i>Reducer (14 in) 35,5 cm</i>	0,25
<i>Check valve (20 in) 51 cm</i>	2,5
<i>90° elbow (20 in) 51 cm</i>	0,3
<i>Gate valve (20 in) 51 cm</i>	0,19

(Sumber: Qasim et al., 2000)

2.3.2 Screen

Screening atau saringan dilakukan pada tahap paling awal dalam proses pengolahan air limbah. Secara umum, proses screening dilakukan untuk memisahkan berbagai benda padat yang ada pada air limbah seperti kertas, plastik, kayu, kain, dan benda padat lainnya. Benda-benda tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada sistem pemompaan dan unit peralatan pemisah lumpur serta sistem perpiaan jika tidak dipisahkan terlebih dahulu dalam air limbah (Said, 2017). Tujuan dari unit ini adalah untuk menahan sampah/benda-benda padat besar yang terbawa dalam lumpur tinja agar tidak mengganggu dan mengurangi beban pada sistem pengolahan selanjutnya (Dirjen Cipta karya, 2013). Screening diklasifikasikan menjadi tiga. Didalamnya terdapat batang paralel, batang atau kawat, kisi-kisi, kasa kawat, atau pelat berlubang, dan bukaan dapat berbentuk apapun tetapi umumnya adalah slot melingkar atau persegi panjang. Screen yang terdiri dari batang atau batang paralel sering disebut “*bar rack*” atau *coarse screen* dan digunakan untuk menghilangkan padatan kasar. (Metcalf & Eddy,

2003).



Gambar 2. 8 Kriteria Screen

(Sumber: Metcalf & Eddy, 2003 Hal 315)

a. Course Screen (Penyaring Kasar)

Penyaring kasar atau *coarse screen* digunakan untuk melindungi pompa, katup, saluran pipa, dan peralatan lainnya dari kerusakan atau tersumbat oleh sampah yang berukuran 6-150 mm. Pembersihan penyaring kasar dapat secara manual dengan memanfaatkan tenaga manusia atau dengan mekanis. Pembersihan secara manual biasanya dilakukan pada industri kecil ataupun sedang. Sampah padat yang berukuran sedang atau besar di saring dengan sederet baja yang diletakkan dan dipasang melintang arah aliran. *Screening* dengan pembersihan secara mekanik, bahan nya terbuat dari stainless steel atau dari plastik.

b. *Fine Screen* (Penyaring Halus)

Fine screen atau penyaring halus berfungsi untuk menyaring partikel- partikel yang berukuran kurang dari 6 mm. Screen ini dapat di gunakan untuk pengolahan pendahuluan (*Pre-Treatment*) maupun pengolahan pertama atau utama (*Primary Treatment*). Penyaring halus (*Fine Screen*) yang digunakan untuk pengolahan pendahuluan (*Premilinary Treatment*) adalah seperti, ayakan kawat (*static wedgewire*), drum putar (*rotary drum*), atau seperti anak tangga (*step type*). Penyaring halus (*Fine Screen*) yang dapat digunakan untuk

menggantikan pengolahan utama (seperti pada pengolahan pengendapan pertama/*primary clarifier*) pada instalasi kecil pengolahan air limbah dengan desain kapasitas mulai dari 0,13 m³/dt. *Screen* tipe ini dapat meremoval BOD dan TSS.

c. *Micro Screen*

Microscreens berfungsi untuk menyaring padatan halus, yang berukuran kurang dari 0,5 μ m. Prinsip dari *microscreens* ini adalah bahan padat kasar dihilangkan dengan sederet bahan baja yang diletakan dan dipasang melintang arah aliran. Kecepatan aliran harus lebih dari 0,3 m/detik, sehingga bahan padatan yang tertahan di depan tidak terjepit. Jarak antar batang adalah 20- 40 mm dan bentuk penampang batang tersebut persegi empat, dengan panjang berukuran 10 mm x 50 mm.

2.3.3 Bak Pengumpul

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

2.3.4 Prasedimentasi

Prasedimentasi dapat 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 & Paul, 1996).

Bak pengendap pertama (prasedimentasi) terdiri dari empat ruangan yaitu (Qasim dkk, 2000):

1. Zona inlet : Tempat menghaluskan aliran transisi, dari aliran influen ke aliran steady uniform di zona settling (aliran laminar).
2. Zona pengendapan : Tempat terjadinya proses pengendapan atau pemisahan partikel diskrit pada air.
3. Zona lumpur : Tempat menampung material yang mengendap bersama lumpur.
4. Zona outlet : Tempat menghaluskan aliran transisi, dari zona settling ke aliran efluen, serta mengatur debit effluent.

Menurut Metcalf & Eddy (2003) terdapat beberapa kriteria yang perlu diperhatikan untuk mendesain unit prasedimentasi, antara lain yaitu detention time, overflow rate, average flow, peak hourly flow, dan weir loading. Kriteria desain unit prasedimentasi dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

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

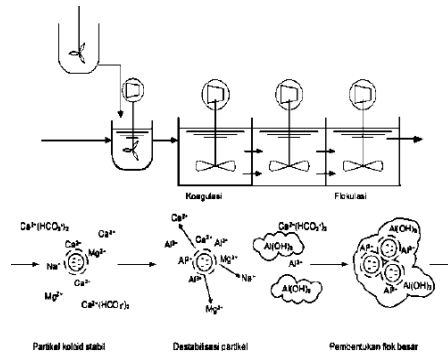
Gambar 2. 12 Kriteria Desain Unit Prasedimentasi

Desain outlet biasanya terdiri dari pelimpah yang dirancang untuk mengurangi terjadinya aliran pendek. Weir loading rate adalah beban pelimpah (dalam hal ini debit air) yang harus ditanggung per satuan waktu dan panjangnya.

2.3.5 Koagulasi Flokulasi

Koagulasi–flokulasi adalah salah satu metode yang menggunakan proses kimia untuk menyatukan partikel koloid sehingga membentuk partikel yang berukuran lebih besar dengan menambahkan bahan koagulan, yang selanjutnya dapat dipisahkan dengan cara yang lebih efisien melalui sedimentasi, flotasi atau penyaringan.

Koagulasi adalah proses pencampuran bahan kimia (koagulan) ke dalam air untuk membuat flok dengan pengadukan cepat. Flok adalah gumpalan lumpur yang dihasilkan dalam proses koagulasi-flokulasi. Sedangkan flokulasi adalah suatu proses penggumpalan partikel-partikel terdestabilisasi menjadi partikel-partikel berukuran besar, yang disebut dengan flok. Berbeda dengan koagulasi, pada proses flokulasi menggunakan pengadukan lambat. Pengadukan lambat digunakan untuk mencegah terpecahnya flok yang terbentuk. Jika sebuah flok mengalami perpecahan maka akan mengakibatkan sulit mengendap, sedangkan semakin besar sebuah flok terbentuk maka semakin mudah untuk mengendap. Waktu detensi pada pengadukan lambat yaitu 15-45 menit (Oka Anggarani et al., 2014).



Gambar 2. 18 Proses Koagulasi - Flokulasi

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 (Mayasari & Hastarina, 2019). Dalam koagulan terdapat beberapa yang umum digunakan pada proses pengolahan air, sebagai berikut :

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*)

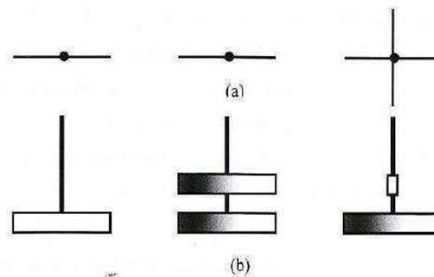
Pengadukan diperlukan agar tumbukan antara partikel untuk netralisasi menjadi sempurna. Distribusi dalam air cukup baik dan merata, serta masukan energi yang cukup untuk tumbukan antara partikel yang telah netral sehingga terbentuk mikroflok. Pada proses

koagulasi ini pengadukan dilakukan dengan cepat. Air yang memiliki kekeruhan rendah memerlukan pengadukan yang lebih banyak dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan tinggi.

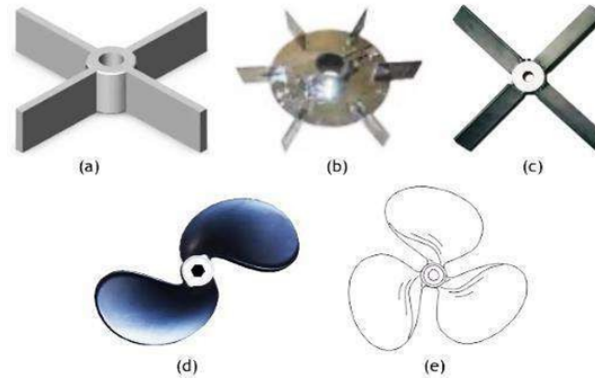
5. Pengaruh Garam

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



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

Tabel 2.7 Kriteria Impeler

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-1)
20	1000
30	900
40	790
50 ≥	700

Sumber: (Reynolds & Richards, 1996:185)

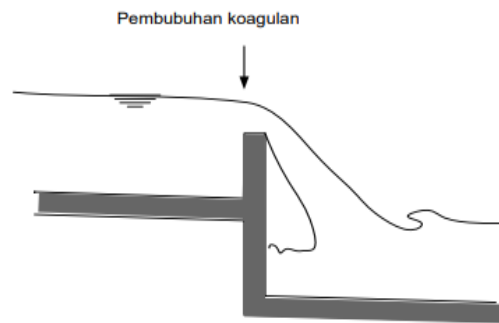
Tabel 2. 9 Konstanta KL dan KT untuk Tangki Berserat

Jenis Impeller	KL	KT
Propeller, pitch of 1, 3 blades	41	0,32
Propeller, pitch of 2, 3 blades	43,5	1
Turbine, 4 flat blades, vaned disc	60	5,31
Turbine, 6 flat blades, vaned disc	65	5,75
Turbine, 6 curved blades	70	4,8
Fan turbine, 6 blades at 45°	70	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), Di/Wi=4	43	2,25
Flat paddles, 2 blades, Di/Wi=6	36,5	1,7
Flat paddles, 2 blades, Di/Wi=8	33	1,15
Flat paddles, 4 blades, Di/Wi=6	49	2,75
Flat paddles, 6 blades, Di/Wi=8	71	3,82

Sumber: (Reynolds & Richards, 1996:185)

Koagulasi tidak hanya mekanik saja tetapi juga ada koagulasi terjunan/hidroulis. Pengadukan hidrolis adalah pengadukan yang memanfaatkan aliran air sebagai tenaga pengadukan. Tenaga pengadukan ini dihasilkan dari energi hidrolik yang dihasilkan dari suatu aliran hidrolik. Energi hidrolik dapat berupa energi gesek, energi potensial (jatuhan) atau adanya lompatan hidrolik dalam suatu aliran. Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada pengadukan cepat haruslah aliran air yang menghasilkan energi hidrolik yang besar. Dalam hal ini dapat dilihat dari besarnya kehilangan energi (headloss) atau perbedaan muka air. Dengan tujuan menghasilkan turbulensi yang besar tersebut, maka jenis aliran yang sering digunakan sebagai pengadukan cepat adalah terjunan, loncatan hidrolik, dan parshall flume. Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada 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, perforated wall, gravel bed dan sebagainya (Reynolds & Richards, 1996).



Gambar 2.21 Pengadukan Hidroulis

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

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

Pengadukan lambat (agitasi dan stirring) digunakan dalam proses flokulasi, untuk memberi kesempatan kepada partikel flok yang sudah terkoagulasi untuk bergabung membentuk flok yang ukurannya semakin membesar. Selain itu, untuk memudahkan flokulan untuk mengikat flok-flok kecil dan mencegah pecahnya flok yang sudah terbentuk. Pengadukan lambat dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20 sampai 100 detik⁻¹) selama 10 hingga 60 menit atau nilai GTd (bilangan Camp) berkisar 48000 hingga 210000. Gradien kecepatan diturunkan secara bertahap agar flok yang telah terbentuk tidak pecah dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar. Nilai G dan waktu detensi untuk proses flokulasi adalah:

1. Air Sungai
 - Waktu detensi = minimum 20 menit
 - $G = 10 - 50 \text{ detik}^{-1}$
 2. Air Waduk
 - Waktu detensi = 30 menit
 - $G = 10 - 75 \text{ detik}^{-1}$
 3. Air Keruh
 - Waktu detensi dan G lebih rendah
 4. Jika menggunakan garam besi sebagai koagulan
 - G tidak lebih dari 50 detik^{-1}
 5. Flokulator terdiri dari 3 kompartemen
 - G kompartemen 1 = nilai terbesar
 - G kompartemen 2 = 40% dari G kompartemen 1
 - G kompartemen 3 = nilai terkecil
 6. Penurunan kesadahan
 - Waktu detensi = 30 menit
 - $G = 10 - 50 \text{ detik}^{-1}$
 7. Presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain – lain)
 - Waktu detensi = 15 – 30 menit
 - $G = 20 - 75 \text{ detik}^{-1}$
 - $GTd = 10.000 - 100.000$
- (Masduqi & Assomadi, 2012:110)

2.3.6 Sedimentasi

Sedimentasi adalah proses fisik untuk memisahkan partikel suspensi di dalam air akibat beratnya sendiri atau oleh pengaruh gaya gravitasi, proses ini biasa disebut sebagai proses pengendapan. Air bersih yang terpisahkan dari sludge dalam zone separator dialirkan melalui drain untuk diolah ke unit selanjutnya. Sedangkan lumpur padat dialirkan dan dikumpulkan di sludge collector untuk diolah lebih lanjut. Umumnya

digunakan pada pengolahan air minum, pengolahan air baku, dan pengolahan lanjutan (Syahputra et al., 2022). Aplikasi utama dari sedimentasi pada instalasi pengolahan air minum, adalah:

- a. Pengendapan awal dari air permukaan sebelum pengolahan oleh unit saringan pasir cepat.
- b. Pengendapan air yang telah melalui proses prasedimentasi sebelum memasuki unit saringan cepat.
- c. Pengendapan air yang telah melalui proses penyemprotan desinfektan pada instalasi yang menggunakan pipa dosing oleh alum, soda, NaCl, dan chlorine.
- d. Pengendapan air pada instalasi pemisahan besi dan mangan. Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas.

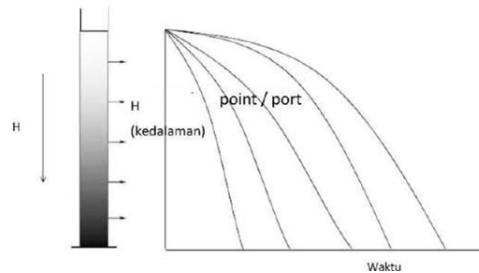
Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah:

- a. Pengendapan Tipe I (*Free Settling*)
- b. Pengendapan Tipe II (*Flocculent Settling*)
- c. Pengendapan Tipe III (*Zone/Hindered Settling*)
- d. Pengendapan Tipe IV (*Compression Settling*)

Pada setiap bangunan sedimentasi terdapat empat zona :

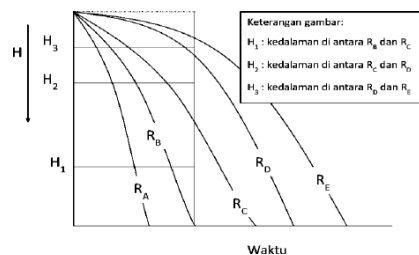
- *Zona Inlet* = Terjadi distribusi aliran yang menuju zona *settling* (+ 25% panjang bak)
- *Zona Settling* = Terjadi proses pengendapan yang sesungguhnya
- *Zona Sludge* = Sebagai ruang lumpur, dimana konfigurasi dan kedalamannya tergantung pada metode pengurasan dan jumlah endapan lumpur. Untuk partikel 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 column setting test dengan multiple withdraw ports. Dengan menggunakan kolom pengendapan tersebut, sampling dilakukan pada setiap port pada interval waktu tertentu, dan data removal partikel diplot pada grafik.



Gambar 2. 23 Grafik Isoremoval

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. 24 Penentuan Kedalaman H dan seterusnya

Besarnya penyisihan total pada waktu tertentu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan : 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 (t_d) dan *Overflow rate* (V_o) yang menghasilkan efisiensi pengendapan tertentu. Hasil yang diperoleh dari kedua grafik ini adalah nilai berdasarkan eksperimen di laboratorium (secara batch). Nilai ini dapat digunakan dalam mendisain bak pengendap (aliran kontinyu) setelah dilakukan penyesuaian, yaitu dikalikan dengan faktor scale up. Untuk waktu detensi, faktor scale up yang digunakan pada umumnya adalah 1,75 dan untuk *Overflow rate*, faktor scale up yang digunakan pada umumnya adalah 0,65. (Reynold dan Richards, 1996). Ada dua jenis bak sedimentasi yang biasa digunakan:

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:

- Lebih bisa menyesuaikan dengan variasi kualitas dan hidrolik 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.

Over flow rate ditentukan oleh *surface* area dimana semakin besar *surface* area, maka kecepatan pengendapan akan semakin cepat dan efisiensi bak semakin. Apabila $Vo = Vs = h \text{ ts}$, 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 $= 3 - 4,5 \text{ m}$
- Kecepatan aliran $= 0,3 - 1,7 \text{ m/min}$

- Waku detensi = 1,5 – 4 jam
- *Surface* loading = 1,25 – 2,5 m/jam
- Panjang/lebar = minimum $\frac{1}{4}$
- Kedalaman air/panjang = minimum 1/15
- Weir loading rate = 9 – 13 m³/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 laminar.

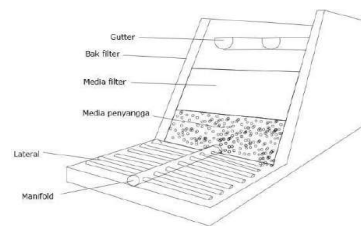
2.3.7 Filtrasi

Menurut Al-Layla (1978), partikel tersuspensi dan partikel koloid didalam 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 eletrokinetik
- e. Proses koagulasi di dalam filter
- f. Proses bilogis di dalam filter.
- g. Penggabungan zat-zat koloid di dalam filter.

Pada prosesnya, partikel tersuspensi yang ukuran nya 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 flokyang belum seratus persen terendapkan pada bak sedimentasi untuk mengendap pada lapisan kerikil ini.



Gambar 2.25 Bagian-bagian Filter

Terdapat beberapa macam jenis filter modifikasi yang telah digunakan di mancanegara, antara lain *rapid sand filter*, *slow sand filter*, *pressure sand filter*, *Multiple media filters*, *diatomaceous earth filters*, *Upflow filters* dan lain sebagainya Menurut Al-Layla pada tahun 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 m³ /m².hr (namun terkadang laju filtrasi nya dapat lebih dari 6 m³/m².hr). Ukuran pasir efektif yang digunakan pada filter ini berkisar antara 0,45 – 0,55 mm. Lapisan filter ini bila dilihat dari bawah terdiri dari gravel dengan tebal berkisar antara 38 – 60 cm, sedangkan di atasnya terdapat pasir yang tebalnya kurang lebih

80cm. Proses *Backwash* pada *rapid sand filter* berbeda dengan *slow sand filter*. Pada *rapid sand filters* waktu *Backwash* ditentukan dari *headloss filter* saat itu.

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:

Single media pasir : UC = 1,3 – 1,7

ES = 0,45 – 0,7 mm

Dual media : UC = 1,4 – 1,9

ES = 0,5 – 0,7 mm

a. Filter Pasir Cepat

Rapid sand filter atau saringan pasir cepat dapat digunakan untuk mengurangi padatan tersuspensi dan tingkat kekeruhan. Rapid sand filter adalah salah satu jenis unit filtrasi yang mampu menghasilkan debit air yang lebih banyak dibandingkan slow sand filter. Penambahan karbon aktif di atas media pada filter bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penurunan bau, kekeruhan, senyawa organik dan rasa (Fajri et al., 2017). 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, 2019). 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 surface wash	Tanpa/dengan blower & atau surface wash
	kecepatan (m/jam)	36 - 50	36 - 50
	lama pencucian (menit)	10 – 15	10 – 15
	periode antara dua pencucian (jam)	18 -24	18 – 24
	Ekspansi (%)	30 -50	30 - 50

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 ³)	2,5 – 2,65	2,5 – 2,65
	· Porositas	0,4	0,4
	· Kadar SiO ₂	< 95%	< 95%
5.	Media Antrasit:	400 – 500	400 – 500
	· Tebal (mm)	1,2 – 1,8	1,2 – 1,8
	· ES (mm)	1,5	1,5
	· UC	1,35	1,35
	· Berat jenis (kg/dm ³)	0,5	0,5
	· Porositas		
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
	Ukuran 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 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 dan Assomadi, 2012:176). Kriteria perencanaan filter pasir lambat dapat dilihat pada **Tabel 2. 10**.

Tabel 2. 11 Kriteria Filter Pasir Lambat

Kriteria	Nilai / Keterangan
Kecepatan filtrasi	0,1 – 0,4 m/jam
Ukuran bed	Besar, 2000 m ²
Kedalaman bed	30 cm kerikil, 90-110 cm pasir, berkurang 50-80 cm saat pencucian
Ukuran pasir	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

Sumber: (Schulz dan Okun, 1984)

c. Filter Bertekanan

Filter bertekanan (*pressure filter*) pada dasarnya mempunyai prinsip yang sama dengan filter grafitasi (filter cepat dan filter lambat), yaitu air akan melewati media berbutir dan terjadi penyaringan secara fisik. Pada filter cepat dan filter lambat, aliran air melewati media berbutir hanya didorong oleh tekanan atmosfer atau sistem aliran terbuka. Pada filter bertekanan, diperlukan pendorong tekanan yang lebih besar. Oleh karena itu tangki dirancang dengan sistem tertutup dan menggunakan pompa untuk menambah tekanan dalam tangki. Filter bertekanan terdiri atas tangki tertutup, media filter, media penyangga dan sistem underdrain. Kriteria filter bertekanan terdapat pada **Tabel 2.12**.

Tabel 2. 12 Kriteria Filter Bertekanan

No	Unit	Nilai / Keterangan
1.	Kecepatan penyaringan (m/jam)	12 - 33
2.	Pencucian :	
	Sistem kecepatan	Tanpa blower & surface wash

	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)	-
	Koefesien keseragaman, US	1,2 – 1,4
	berat Jenis (kg/L0	2,5 – 2,65
	Porositas	0,4
	kadar SiO2	>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
	presentaseluas 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 tereksansi. Umumnya tinggi sebesar 15 sampai 35% (Droste, 1997). Lama pencucian sekitar 3 hingga 15 menit.

2.3.8 Disinfeksi

Salah satu persyaratan kualitas air minum adalah persyaratan mikrobiologis, yaitu air harus bebas dari mikroorganisme patogen. 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. Kemampuan desinfeksi dalam pengolahan air minum adalah:

- o Menghilangkan bau.
- o Mematikan alga.
- o Mengoksidasi nitrit menjadi nitrat.
- o Mengoksidasi ammonia menjadi senyama amin.
- o Mengoksidasi fenol menjadi fenol yang tidak berbahaya.

Macam – macam faktor yang mempengaruhi efisiensi desinfeksi adalah:

- o Waktu kontak.
- o Konsentrasi desinfeksi.
- o Jumlah mikroorganisme.
- o Temperatur air.
- o pH

Jenis – jenis desinfeksi :

- o Desinfeksi kimiawi : Chlorine, ozon dan kaporit
- o Desinfeksi fisika : Sinar Ultraviolet

Berikut adalah penjelasan berbagai macam desinfeksi :

a. Desinfeksi dengan Ozon

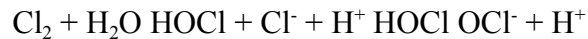
Ozon adalah zat pengoksidasi kuat sehingga dapat melakukan perusakan bakteri antara 600 – 3000 lebih kuat dari klorin. Penggunaannya tidak dipengaruhi oleh pH air, sedangkan klorin sangat bergantung pada pH air. Mekanisme produksi ozon adalah eksitasi dan percepatan electron yang tidak beraturan dalam medan listrik tinggi. O₂ berarus bolak-balik melewati media arus listrik yang tinggi akan menghasilkan lompatan electron yang bergerak pada elektroda satu dan yang lain. Jika elektroda mencapai kecepatan cukup, maka akan menyebabkan molekul oksigen splitting ke bentuk atom oksigen radikal bebas. Atom-atom ini akan bergabung membentuk O₃ (ozon).

b. Desinfeksi dengan UV

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

c. Desinfeksi dengan Pembubuhan Bahan Kimia

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



d. Desinfeksi dengan Gas Klor

Metode ini bertujuan untuk mengoksidasi logam-logam, membunuh mikroorganisme seperti plankton dan juga membunuh spora dari lumut, jamur, dan alga. Konsentrasi yang diberikan adalah 2-3 gr/m³ air, tergantung pada turbiditas air (Astono, 2011). Klorin digunakan karena memiliki kecepatan oksidasi lebih besar dari aerasi, dan mampu mengoksidasi besi yang berikatan dengan zat organik. pH yang baik pada 8-8,3 oksidasi besi membutuhkan waktu 15 – 30 menit.

Berikut rumusan untuk menghitung kebutuhan klor.

o Penetapan DPC

1. Siapkan labu erlenmeyer 500 ml/botol yang berisi sebanyak 3 buah
2. Siapkan larutan kaporit 0,1% (0,1 gram/100 ml air)
3. 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
4. Kocok dan simpan di ruang gelap selama 30 menit e. Periksa dan catat sisa klor dari masing-masing labu Erlenmeyer
5. Hitung DPC dengan rumus:

$$\text{DPC} = \left(\left(\frac{1000}{250} \times V \times M \right) - D \right) \text{ mg/l}$$

Keterangan :

V = ml larutan kaporit 0,1% yang ditambahkan

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

D = sisa klor dalam air

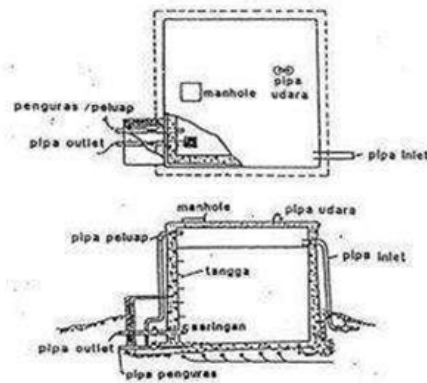
6. Hitung dosis klor = Dosis klor (mg/L) = DPC + sisa klor
7. Kebutuhan klor = $Q \times \text{Dosis klor} \times \text{kemurnian}$
8. Volume klor = $\frac{\text{Kebutuhan Klor}}{\text{berat jenis Klor}}$
9. Volume pelarut = $\left(\frac{100 - \text{konsentrasi larutan}}{\text{konsentrasi larutan}} \times \text{Vol Kaporit} \right)$
10. Volume larutan klor = $\left(\frac{100}{\text{konsentrasi larutan}} \times \text{Vol Kaporit} \right)$
11. Dimensi bak = $P \times L \times T$

2.3.9 Reservoir

Reservoir merupakan bangunan yang fungsinya sebagai tempat untuk penampungan air guna disalurkan ke pipa distribusi menuju rumah-rumah warga (SNI-7509-2011, 2011). Fungsi utama bangunan ini adalah untuk menyeimbangkan antara debit produksi dan debit pemakaian air bersih. Selain itu juga untuk menambah tekanan dan mengatur tekanan air (Prasetya et al., 2022). Pada saat jumlah produksi air bersih lebih besar daripada jumlah pemakaian air, maka kelebihan air tersebut untuk sementara disimpan dalam reservoir, dan digunakan kembali untuk memenuhi kekurangan air pada saat jumlah produksi air bersih lebih kecil daripada jumlah pemakaian air. Berdasarkan tinggi relative reservoir terhadap permukaan tanah sekitarnya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

a. Reservoir Permukaan (Ground Reservoir)

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.



Gambar 2.26 Reservoir Permukaan

b. Reservoir Menara (Elevated Reservoir)

Menara reservoir dapat direncanakan dari kebutuhan air minum yang diperlukan untuk instalansi pengolahan air minum tersebut, dengan mengetahui jumlah dan pemakaian air untuk instalansi dapat direncanakan dimensi menara instalansi dan ketinggiannya. Reservoir ini digunakan bila head yang tersedia dengan menggunakan ground reservoir tidak mencukupi kebutuhan untuk distribusi. maka air dapat didistribusikan secara gravitasi.



Gambar 2.27 Reservoir Menara

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

1. Reservoir Tangki Baja

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.



Gambar 2.28 Reservoar Tangki Baja

2. Reservoir Beton Cor

Reservoir beton cor, 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. 29 Reservoir Beton Cor

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. 30 Reservoir Fiberglass

2.3.10 Pengolahan Lumpur (Sludge Treatment)

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

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

Tujuan utama dari pengolahan lumpur adalah:

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

Terdapat berbagai macam jenis pengolahan lumpur yang digunakan dalam industri-industri saat ini. Banyak hal yang perlu dipertimbangkan dalam memilih pengolahan lumpur yang sesuai dengan kuantitas lumpur yang dibuang, salah satu pertimbangan yang paling penting yaitu efektifitas pengolahan lumpur dan waktu yang tidak terlalu lama dalam proses pengolahan lumpur. Berdasarkan hal tersebut, salah satu jenis pengolahan yang dapat digunakan yaitu belt-filter press, yang selengkapnya akan dijelaskan dibawah ini:

a. Belt Filter Press

Sebagian besar dari jenis Belt-Filter Press, lumpur dikondisikan di bagian saluran gravitasi untuk dapat menebalkan lumpur. Pada bagian ini banyak air yang tersisihkan dari lumpur secara gravitasi. Dibeberapa unit, bagian ini diberikan dengan bantuan vacuum, yang menambah saluran dan

membantu untuk mengurangi bau. Mengikuti saluran gravitasi, tekanan yang digunakan dalam bagian tekanan rendah, dimana lumpur diremas diantara pori kain sabuk. Di beberapa unit, bagian tekanan rendah diikuti bagian tekanan tinggi dimana lumpur mengalami pergeseran melewati penggulung. Peremasan dan penggeseran ini menginduksi dari penambahan air dari lumpur. Akhir pengeringan cake lumpur adalah penyisihan dari sabuk dengan Scrapper blade Sistem operasi jenis belt- filter press dari pompa penyedot lumpur, peralatan polimer, tangki lumpur (flokulator), belt-filter press, conveyor cake lumpur, dan sistem pendukung (compressor, pompa pencuci). Namun, ada beberapa unit yang tidak menggunakan tangki lumpur.

Banyak variabel yang mempengaruhi cara kerja dari belt-filter press, antara lain karakteristik lumpur, metode dan kondisi bahan kimia, tekanan, konfigurasi mesin (saluran gravitasi), porositas sabuk, kecepatan sabuk, dan lebar sabuk. Belt filter press ini sensitif terhadap variasi karakteristik lumpur dan efisiensi mengurangi pengeringan lumpur. Fasilitas memadukan lumpur harus termasuk dalam desain sistem dimana karakteristik lumpur beraneka ragam. Namun, pada kenyataannya operasi yang mahal mengakibatkan beban padat yang lebih besar dan pengering cake ditingkatkan dengan meninggikan konsentrasi padatan lumpur.



Gambar 2. 31 Belt Filter Press

2.4 Persen Removal

Tujuan dari proses pengolahan air minum adalah menurunkan beban

pencemar pada sumber air sungai tersebut. Banyaknya penurunan beban pencemar dinyatakan dalam bentuk persentase yang digunakan untuk menilai seberapa efektifnya suatu bangunan dalam menurunkan beban pencemar. Parameter dibawah sesuai dengan parameter yang belum memenuhi baku mutu sesuai dengan PEMENKES No 2 Tahun 2023. Berikut adalah persen removal yang diketahui pada unit bangunan pengolahan air minum yang akan dirancang pada tugas perancangan ini:

Tabel 2. 13 Persen Removal Berdasarkan Parameter

No	Parameter	Unit Pengolahan	Sumber
1	TSS	Prasedimentasi Sedimentasi Filtrasi (rapid sand filter)	- Syed R. Qasim 1985, WWTP Planning Design and Operation. Page 52 - Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th, Hal 497 - Droste, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Halaman 224
2	TDS	Sedimentasi Filtrasi (rapid sand filter)	- Droste, Ronald L, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Hal 224
3	BOD	- Sedimentasi - Filtrasi	- Syed R. Qasim, Wastewater Treatment Plants Design and Operation hal. 263 - Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th, Hal 497

			- Syed R. Qasim, Wastewater Treatment Plants Design and Operation - Septi ika nur fadhila, 2023, Penurunan BOD5 dan COD pada Air Permukaan Pasar Umum
4	pH	Koagulasi	- Reynolds/Richards 2nd, Unit Operations and Processess in Environmental Engineering, page 130
5	Fecal Coliform	Disinfeksi	- Droste, 1997, Theory and Practice of water and wastewater Treatment Chapter 9, Hal 224
6	Total Coliform	Disinfeksi	- Droste, 1997, Theory and Practice of water and wastewater Treatment Chapter 9, Hal 224
7	COD	Sedimentasi Filtrasi	- Widiyanti, S. E. (2018). Optimization of the aluminum sulfate and PAC (poly aluminum chloride) coagulant on Tello river water treatment. Konversi, 7(1), 1-5. - Septi ika nur fadhila, 2023, Penurunan BOD5 dan COD pada Air Permukaan Pasar Umum
8.	Kekeruhan	Prasedimentasi Sedimentasi	- Droste, Ronald L, 1997. Theory and Practice of Water and

			Wastewater Treatment. Hal 225) 60-90% - Droste, Ronald L, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Hal 224)
--	--	--	---

(Sumber : Hasil Analisis, 2025)

2.5 Profil Hidrolisis

Profil hidrolis digambarkan untuk mendapatkan tinggi muka air pada masing-masing unit instalasi. Profil ini menunjukkan adanya kehilangan tekanan (headloss) yang terjadi akibat pengaliran pada bangunan. Beda tinggi setiap unit instalasi dapat ditentukan sesuai dengan sistem yang digunakan serta perhitungan kehilangan tekanan baik pada perhitungan yang telah dilakukan pada bab masing - masing bangunan sebelumnya maupun yang langsung dihitung pada bab ini. Profil hidrolis adalah upaya penyajian secara grafis dalam instalasi pengolahan atau menyatakan elevasi unit pengolahan (influen- effluen) dan perpipaan untuk memastikan aliran air mengalir secara gravitasi, untuk mengetahui kebutuhan pompa, dan untuk memastikan tingkat terjadinya banjir atau luapan air akibat aliran balik. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam membuat profil hidrolis adalah sebagai berikut :

1. Kehilangan Tekanan pada Bangunan Pengolahan

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

- a. Kehilangan tekanan pada saluran terbuka
- b. Kehilangan tekanan pada bak

- c. Kehilangan tekanan pada pintu
- d. Kehilangan tekanan pada weir, sekat, ambang dan sebagainya harus di hitung secara khusus.

2. Kehilangan Tekanan pada Perpipaan dan Aksesoris

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

- a. Kehilangan tekanan pada perpipaan, cara yang mudah dengan monogram “Hazen William” Q atau V diketahui maka S didapat dari monogram.
- b. Kehilangan tekanan pada aksesoris, cara yang mudah adalah dengan mengekivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, di sini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekivalen sekaligus.
- c. Kehilangan tekanan pada pompa, bisa dihitung dengan rumus, grafik karakteristik pompa serta dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jenis pompa, cara pemasangan dan sebagainya.
- d. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok cara perhitungannya juga dengan bantuan monogram.

3. Tinggi Muka Air

Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi kesalahan dalam menentukan elevasi (ketinggian) bangunan pengolahan, dalam pelaksanaan pembangunan, sehingga akan dapat mempengaruhi pada proses pengolahan. Kehilangan tekanan bangunan (saluran terbuka dan tertutup) tinggi terjunan yang direncanakan (jika ada) akan berpengaruh pada perhitungan tinggi muka air. Perhitungan dapat dilakukan dengan cara:

- a. Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir.

- b. Menambahkan kehilangan tekanan antara clear well dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air di clear well.
- c. Didapat tinggi muka air bangunan sebelum clear well demikian seterusnya sampai bangunan yang pertama sesudah intake.
- d. Jika tinggi muka air bangunan sesudah intake ini lebih tinggi dari tinggi muka air sumber, maka diperlukan pompa di intake untuk menaikkan air.

2.6 BOQ dan RAB

2.6.1 BOQ

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

Karakteristik BOQ:

1. Dalam BoQ masing-masing item pekerjaan telah tercantum beserta volume,
2. Tidak menutup kemungkinan item dan volume pekerjaan tersebut dapat bertambah atau berkurang kemudian hari, yaitu pada saat klarifikasi dan negosiasi harga,
3. Dalam BoQ tidak tercantum harga satuan pekerjaan,
4. Menghitung volume BoQ berdasarkan gambar rencana,
5. Pihak yang menyusun BoQ adalah konsultan perencana. Tujuan membuat BoQ yaitu:
 - Sebagai perhitungan awal, untuk mengetahui jumlah biaya yang harus disiapkan oleh *Owner* untuk pelaksanaan proyek.
 - Untuk keperluan pelaksanaan proses tender (lelang) proyek,
 - Berguna sebagai acuan/dasar bagi peserta lelang (kontraktor) untuk mengajukan penawaran harga.

2.6.2 RAB (Rincian Anggaran Biaya)

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

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

Tujuan membuat RAB adalah:

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

Berdasarkan situasi seperti ini, maka tujuan melakukan penyusunan

RAB adalah :

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